



Πολυτεχνείο Κρήτης

Τμήμα Ηλεκτρονικών
Μηχανικών και
Μηχανικών
Υπολογιστών

Διπλωματική εργασία

Μοντελοποίηση και εκτίμηση των επιπέδων ρύπανσης εσωτερικών χώρων γραφείων

Συγγραφέας:

Κωνσταντίνος Α. Τάσκος

Εξεταστική επιτροπή:

Καθηγητής Γεώργιος Σταυρακάκης (επιβλέπων)

Καθηγητής Κωνσταντίνος Καλαϊτζάκης

Επίκουρη Καθηγήτρια Μη.Περ. Π.Κ. Διονυσία Κολοκοτσά

Χανιά Κρήτης
Μάιος 2011

Περιεχόμενα

0.1	Περίληψη	6
0.2	Ευχαριστίες	7
0.3	Πληροφορίες	8
1	Εισαγωγή στην ποιότητα αέρα	9
1.1	Η φύση του προβλήματος	10
1.2	Παράγοντες	12
1.3	Σύνδρομο αρρώστου κτιρίου	15
2	Νομοθεσία	17
2.1	Εισαγωγή	18
2.2	Παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος	19
2.3	Πρότυπα και οδηγίες ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος	20
2.3.1	Τι είναι η οδηγία ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος	20
2.3.2	Τι είναι πρότυπο ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος	20
2.3.3	Από την οδηγία στο πρότυπο	21
2.3.4	Οδηγίες και πρότυπα σε εθνικό και διεθνές επίπεδο	22
2.4	Παράρτημα - επεξηγήσεις	39
3	Μοντελοποίηση ποιότητας αέρα	41
3.1	Εισαγωγή	42
3.1.1	Προσεγγίσεις καθορισμού ροής αέρα	42
3.1.2	Μοντελοποίηση διήθησης σε κατοικίες - μονοζωνική μοντελοποίηση	42
3.1.3	Μοντελοποίηση διήθησης σε πιο περίπλοκα κτίρια - πολυζωνική μοντελοποίηση	43
3.1.4	Απλουστευμένα μοντέλα και ολοκλήρωση μοντελοποίησης	44
3.1.5	Προς ένα καλύτερο μοντέλο	44
3.2	Φυσικά μεγέθη και κρίσιμες καθοριστικές συνθήκες	46
3.2.1	Κατανομή πίεσης ανέμου	46
3.2.2	Θερμική πλευστότητα (Άνωση)	48
3.2.3	Μηχανικός αερισμός	50
3.3	Στοιχεία ροής αέρα	51
3.3.1	Ροή ρωγμής	51
3.3.2	Ροή μέσω κάθετων μεγάλων ανοιγμάτων	51
3.3.3	Αγωγοί	52
3.3.4	Ανεμιστήρες	54
3.4	Ρυπαντές	56

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

3.4.1	Μεταφορά ρυπαντών	56
3.5	Επίλογος	57
3.5.1	Αξιολόγηση πολυζωνικών μοντέλων ροής αέρα	57
4	COMIS	59
4.1	Ιστορικό της κοινοπραξίας	60
4.2	Από τη θεωρία στην πράξη	62
4.2.1	Η πρωταρχική έκδοση (COMIS version 1.0)	62
4.2.2	Εξελίσσοντας το COMIS	65
4.3	Περιγραφή του ομώνυμου προγραμματιστικού-σχεδιαστικού εργα- λείου	68
4.3.1	Εισαγωγή	68
4.3.2	Βασικές έννοιες	69
4.4	Αναφορές	81
5	Πειράματα	83
5.1	Γενική περιγραφή των πειραμάτων	84
5.1.1	Εισαγωγή - Σκοπός της μελέτης	84
5.1.2	Περιγραφή κτιρίων	84
5.1.3	Μετεωρολογικά δεδομένα	84
5.1.4	Ρυπαντές - Συγκεντρώσεις εξωτερικού περιβάλλοντος - Απο- δεκτές συγκεντρώσεις εσωτερικού περιβάλλοντος	85
5.1.5	Φυσικός και μηχανικός αερισμός - Χρονοδιαγράμματα	86
5.1.6	Είδος και παρουσία χρηστών στο χώρο	86
5.2	Πρώτο πείραμα	88
5.2.1	1η περίπτωση - 3-4-10 μέτρα και 14 χρήστες (maximum)	89
5.2.2	2η περίπτωση - 3-4-9 μέτρα και 12 χρήστες (maximum)	95
5.2.3	3η περίπτωση - 3-4-7.5 μέτρα και 10 χρήστες (maximum)	101
5.2.4	4η περίπτωση - 3-4-6 μέτρα και 8 χρήστες (maximum)	107
5.3	Δεύτερο πείραμα	113
5.3.1	1η περίπτωση - 3-6-18 μέτρα και 27 χρήστες (maximum)	114
5.3.2	2η περίπτωση - 3-6-15.5 μέτρα και 24 χρήστες	120
5.3.3	3η περίπτωση - 3-6-13.5 μέτρα και 21 χρήστες	126
5.3.4	4η περίπτωση - 3-6-12 μέτρα και 18 χρήστες	132
5.4	Τρίτο πείραμα	138
5.4.1	1η περίπτωση - 3-18-18 μέτρα και 63 χρήστες	139
5.4.2	2η περίπτωση - 3-18-15.5 μέτρα και 56 χρήστες	145
5.4.3	3η περίπτωση - 3-18-13.5 μέτρα και 49 χρήστες	151
5.4.4	4η περίπτωση - 3-18-12 μέτρα και 42 χρήστες	157
6	Αποτελέσματα	163
6.1	Εισαγωγή-Περιγραφή	164
6.2	Πρώτο πείραμα	165
6.2.1	1η περίπτωση - 3-4-10 μέτρα	165
6.2.2	2η περίπτωση - 3-4-9 μέτρα	168
6.2.3	3η περίπτωση - 3-4-7.5 μέτρα	171
6.2.4	4η περίπτωση - 3-4-6 μέτρα	174
6.3	Δεύτερο πείραμα	177
6.3.1	1η περίπτωση - 3-6-18 μέτρα	177
6.3.2	2η περίπτωση - 3-6-15.5 μέτρα	180

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

6.3.3	3η περίπτωση - 3-6-13.5 μέτρα	183
6.3.4	4η περίπτωση - 3-6-12 μέτρα	186
6.4	Τρίτο πείραμα	189
6.4.1	1η περίπτωση - 3-18-18 μέτρα	189
6.4.2	2η περίπτωση - 3-18-15.5 μέτρα	192
6.4.3	3η περίπτωση - 3-18-13.5 μέτρα	195
6.4.4	4η περίπτωση - 3-18-12 μέτρα	198
7	Συμπεράσματα	201
7.1	Γενικός στόχος - Μέθοδοι	202
7.2	Πρώτο πείραμα	203
7.3	Δεύτερο πείραμα	204
7.4	Τρίτο πείραμα	205
7.5	Σημεία ενδιαφέροντος	206
8	Μελλοντικές επεκτάσεις - προτάσεις για περαιτέρω εργασία	209
8.1	Μεταφορά θερμικής ενέργειας	210
8.1.1	TRNFLOW	210
8.2	Κατανάλωση ενέργειας	212
8.2.1		212
8.3	Σύστημα ελέγχου	213
8.3.1		213
9	Βιβλιογραφία	215
9.1	Συλλογή βιβλιογραφίας	216
9.2	Ιδιαίτερη βιβλιογραφία	226

0.1 Περίληψη

Στην εργασία αυτή παρουσιάζεται η σχεδίαση και ανάπτυξη μιας μελέτης εκτίμησης επιπέδων ρύπανσης εσωτερικών χώρων. Η μελέτη αυτή γίνεται με τη μέθοδο της μοντελοποίησης και προσομοίωσης με τη βοήθεια του προγράμματος λογισμικού COMIS v.3.2. Οι εσωτερικοί χώροι είναι αίθουσες γραφείων και οι ρυπαντές είναι ανόργανα στοιχεία (π.χ. ραδόνιο) και ανόργανες χημικές ενώσεις (υγρασία, διοξείδιο άνθρακα και μονοξείδιο άνθρακα). Στα γραφεία αυτά υπάρχουν υπάλληλοι, οι λεγόμενοι «χρήστες» του χώρου, οι οποίοι εισέρχονται και εξέρχονται της αίθουσας με βάση κάποια καθορισμένα από το σχεδιαστή χρονοδιαγράμματα.

Η διαδικασία της μελέτης-πειράματος είναι αρχική εκτίμηση άνευ αερισμού, κατόπιν εκτίμηση με φυσικό αερισμό και τέλος εκτίμηση με συνδυαστικό αερισμό (φυσικός και μηχανικός μαζί). Ο φυσικός αερισμός βασίζεται στο άνοιγμα των παραθύρων και ο μηχανικός σε λειτουργία ανεμιστήρα. Και εδώ επίσης ο σχεδιαστής με καθορισμένα χρονοδιαγράμματα καθορίζει το άνοιγμα-κλείσιμο των παραθύρων καθώς και τη λειτουργία του ανεμιστήρα. Και στις τρεις περιπτώσεις, η παρουσία των χρηστών στο χώρο είναι η ίδια, ώστε να γίνει σωστά η σύγκριση.

Στη συνέχεια, ο σχεδιαστής μικραίνει την αίθουσα (και αντίστοιχα και τον αριθμό των χρηστών) και επαναλαμβάνει το πείραμα. Συνολικά, ο σχεδιαστής εκτελεί 4 πειράματα για ισάριθμα εμβαδά χώρου, μελετώντας έτσι κάθε φορά τη βελτίωση που επιφέρει ο αερισμός στον περιορισμό των συγκεντρώσεων των ρυπαντών.

Στην εργασία αυτή υλοποιούνται τρεις μελέτες, για κάθε μια από τις οποίες ακολουθείται η διαδικασία που αναφέρθηκε παραπάνω (άρα εκτελούνται συνολικά $3 \times 4 \times 3 = 36$ προσομοιώσεις). Οι μελέτες διαφοροποιούνται μεταξύ τους όσον αφορά την εποχή του πειράματος, οπότε αλλάζουν τα μετεωρολογικά δεδομένα αλλά και όσον αφορά τις διαστάσεις της αίθουσας και τον αριθμό των χρηστών. Παράλληλα, σε κάθε προσομοίωση υπολογίζεται και η κατανάλωση ενέργειας του ανεμιστήρα.

Ο σχεδιαστής της μελέτης είναι σε θέση να «δημιουργήσει» ένα σενάριο βασισμένο σε πραγματικά δεδομένα, όπως μετεωρολογικά δεδομένα, διαστάσεις χώρου, τοποθέτηση πόρτας-παραθύρων, παρουσία ανθρώπων, παρουσία ρυπαντών στο εξωτερικό περιβάλλον και κατόπιν να μελετήσει τα επίπεδα των συγκεντρώσεων των ρυπαντών στον εσωτερικό χώρο και την επίδραση των τεχνικών αερισμού σε αυτά.

Η σχεδίαση αυτή μπορεί να συνδεθεί με ένα σύστημα μελέτης θερμικής συμπεριφοράς κτιρίων αλλά και με σύστημα μελέτης κατανάλωσης ενέργειας. Τέλος, μπορεί να συνδεθεί με σύστημα ελέγχου, ώστε να ενεργοποιείται ο αερισμός ανάλογα με τα επίπεδα ρύπανσης μέσα στο χώρο. Επίσης μπορεί να επιλέγεται και ο κατάλληλος τύπος αερισμού ανάλογα με την κατανάλωση ενέργειας.

0.2 Ευχαριστίες

Οφείλω να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον Καθηγητή κ. Γεώργιο Σταυρακάκη για τη βοήθεια, καθοδήγηση και υποστήριξη που μου προσέφερε καθ' όλη τη διάρκεια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω την Επίκουρη Καθηγήτρια Μηχανικών Περιβάλλοντος Πολυτεχνείου Κρήτης, κα. Διονυσία Κολοκοτσά για την πολύτιμη βοήθειά της και την άριστη συνεργασία που είχαμε στα πλαίσια της εκπόνησης της διπλωματικής εργασίας.

Ευχαριστίες οφείλονται και στον Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Καλαϊτζάκη για το χρόνο που διαθέσε για τη μελέτη της παρούσης εργασίας.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω τη Διδάκτορα κα. Τριανταφυλλιά Νικολάου για το έναυσμα της ενασχόλησης με το αντικείμενο της ρύπανσης εσωτερικών χώρων.

Αξίζει να αναφέρω βέβαια και το *Centre Scientifique et Technique du Bâtiment* (CSTB) καθώς και την Eidgenössische Materialprüfungs und Forschungsanstalt - EMPA για τη δωρεάν παραχώρηση του λογισμικού εργαλείου COMIS που χρησιμοποιήθηκε στην εκπόνηση της εργασίας, αλλά και τους:

- Werner Keilholz, Paul Sette (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment - CSTB, Γαλλία)
- Andreas Weber (Eidgenössische Materialprüfungs und Forschungsanstalt - EMPA, Ελβετία)
- Hans Phaff (Toegepast Natuurwetenschappelijk Onderzoek - TNO, Ολλανδία)

για τη βοήθεια και την πληροφόρηση που μου παρείχαν σχετικά με τη λειτουργία του λογισμικού εργαλείου COMIS.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου, που με ενίσχυσε με κάθε τρόπο κατά τη διάρκεια των σπουδών μου και σε όλους όσους πίστεψαν σε μένα.

0.3 Πληροφορίες

Για την εκπόνηση της παρούσης εργασίας χρησιμοποιήθηκαν τα κάτωθι προγράμματα λογισμικού:

Μοντελοποίηση-προσομοίωση COMIS v.3.2 Μάρτιος 2010 (άδεια χρήσης: δωρεάν παραχώρηση δοκιμαστικής έκδοσης από CSTB και EMPA)

Αναπαραγωγή γραφικών παραστάσεων gnuplot v.4.4 Οκτώβριος 2010 (άδεια χρήσης: ανοικτού κώδικα με τη δική του άδεια χρήσης)

Επεξεργασία κειμένου-στοιχειοθεσία $\text{\LaTeX}$ (XeTeX) v.0.9997.4 Σεπτέμβριος 2010 (άδεια χρήσης: άδεια MIT, ελεύθερου λογισμικού συμβατή με GNU General Public License (GPL))

Το COMIS χρησιμοποιήθηκε σε λειτουργικό σύστημα Windows Vista (άδεια χρήσης: EULA) ενώ το gnuplot και το $\text{\LaTeX}$ σε λειτουργικό σύστημα Gentoo GNU/Linux και Aptosid GNU/Linux (άδεια χρήσης: GNU General Public License (GPL)).

Κεφάλαιο 1

Εισαγωγή στην ποιότητα αέρα

Τα τελευταία χρόνια έχει μπει στη ζωή μας μια νέα έννοια, αυτή της εσωτερικής ατμοσφαιρικής ποιότητας (Indoor Air Quality - IAQ). Δυστυχώς όπως συμβαίνει με πολλά περιβαλλοντικά ζητήματα, πρέπει να πληροφορηθούμε το πρόβλημα από επιστημονικές μελέτες και μετά ως δια μαγείας αντιλαμβανόμαστε το πρόβλημα στην καθημερινή μας ζωή. Έτσι και αφού οι άνθρωποι ακούν τα τελευταία χρόνια περί ποιότητας εσωτερικής ατμόσφαιρας, συνειδητοποιούν ότι έχουν προβλήματα όπως ζαλάδες, αδιαθεσία, κόπωση όταν ξοδεύουν πολλές ώρες μέσα σε κλειστούς χώρους.

1.1 Η φύση του προβλήματος

Σύμφωνα με μελέτες, ο σύγχρονος κάτοικος των βιομηχανικά ανεπτυγμένων χωρών ξοδεύει το μεγαλύτερο ποσοστό του χρόνου του (έως και 90%) μέσα σε εσωτερικούς χώρους, είτε πρόκειται για το σπίτι του, είτε για το χώρο εργασίας του. Κάποιο χρόνο βέβαια τον ξοδεύει και μέσα σε οχήματα (IX αυτοκίνητο, MMM). Για αυτό το λόγο πρέπει να ελέγχεται και να ρυθμίζεται η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος.

Πολλοί άνθρωποι τα τελευταία χρόνια εκφράζουν παράπονα για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα είτε στην οικία τους, είτε στο χώρο εργασίας. Εμφανίζουν διάφορα συμπτώματα, όπως κόπωση, πονοκεφάλους, ζαλάδες, έλλειψη ενεργητικότητας και συγκέντρωσης, διαταραχές στον ύπνο και άλλα. Το ζήτημα αυτό άρχισε να αναφέρεται ως πρόβλημα στα τέλη της δεκαετίας του 1960, αλλά οι πρώτες μελέτες δημοσιεύτηκαν δέκα χρόνια αργότερα. Από το 1984 η Επιτροπή Παγκόσμιας Οργάνωσης Υγείας (World Health Organisation - WHO) κατέληξε στο συμπέρασμα ότι το 30% των νέων και αναδιαμορφωμένων κτιρίων παγκοσμίως, μπορούν να αποτελέσουν αντικείμενο υπερβολικών καταγγελιών σχετικά με την ατμοσφαιρική εσωτερική ποιότητα.

Ο καλύτερος κριτής της εσωτερικής ποιότητας αέρα είναι ο ίδιος ο άνθρωπος καθώς είναι ευαίσθητος στα οσφρητικά και ερεθιστικά αποτελέσματα των μισών περίπου χημικών ενώσεων. Η ποιότητα αέρα μπορεί να προβλεφθεί βάσει της σύνθεσης του αέρα, αλλά αυτό δεν είναι απόλυτο. Στο εσωτερικό περιβάλλον βιομηχανικών κτιρίων οι συγκεκριμένες χημικές ενώσεις που σχετίζονται με την παραγωγή είναι γνωστές και οι συγκεντρώσεις τους μετριοούνται και συγκρίνονται με τις οριακές τιμές κατωτάτων ορίων. Στα μη βιομηχανικά κτίρια όμως, οι χημικές ουσίες μπορεί να είναι πάρα πολλές και σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Έτσι, όταν σχεδιάζεται ένα σύστημα εξαερισμού και προγραμματίζεται η συντήρησή του, συνήθως δεν απαιτείται η λεπτομερής χημική ανάλυση του εσωτερικού αέρα.

Το ότι ο ατμοσφαιρικός αέρας των πόλεων είναι μολυσμένος είναι γνωστό. Οι ουσίες του εξωτερικού περιβάλλοντος εισέρχονται στο εσωτερικό όπου και εγκλωβίζονται. Το πρόβλημα διογκώνεται λόγω της κατασκευής των κτιρίων που θέλοντας να περιορίσει την κατανάλωση ενέργειας, περιορίζει το φυσικό εξαερισμό. Ο πρωταρχικός ρόλος του εξαερισμού είναι να βελτιώσει το εσωτερικό κλίμα του κτιρίου, δηλαδή να αραιώσει ή και να εξααντλήσει τους εσωτερικούς ρύπους, αλλά και να εξασφαλίσει θερμική άνεση. Υπάρχουν δύο τύποι εξαερισμού.

Ο φυσικός εξαερισμός στηρίζεται είτε στον αέρα που εισάγεται μέσω των αρμών των ανοιγμάτων στο φάκελο οικοδόμησης (διήθηση - infiltration) είτε στον άμεσο και εκτεταμένο εξαερισμό (ventilation) λόγω των ανοικτών παραθύρων και των υπολοίπων σχεδιασμένων σημείων εισόδου-εξόδου (παθητικός εξαερισμός) για να εισαγάγουν το φρέσκο αέρα στο εσωτερικό του κτιρίου.

Ο μηχανικός εξαερισμός εισαγάγει με τη χρήση ανεμιστήρων φρέσκο αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον και αποβάλλει τον εσωτερικό αέρα στο εξωτερικό περιβάλλον. Οι κατοικίες σχεδιάζονται έτσι ώστε να εκμεταλλεύονται το φυσικό εξαε-

1.1. Η ΦΥΣΗ ΤΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ

ρισμό ενώ τα κτίρια γραφείων χρησιμοποιούν κατά κύριο λόγο το μηχανικό εξαερισμό.

Ο ανεπαρκής εξαερισμός οδηγεί σε αυξημένη υγρασία, καθώς και σε συγκέντρωση μολυσματικών παραγόντων στο εσωτερικό περιβάλλον. Παρότι υπάρχουν και άλλοι παράγοντες που υποβαθμίζουν την ποιότητα του εσωτερικού αέρα (υγρασία, θερμοκρασία, φωτισμός), ο εξαερισμός φαίνεται ότι έχει το σημαντικότερο ρόλο σε αυτό το ζήτημα.

1.2 Παράγοντες

Οι παράγοντες που επηρεάζουν το εσωτερικό περιβάλλον είναι η περιοχή, το κλίμα, η αρχιτεκτονική του κτιρίου, τα οικοδομικά υλικά, οι δραστηριότητες εντός του κτιρίου και άλλα. Η ποιότητα εσωτερικού αέρα λοιπόν καθορίζεται από ένα πλήθος παραγόντων:

- Οι εσωτερικές συγκεντρώσεις αερίων ιόντων, αερίων χημικών ενώσεων, αερομεταφερόμενων σωματιδίων, βιολογικών ρύπων
- Οι εσωτερικές συγκεντρώσεις ραδιενεργών στοιχείων
- Οι τιμές της εσωτερικής θερμοκρασίας και της σχετικής υγρασίας
- Ο ρυθμός εναλλαγής του αέρα του εσωτερικού χώρου με το περιβάλλον
- Ο θόρυβος, οι οσμές και η ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία

Οι παραπάνω παράγοντες ταξινομούνται σε φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς:

Φυσικοί

- * Θερμοκρασία (20-26 °C)
- * Σχετική υγρασία (20-70%)
- * Αερισμός (περίπου 8 l/s ανά άτομο, απουσία καπνιστών)
- * Φωτισμός
- * Θόρυβος (έως 70-80 dB και δονήσεις)
- * Σκόνη

Χημικοί

- * Αιωρούμενα σωματίδια (προϊόντα καύσης, ίνες αμιάντου, υαλονήματα)
- * Βαρέα μέταλλα, τοξικά στοιχεία (Pb, Cd, As, Hg και άλλα)
- * Ιόντα
- * Πτητικές οργανικές ενώσεις
- * Ανόργανες αέριες ενώσεις (SO₂, NO_x, O₃, Rn και άλλα)

Βιολογικοί

- * Μικροοργανισμοί (ιοί, βακτήρια, μύκητες και άλλα)
- * Αλλεργιογόνα (γύρη, έντομα, ζώα και άλλα)

Οι εσωτερικοί ρύποι προκύπτουν τόσο από εξωτερικές, όσο και από εσωτερικές πηγές. Επίσης μπορεί να έχουν φυσική προέλευση, ή να προκύπτουν από ανθρώπινη δραστηριότητα.

Εξωτερικοί παράγοντες

- * Βιομηχανικές εκπομπές
- * Ρύπανση κυκλοφορίας
- * Κοντινές πηγές
- * Ρύποι από το χώμα

Εσωτερικοί παράγοντες

- * Ανθρώπινος και ζωϊκός μεταβολισμός
- * Δραστηριότητες κατόχων
- * Οικοδομικά υλικά και συσκευές κτιρίου
- * Σύστημα ψύξης, θέρμανσης και αερισμού (HVAC)

Ποιοι ακριβώς είναι όμως αυτοί οι ρύποι;

- Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)
- Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)
- Καπνός τσιγάρου
- Φορμαλδεΐδη
- Υγρασία
- Μυρωδιά
- Όζον

- Τα μόρια
- Οι πτητικές οργανικές ενώσεις (Volatile Organic Compounds - VOCs)

1.3 Σύνδρομο αρρώστου κτιρίου

Ο όρος «Σύνδρομο Αρρώστου Κτιρίου - Sick Building Syndrome (SBS)» αναφέρεται σε καταστάσεις στις οποίες οι άνθρωποι που ξοδεύουν κάποιες ώρες μέσα σε κτίρια εμφανίζουν προβλήματα υγείας, έχουν ενοχλήσεις που συνδέονται προφανώς με αυτόν το χρόνο. Συνήθη συμπτώματα είναι ενόχληση των ματιών, του αναπνευστικού, πονοκέφαλος, υπνηλία. Φυσικά ο τύπος και η ένταση των συμπτωμάτων εξαρτώνται και από την κατάσταση, την κρύση, την υγεία και τις συνήθειες των ανθρώπων. Τα κοινά συμπτώματα αναφέρονται παρακάτω:

Δερματικά συμπτώματα

- * Αναφυλαξία προσώπου
- * Αναφυλαξία χεριών
- * Εκζέματα

Οφθαλμικά συμπτώματα

- * Ερεθισμός ματιών
- * Πρήξιμο βλεφάρων

Ρινικά συμπτώματα

- * Ρινική καταρροή
- * Ρινική συμφόρηση

Φαρυγγικά συμπτώματα

- * Ξηρός λαιμός
- * Πονόλαιμος
- * Βήχας

Γενικά συμπτώματα

- * Πονοκέφαλος
- * Κόπωση
- * Υπνηλία

Η σημασία της υγιεινής του εσωτερικού αέρα αναγνωρίζεται από τις αρχές του 20ου αιώνα, αλλά μόλις το 1974 αναγνωρίστηκε ως ιδιαίτερο περιβαλλοντικό πρόβλημα. Σημείο καμπής (και) σε αυτό το ζήτημα αποτελεί ο Β' Παγκόσμιος Πόλεμος. Οι αιτίες που μετέβαλλαν την ποιότητα εσωτερικού αέρα είναι οι εξής:

- Το στεγαστικό πρόβλημα και η αύξηση του κόστους εργασίας αντικατέστησαν τα φυσικά υλικά (φυσικό ξύλο) με φθηνά υλικά μαζικής παραγωγής (μοριοσανίδα, καπλαμάς)
- Η χρήση του PVC στους εσωτερικούς χώρους
- Η αλόγιστη χρήση συνθετικών προϊόντων οικιακής και προσωπικής φροντίδας
- Η κατασκευή «κλειστών» κτιρίων για εξοικονόμηση ενέργειας

Η μόνωση μπορεί να βοηθάει στην εξοικονόμηση ενέργειας, αλλά οδηγεί σε αύξηση συγκέντρωσης ρύπων εσωτερικής προέλευσης, καθώς και σε διατήρηση της υγρασίας μέσα στο κτίριο. Οι πρώτες αναφορές στις επιδράσεις στην υγεία ήταν το 1975 με μία ασθένεια που παρατηρήθηκε στα μέλη της λεγεώνας του αμερικανικού στρατού στη Φιλαδέλφεια. Η ασθένεια αυτή προκλήθηκε από το μικροοργανισμό *legionella* που αναπτύσσεται στους πύργους ψύξης των συστημάτων κλιματισμού.

Παρακάτω αναφέρονται κάποιοι παράγοντες που προκαλούν ή συμβάλλουν στο σύνδρομο αρρώστου κτιρίου:

Σύστημα εξαερισμού Ο κακός και ανεπαρκής εξαερισμός δημιουργεί προβλήματα στην ποιότητα εσωτερικού αέρα. Επίσης μπορεί ένας συγκεκριμένος χώρος του κτιρίου να είναι απομονωμένος και έτσι το σύστημα εξαερισμού να μην μπορεί να τον τροφοδοτήσει σωστά.

Εσωτερικοί μολυσματικοί παράγοντες Οι πτητικές οργανικές ενώσεις VOCs εκπέμπονται από κόλλες, τάπητες, ταπετσαρίες, ξύλινες κατασκευές, φωτοτυπικά μηχανήματα. Ο καπνός του τσιγάρου αυξάνει τα επίπεδα των VOCs και άλλων τοξικών ενώσεων. Οι υψηλές συγκεντρώσεις VOCs προκαλούν χρόνιες και οξείες επιπτώσεις στην υγεία και κάποιες από αυτές τις ουσίες είναι καρκινογόνες. Τέλος η κηροζίνη και οι διάφορες θερμάστρες, σόμπες χώρου μπορούν να εκπέμψουν μονοξείδιο του άνθρακα, διοξείδιο του αζώτου και άλλα αναπνεύσιμα μόρια που είναι προϊόντα καύσης.

Υπαίθριοι μολυσματικοί παράγοντες Ρύποι από το εξωτερικό περιβάλλον μπορούν να εισέλθουν μέσω του συστήματος εξαερισμού στο εσωτερικό του κτιρίου.

Βιολογικοί μολυσματικοί παράγοντες Τέτοιοι παράγοντες είναι τα βακτηρίδια, η γύρη, οι ιοί. Μπορούν να αναπαραχθούν στο στάσιμο νερό που έχει συσσωρευθεί στους αγωγούς, στους υγραντές ή στη μόνωση.

Κεφάλαιο 2

Νομοθεσία

2.1 Εισαγωγή

Όπως αναφέρθηκε στο προηγούμενο κεφάλαιο, στις σύγχρονες κοινωνίες οι άνθρωποι περνούν το μεγαλύτερο μέρος του καθημερινού τους χρόνου σε κλειστά περιβάλλοντα. Το σύνδρομο του «αρρώστου κτιρίου» είναι μια πραγματικότητα και πολύ συχνά οι συγκεντρώσεις ρύπων σε εσωτερικούς χώρους ξεπερνούν κατά πολύ τις αντίστοιχες ατμοσφαιρικές.

Ο σύγχρονος σχεδιασμός των κτιρίων έχει σαν στόχο τη διασφάλιση της υγείας και ευημερίας των χρηστών αλλά και τη βελτιστοποίηση της παραγωγικότητάς τους. Έτσι θα πρέπει να στοχεύουμε στις καλύτερες δυνατές συνθήκες ποιότητας αέρα, θερμικής άνεσης, οπτικής άνεσης και ακουστικής άνεσης. Εδώ όμως προκύπτουν κάποια ερωτήματα: πώς ορίζονται αυτές οι συνθήκες; Ποιες παραμέτρους πρέπει να λάβει υπόψη του κάποιος κατά το σχεδιασμό, την κατασκευή αλλά και τη χρήση του κτιρίου ή κατά την αξιολόγηση της ποιότητας αέρα μέσα σε αυτό; Ποιες είναι οι προϋποθέσεις που πρέπει να τηρούνται με βάση νομοθετικές ρυθμίσεις; Ποιες είναι οι προτεινόμενες τιμές θερμοκρασίας, υγρασίας, ήχου και συγκέντρωσης ρύπων σε εσωτερικούς χώρους;

Στο πρώτο μέρος αναφέρονται οι παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Έπειτα αναλύονται οι όροι οδηγία και πρότυπο, οι μεθοδολογίες μέσα από τις οποίες προκύπτουν και η ισχύς που έχουν. Στη συνέχεια αναφέρονται οι γνωστότεροι επιστημονικοί οργανισμοί που θεσπίζουν όρια και πρότυπα, καθώς και οι οδηγίες και τα πρότυπα που έχουν καθιερωθεί σε εθνικό ή διεθνές επίπεδο για την ποιότητα περιβάλλοντος σε εσωτερικούς χώρους.

2.2 Παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος

Τα τελευταία χρόνια πραγματοποιούνται διάφορες επιδημιολογικές μελέτες με αφορμή συγκεκριμένες περιπτώσεις προβλημάτων ποιότητας αέρα σε εσωτερικούς χώρους. Τα αποτελέσματα αυτών των μελετών αφορούν την παρουσία διαφόρων ουσιών σε εσωτερικούς χώρους, την επικινδυνότητά τους, τη σχέση συγκέντρωσης-αντίδρασης καθώς και τις συνέπειες έκθεσης σε συγκεκριμένες συνθήκες ή ρύπους και μίγματα αυτών. Στις μελέτες αυτές στηρίζονται οι οδηγίες και τα πρότυπα που διαμορφώνονται σε εθνικό ή διεθνές επίπεδο για να καθορίσουν τα επίπεδα και τις τιμές εκείνες που είναι γενικά αποδεκτές από τον ανθρώπινο πληθυσμό.

Η ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος προσδιορίζεται από τη θερμική, οπτική και ακουστική άνεση, καθώς και από την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Οι τρεις πρώτες εξαρτώνται από τη θερμοκρασία του εσωτερικού αέρα, το επίπεδο υγρασίας στο χώρο, την ταχύτητα του αέρα, το θόρυβο και το επίπεδο φωτισμού. Η ποιότητα του εσωτερικού αέρα εξαρτάται από τη συγκέντρωση εσωτερικών ρύπων και την ποιότητα αερισμού του κτιρίου.

Τα τελευταία χρόνια διαμορφώθηκαν γενικές οδηγίες και πρότυπα σχετικής νομοθεσίας σχεδιασμού κτιρίων σε διεθνές επίπεδο, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος.

2.3 Πρότυπα και οδηγίες ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος

2.3.1 Τι είναι η οδηγία ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος

Οι αναλύσεις των προβλημάτων ποιότητας εσωτερικού χώρου είναι περίπλοκες. Άλλες πραγματοποιούνται σε εθνικό επίπεδο, όπως ο καθορισμός των επιπέδων έκθεσης του πληθυσμού, του προσδιορισμού του κινδύνου και του προσδιορισμού των αποδοτικότερων στρατηγικών ελέγχου, ενώ άλλες ισχύουν σε διεθνές επίπεδο, όπως η ανάλυση των σχέσεων μεταξύ των επιπέδων της χημικής έκθεσης, των συγκεντρώσεων και των αποτελεσμάτων τους. Οι αναλύσεις που ισχύουν σε διεθνές επίπεδο αποτελούν τη βάση των οδηγιών.

Ο πρωταρχικός στόχος των οδηγιών είναι να παρέχουν μια βάση για τη δημόσια υγεία, που βλέπεται από τα δυσμενή αποτελέσματα της κακής ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος και να περιοριστούν, αν όχι να εξαλειφθούν, οι ρυπογόνοι παράγοντες που μας απειλούν. Οι οδηγίες προορίζονται να παρέχουν τις βασικές πληροφορίες στις κυβερνήσεις για τη λήψη των απαιτούμενων αποφάσεων σε διοικητικό επίπεδο, κυρίως στον καθορισμό των προτύπων, αλλά παρέχουν επίσης επιστημονικές πληροφορίες σχετικές με την ατμοσφαιρική ρύπανση και την ποιότητα του εσωτερικού περιβάλλοντος. Μπορούν ακόμα να χρησιμοποιηθούν στον προγραμματισμό των διαδικασιών και των διαφόρων ειδών διοικητικών αποφάσεων σε κοινοτικό ή περιφερειακό επίπεδο.

Οι «αριθμητικές» οδηγίες, είτε δείχνουν τα επίπεδα σε συνδυασμό με τους χρόνους έκθεσης, κατά τους οποίους καμία δυσμενής συνέπεια δεν αναμένεται, ή παρέχουν μια εκτίμηση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου ή άλλων ασθενειών, που προκύπτει από εκείνες τις ουσίες που είναι αποδεδειγμένα καρκινογόνες. Ακόμα και η πλήρης συμμόρφωση με τις συνιστώμενες τιμές μιας οδηγίας όμως δεν μπορεί να εγγυηθεί τον απόλυτο αποκλεισμό των δυσμενών αποτελεσμάτων. Για παράδειγμα, υπάρχουν ορισμένες ευαίσθητες ομάδες ατόμων (πάσχοντες από κάποια ασθένεια, ηλικιωμένοι, καταβεβλημένοι οργανισμοί, προβληματικό ανοσοποιητικό σύστημα) που μπορούν να προσβληθούν από συγκεντρώσεις ρύπων που βρίσκονται κοντά στις επιτρεπόμενες τιμές της οδηγίας. Επιπτώσεις στην υγεία μπορούν επίσης να προκύψουν από τη συνδυασμένη έκθεση σε διάφορες χημικές ουσίες ή και από την έκθεση στην ίδια χημική ουσία από διαφορετικές πηγές (WHO, 2000).

2.3.2 Τι είναι πρότυπο ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος

Τα πρότυπα αποτελούν θεσμοθετημένα νομικά πλαίσια που λαμβάνουν υπόψη τις αντίστοιχες οδηγίες για τον καθορισμό των ορίων της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος. Τα πρότυπα εν μέρει καθορίζονται από τα χαρακτηριστικά των πληθυσμών ή τις ιδιότητες του περιβάλλοντος, όπως:

- Οι δυσμενείς επιπτώσεις στην υγεία: στον καθορισμό προτύπων για τον έλεγχο ενός ρύπου πρέπει να καθοριστούν οι επιπτώσεις του στον άνθρωπο.
- Οι ειδικοί πληθυσμοί (παιδιά, ηλικιωμένοι, ασθενείς, κλπ).

2.3. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

- Ο βασικός παράγοντας σχέσης έκθεσης-συνέπειας που εξετάζεται στην ανάπτυξη των προτύπων για το σχετικό ρύπο.
- Η αξιολόγηση του κινδύνου γενικά: είναι ο βαθμός προστασίας της ανθρώπινης υγείας που πρέπει να παρέχουν τα πρότυπα.

Οι παράγοντες αυτοί βέβαια ενδέχεται να διαφοροποιούνται ουσιαστικά στις διάφορες χώρες. Για παράδειγμα, τα επίπεδα ρύπανσης του εσωτερικού αέρα είναι αρκετά σημαντικά στις χώρες εκείνες όπου τα ορυκτά καύσιμα και τα καύσιμα που προέρχονται από βιομάζα, χρησιμοποιούνται στις κατοικίες (WHO, 2000).

2.3.3 Από την οδηγία στο πρότυπο

Ο αρχικός στόχος των οδηγιών είναι να παρέχουν μια ομοιόμορφη πλατφόρμα για την προστασία της δημόσιας υγείας από τα δυσμενή αποτελέσματα της επιβαρυνμένης εσωτερικής ατμόσφαιρας. Βασίζονται στη διαθέσιμη επιστημονική γνώση αλλά καθώς έχουν απλώς το χαρακτήρα των συστάσεων, δεν μπορούν να υιοθετηθούν ως πρότυπα. Παρόλα αυτά όμως, οι κυβερνήσεις των κρατών μπορούν, αν το επιθυμούν, να μετατρέψουν τις συνιστώμενες οδηγίες σε νόμιμα εκτελέσιμα πρότυπα. Κατά τη μετάβαση από μια «οδηγία» προς ένα «πρότυπο», υπάρχουν κάποιοι παράγοντες που πρέπει να ληφθούν υπόψη, όπως οι τρέχουσες συγκεντρώσεις των ρύπων, τα επίπεδα έκθεσης του πληθυσμού, η σύσταση των ατμοσφαιρικών ρύπων και οι συγκεκριμένες κοινωνικές, οικονομικές και πολιτιστικές συνθήκες. Αυτές οι εκτιμήσεις μπορούν να οδηγήσουν σε πρότυπα με όρια διαφοροποιημένα από αυτά της οδηγίας.

Στον καθορισμό των προτύπων ατμοσφαιρικής ποιότητας και της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος σε εθνικό ή διεθνές επίπεδο, υπάρχει συνήθως ένα νομοθετικό πλαίσιο που παρέχει τη βάση για τη διαδικασία αξιολόγησης και λήψης αποφάσεων. Ο καθορισμός αυτός εξαρτάται από τον τύπο στρατηγικής κινδύνου που υιοθετείται και επηρεάζεται από συγκεκριμένες κοινωνικοπολιτικές εκτιμήσεις ή/και διεθνείς συμφωνίες. Η νομοθεσία και το σχήμα των προτύπων αυτών ποικίλλουν από χώρα σε χώρα, αλλά σε γενικές γραμμές πρέπει να εξετάζονται τα ακόλουθα ζητήματα:

- Προσδιορισμός και επιλογή των ρύπων για τους οποίους θα ισχύσει το νομοθετικό πλαίσιο.
- Η διαδικασία λήψης αποφάσεων για την επιλογή των κατάλληλων προτύπων.
- Η αριθμητική αξία των προτύπων για τους διάφορους ρύπους, οι μέθοδοι ανίχνεσής τους και η μεθοδολογία ελέγχου.
- Ενέργειες για να εφαρμοστούν τα πρότυπα, όπως ο καθορισμός του χρονικού πλαισίου που απαιτείται για την επίτευξη της συμμόρφωσης με τα πρότυπα, εξέταση των μέτρων ελέγχου εκπομπής και των απαραίτητων στρατηγικών μείωσης.
- Προσδιορισμός των αρμόδιων αρχών επιβολής των προτύπων.

Τα πρότυπα της ατμοσφαιρικής ποιότητας και της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος βασίζονται κυρίως σε επιστημονικά και τεχνικά στοιχεία, όσον αφορά τη δημόσια υγεία και τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, αλλά μερικές φορές λαμβάνονται υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως η σχέση κόστους-όφελους και η οικονομική αποτελεσματικότητα.

2.3.4 Οδηγίες και πρότυπα σε εθνικό και διεθνές επίπεδο

2.3.4.1 Γενικά

Σε εθνικό και διεθνές επίπεδο έχουν καθοριστεί πλήθος οδηγιών και προτύπων που αφορούν την έκθεση σε περιβαλλοντικούς ρύπους και άλλους παράγοντες που επηρεάζουν την υγεία. Στην πραγματικότητα όμως, λίγα είναι τα πρότυπα που αναφέρονται συγκεκριμένα σε παράγοντες που καθορίζουν την ποιότητα εσωτερικών χώρων και κυρίως σε ρύπους μη βιομηχανικών εσωτερικών χώρων. Ο οργανισμός ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers) καθορίζει πρότυπα για αερισμό και θερμική άνεση εσωτερικών χώρων, ενώ η NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) καθορίζει όρια έκθεσης σε βιομηχανικούς ρύπους. Έτσι, καθώς το αντικείμενο μελέτης της ποιότητας του περιβάλλοντος των εσωτερικών χώρων βρίσκεται ακόμα σε διαρκή εξέλιξη και τα στοιχεία που προκύπτουν από τις παραπάνω έρευνες μπορεί σε κάποιες περιπτώσεις να μην είναι ακόμα επαρκή, συχνά γίνεται χρήση των καθορισμένων ορίων για ατμοσφαιρικούς ή βιομηχανικούς ρύπους. Κάποιες χώρες έχουν υιοθετήσει πρότυπα όπως αυτά της OSHA (Occupational Safety and Health Administration) που εκφράζονται ως Επιτρεπόμενα Όρια Έκθεσης (Permissible Exposure Limits) ή οδηγίες όπως αυτές της ACGIH (American Council of Governmental Industrial Hygienist), που εκφράζονται ως τιμές κατωφλίου (Threshold Limit Values).

2.3.4.2 Οδηγίες και πρότυπα σχετικά με τη θερμική άνεση

2.3.4.2.1 Εισαγωγή

Η θερμική άνεση σε έναν εξωτερικό χώρο εξαρτάται από τον τρόπο με τον οποίο το ανθρώπινο σώμα εναλλάσει θερμότητα με το περιβάλλον του καθώς και από τη δραστηριότητα του ατόμου στο χώρο αυτό. Η εναλλαγή θερμότητας εξαρτάται από πολλούς παράγοντες όπως η θερμοκρασία και η υγρασία του περιβάλλοντος, η θερμοκρασία ακτινοβολίας, η κίνηση του αέρα, η ένδυση του ατόμου και η δραστηριότητά του.

2.3.4.2.2 Διεθνές πρότυπο ISO 7730

Ο Διεθνής Οργανισμός Προτύπων (International Standards Organisation - ISO) ιδρύθηκε το 1947 και περιλαμβάνει πάνω από 130 χώρες μέλη. Το βασικό πρότυπο θερμικής άνεσης είναι το διεθνές πρότυπο ISO 7730 (ISO, 2005), που βασίζεται στο δείκτη της μέσης προβλεπόμενης τιμής ψηφοφορίας PMV (Predicted Mean Vote) και στο δείκτη δυσαρέσκειας των ανθρώπων PPD (Predicted Percent of Dissatisfied people).

2.3. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Το πρότυπο ISO 7730 περιγράφει τους δείκτες PMV και PPD και καθορίζει τις αποδεκτές συνθήκες για τη θερμική άνεση. Το PMV προβλέπει τη μέση προβλεπόμενη τιμή ψηφοφορίας με βάση τη θερμική κλίμακα ISO:

- +3 = ζεστό
- +2 = θερμό
- +1 = ελαφρώς θερμό
- 0 = ιδανικό
- -1 = ελαφρώς δροσερό
- -2 = δροσερό
- -3 = ψυχρό

Το PPD προβλέπει το ποσοστό των ανθρώπων που εκφράζουν δυσανεξία για τις συνθήκες θερμικής άνεσης στο κτίριο. Στο τρέχον πρότυπο ISO 7730, τα κριτήρια για ένα αποδεκτό εσωτερικό περιβάλλον σε σχέση με τη θερμική άνεση καθορίζονται από την προτεινόμενη επανέκδοση του EN ISO 7730 ως απαιτήσεις για:

- Γενική θερμική άνεση: PMV/PPD, θερμοκρασία χώρου, ταχύτητα αέρα, υγρασία

Κατηγορία	Θερμική κατάσταση σώματος - PPD (%)	Θερμική κατάσταση σώματος - PMV	Θερμοκρασία - καλοκαίρι (°C)
A	<6	-0.2<PMV<0.2	24-25
B	<10	-0.5<PMV<0.5	23-26
Γ	<15	-0.7<PMV<0.7	22-27

Κατηγορία	Θερμοκρασία - χειμώνας (°C)	Μέση ταχύτητα αέρα - καλοκαίρι (m/sec)	Μέση ταχύτητα αέρα - χειμώνας (m/sec)
A	21-23	0.18	0.15
B	20-24	0.22	0.18
Γ	21-23	0.25	0.21

Πίνακας 2.1: Τρεις κατηγορίες θερμικού περιβάλλοντος, ποσοστό δυσανεξίας, θερμοκρασία και μέση ταχύτητα αέρα. Η σχετική υγρασία είναι 60% το καλοκαίρι και 40% το χειμώνα

- Τοπική θερμική δυσaréσκεια: ρεύματα αέρα, κατακόρυφες θερμοκρασιακές διαφορές, ασυμμετρία θερμοκρασίας λόγω ακτινοβολίας, επιφανειακή θερμοκρασία δαπέδου.

2.3.4.2.3 ANSI/ASHRAE Πρότυπο 55-2004 για συνθήκες θερμικής άνεσης

Το πρότυπο αυτό καθορίζει τις συνθήκες τις οποίες ένα συγκεκριμένο ποσοστό των χρηστών του κτιρίου θεωρεί ικανοποιητικές και περιλαμβάνει και τις μεθόδους υπολογισμού της θερμικής άνεσης με τους δείκτες PMV/PPD. Είναι συμβατό με το πρότυπο ISO 7730 που περιγράφηκε παραπάνω. Στον καθορισμό των συνθηκών θερμικής άνεσης το πρότυπο λαμβάνει υπόψη του τους παρακάτω παράγοντες:

- Τον ανθρώπινο μεταβολισμό
- Το είδος ρουχισμού
- Τη θερμοκρασία αέρα
- Τη θερμοκρασία ακτινοβολίας
- Την ταχύτητα του αέρα
- Την υγρασία

Για ταχύτητα αέρα έως 0.2 m/sec η προτεινόμενη τιμή του PPD δεν ξεπερνά το 10 και η προτεινόμενη τιμή του PMV κυμαίνεται μεταξύ -0.5 και 0.5. Ο λόγος υγρασίας (mixing ratio - λόγος μάζας νερού στον ξηρό αέρα δηλαδή kg νερού / kg ξηρού αέρα) στο εσωτερικό του κτιρίου δεν πρέπει να ξεπερνά το 0.012. Παρόλο που δεν υπάρχει ακριβής σχέση μεταξύ της αύξησης της ταχύτητας του αέρα και της βελτίωσης της άνεσης, η πρώτη επιτρέπει μια αύξηση του ανωτάτου αποδεκτού ορίου εσωτερικής θερμοκρασίας.

2.3.4.2.4 Συνιστώμενες συνθήκες άνεσης από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τυποποίησης (Centre Européen de Normalisation - CEN)

Κατά τη διάρκεια των 6 τελευταίων ετών έχουν αναπτυχθεί πρότυπα από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Τυποποίησης σχετικά με την εφαρμογή της Οδηγίας 2002/91 της Ευρωπαϊκής Επιτροπής για την εξοικονόμηση ενέργειας σε κτίρια (EC, 2002). Το πρότυπο που θέτει τα κριτήρια για την ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος ονομάζεται prEN 15251:2006 «Κριτήρια για το εσωτερικό περιβάλλον, θερμική άνεση, ποιότητα εσωτερικού αέρα, φωτισμός και θόρυβος» («Criteria for the indoor environment including thermal, indoor air quality, light and noise»). Τίθενται οι απαιτήσεις για τη βελτίωση της ποιότητας εσωτερικού περιβάλλοντος, δηλαδή τα ελάχιστα επίπεδα αερισμού και φωτισμού, οι μέγιστες και ελάχιστες τιμές θερμοκρασίας κλπ. (prEN 15251:2006) (Olesen, 2004) (Olesen et al., 2006) που μπορούν να χρησιμοποιηθούν

2.3. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

για ενεργειακούς υπολογισμούς, ενεργειακή αξιολόγηση, καθώς και για την έκδοση ενεργειακής και περιβαλλοντικής ταυτότητας του εκάστοτε κτιρίου. Το συγκεκριμένο πρότυπο διαφοροποιείται από τα υπόλοιπα (ISO 7730, 2005) ως προς τη μεθοδολογία με την οποία θέτει τα κριτήρια. Τα προαναφερθέντα πρότυπα θέτουν τα κριτήρια κυρίως για τη διαστασιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού (HVAC - Heating, Ventilating and Air Conditioning) των κτιρίων, ενώ το πρότυπο prEN 15251:2006 λαμβάνει υπόψη πρόσφατες μελέτες σύμφωνα με τις οποίες οι ανάγκες και οι προσδοκίες των χρηστών σχετικά με τις συνθήκες άνεσης διαφοροποιούνται σε κτίρια με μηχανικά συστήματα υποστήριξης, σε σχέση με φυσικά αεριζόμενα ή κλιματιζόμενα κτίρια. Τα κριτήρια του προτύπου prEN 15251:2006 μπορούν να χρησιμοποιηθούν, εκτός από τη διαστασιολόγηση των συστημάτων θέρμανσης, ψύξης και αερισμού, σε ενεργειακούς υπολογισμούς και σε αξιολόγηση της ποιότητας του εσωτερικού περιβάλλοντος. Παρακάτω περιγράφονται οι τέσσερις κατηγορίες άνεσης (σε αντιστοιχία με τις κατηγορίες του πίνακα 2.1).

Κατηγορία	Περιγραφή
I	Υψηλές προσδοκίες άνεσης από τους χρήστες. Συνιστάται σε χώρους που χρησιμοποιούνται από πολύ ευαίσθητους χρήστες και ευπαθείς ομάδες πληθυσμού όπως ΑΜΕΑ, ασθενείς, μικρά παιδιά και ηλικιωμένοι.
II	Κανονικά επίπεδα προσδοκιών άνεσης. Συνιστάται σε νέα ή ανακαινισμένα κτίρια.
III	Αποδεκτά επίπεδα προσδοκιών. Συνιστάται σε υπάρχοντα κτίρια.
IV	Οι παράμετροι άνεσης είναι εκτός των κριτηρίων που αναφέρονται στις προηγούμενες κατηγορίες και συνιστάται για περιορισμένο χρονικό διάστημα μέσα σε ένα έτος.

Πίνακας 2.2: Περιγραφή των κατηγοριών άνεσης του προτύπου prEN 15251:2006

Κατηγορία	Θερμοκρασία λειτουργίας (°C) - Ελάχιστες τιμές για θέρμανση (χειμώνας)	Θερμοκρασία λειτουργίας (°C) - Ελάχιστες τιμές για ψύξη (καλοκαίρι)
I	21.0	25.5
II	20.0	26.0
III	19.0	27.0

Πίνακας 2.3: Θερμοκρασίες λειτουργίας κατά τη χειμερινή και θερινή περίοδο για γραφεία με μηχανικά συστήματα θέρμανσης και ψύξης (prEN 15251:2006)

Το πρότυπο prEN 15251:2006 αναφέρει ότι στα κτίρια χωρίς μηχανική ψύξη οι συνθήκες άνεσης θα πρέπει να καθορίζονται διαφορετικά από ότι στα κτίρια με μηχανική ψύξη λόγω των διαφορετικών προσδοκιών και απαιτήσεων των χρηστών στα πρώτα. Σε αυτά τα κτίρια προτείνονται εναλλακτικά μέτρα μείωσης του ψυκτικού ή θερμικού φορτίου όπως η χρήση σκιάστρων, η μείωση των ανοιγμάτων, η αύξηση της θερμομόνωσης και ο σχεδιασμός για αποτελεσματική ψύξη με φυσικό αερισμό.

Αναφορικά με τις συνθήκες άνεσης τη χειμερινή περίοδο (εξωτερική θερμοκρασία 10-12 °C) τα κτίρια χωρίς σύστημα ψύξης αντιμετωπίζονται με τα ίδια κριτήρια που αντιμετωπίζονται τα κτίρια με σύστημα θέρμανσης, ψύξης και κλιματισμού καθώς όλα τα κτίρια (θεωρούμε ότι) καλύπτονται από σύστημα θέρμανσης. Τη θερινή περίοδο (εξωτερική θερμοκρασία >25 °C) ο φυσικός αερισμός μπορεί να αντιμετωπίσει τις υψηλές θερμοκρασίες.

2.3.4.2.5 Συνιστώμενες συνθήκες άνεσης για την Ελλάδα (Τ.Ο.Τ.Ε.Ε., 2425/86)

Η Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος 2425/86 με τίτλο «Εγκαταστάσεις σε κτίρια, στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτιριακών χώρων», υποδεικνύει συνιστώμενες τιμές θερμοκρασίας και υγρασίας εσωτερικών χώρων για την Ελλάδα. Για χώρους γραφείων, στη χειμερινή περίοδο η συνιστώμενη τιμή θερμοκρασίας είναι 22 °C και η συνιστώμενη τιμή σχετικής υγρασίας είναι 30-50%. Το καλοκαίρι η συνιστώμενη θερμοκρασία κυμαίνεται μεταξύ 25 και 26 °C και η αντίστοιχη σχετική υγρασία κυμαίνεται μεταξύ 40 και 50%.

2.3.4.3 Οδηγίες και πρότυπα σχετικά με τους ρύπους εσωτερικών χώρων

2.3.4.3.1 Διεθνή πρότυπα για τους ρύπους εσωτερικών χώρων

Υπάρχουν αρκετοί φορείς που καθορίζουν τα επιτρεπτά επίπεδα έκθεσης σε περιβαλλοντικούς ή βιομηχανικούς ρύπους, λίγοι όμως αυτοί που αναφέρονται συγκεκριμένα σε ρύπους σχετικούς με την ποιότητα εσωτερικού, μη βιομηχανικού, αέρα. Τα σημαντικότερα διεθνή πρότυπα και όρια που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ρύπανσης του εσωτερικού περιβάλλοντος καθορίζονται από τους εξής οργανισμούς:

- WHO (World Health Organisation): περιλαμβάνει οδηγίες και πρότυπα για περιβαλλοντικούς, μη βιομηχανικούς ρύπους. Παρόλο που τα όρια αναφέρονται σε εξωτερικό περιβάλλον, κάποιες χώρες τα υιοθετούν και για εσωτερική ρύπανση.
- US EPA (United States Environmental Protection Agency): περιλαμβάνει τα κριτήρια NAAQS (National Ambient Air Quality Standards) για τον ατμοσφαιρικό αέρα, που πρέπει να αναθεωρούνται κάθε πέντε χρόνια. Τα όρια αυτά επιλέγονται για ευαίσθητες πληθυσμιακές ομάδες και τα επίπεδα έκθεσης διαφοροποιούνται ανάλογα με τη χρονική διάρκεια αυτής.
- NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health): προτείνει μέγιστα επίπεδα έκθεσης σε εσωτερικούς ρύπους για βιομηχανικούς χώρους. Ο αισθητός ερεθισμός των ατόμων δεν λαμβάνεται σαν κριτήριο για τον καθορισμό των ορίων. Τα όρια αυτά δεν επιλέγονται για ευαίσθητες ομάδες πληθυσμού.
- OSHA (Occupational Safety and Health Administration): παρέχει υποχρεωτικά όρια για ρύπους εσωτερικών βιομηχανικών χώρων. Τα όρια αυτά διαφοροποιούνται μόνο με αλλαγή της νομοθεσίας. Και σε αυτήν την περίπτωση, ο αισθητός ερεθισμός των ατόμων δεν λαμβάνεται σαν κριτήριο για τον καθορισμό των ορίων και τα όρια αυτά δεν επιλέγονται για ευαίσθητες ομάδες πληθυσμού.

2.3. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

- ACGIH (American Council of Governmental Industrial Hygienist): πρόκειται για όρια εσωτερικών ρύπων για βιομηχανικούς χώρους, με την προϋπόθεση ότι πρόκειται για συνήθεις συνθήκες εργασίας (40 ώρες την εβδομάδα). Και εδώ, αισθητός ερεθισμός των ατόμων δεν λαμβάνεται σαν κριτήριο για τον καθορισμό των ορίων και τα όρια αυτά δεν επιλέγονται για ευαίσθητες ομάδες πληθυσμού.
- MAK: συνιστώμενες μέγιστες εκθέσεις για βιομηχανικό περιβάλλον. Τα πρότυπα αυτά έχουν αναπτυχθεί από το γερμανικό οργανισμό Deutsche Forschungs Gemeinschaft. Τα επίπεδα ανανεώνονται με ετήσιες ανασκοπήσεις και αναφορές, ισχύουν στη Γερμανία και δεν επιλέγονται για ευαίσθητες ομάδες πληθυσμού.

Τόσο τα εθνικά, όσο και τα διεθνή πρότυπα αναγνωρίζουν ως επικίνδυνους για την υγεία περίπου τους ίδιους ρύπους. Υπάρχει μια συγκεκριμένη ομάδα έξι ρύπων που περιλαμβάνει το μονοξείδιο του άνθρακα (CO), το διοξείδιο του αζώτου (NO₂), το όζον (O₃), το μόλυβδο (Pb), τα αιωρούμενα σωματίδια και το διοξείδιο του θείου (SO₂). Αυτό βέβαια δεν σημαίνει ότι δεν υπάρχουν άλλοι επιβλαβείς ρύποι, απλά αυτοί οι έξι χρησιμοποιούνται ως δείκτες για την ποιότητα του εσωτερικού αέρα. Στους πίνακες 2.4 και 2.5 φαίνονται συγκριτικά τα όρια για τους σημαντικότερους εσωτερικούς αέριους ρύπους με βάση τα πρότυπα-οδηγίες που αναφέρθηκαν.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2. ΝΟΜΟΘΕΣΙΑ

Ουσία	NAAQS/EPA	OSHA	ΜΑΚ
Διοξείδιο άνθρακα (CO ₂)		5000 ppm	5000 ppm 10000 ppm (1 hr)
Μονοξείδιο άνθρακα (CO)	9 ppm 35 ppm (1 hr)	50 ppm	30 ppm 60 ppm (30 min)
Φορμαλδεΐδη (CH ₂ O)		0.75 ppm 2 ppm (15min)	0.3 ppm (30 min) 1 ppm
Μόλυβδος (Pb)	1.5 µg/m ³ (3 months)	50 µg/m ³	100 µg/m ³ 500-1000 µg/m ³ (30 min)
Διοξείδιο αζώτου (NO ₂)	0.05 ppm (1 year)	5 ppm	5 ppm 10 ppm (10 min)
Όζον (O ₃)	0.12 ppm (1 hr) 0.08 ppm	0.1 ppm	Καρκινογόνο, δεν έχει όρια
Αιωρούμενα σωματίδια PM 2.5	15 µg/m ³ (1 year) 65 µg/m ³ (24 hr)	5000 µg/m ³ (1 hr)	1500 µg/m ³ (1hr) για < 4 PM
Αιωρούμενα σωματίδια PM 10	50 µg/m ³ (1 year) 150 µg/m ³ (24 hr)		4000 µg/m ³
Συνολικά αιωρούμενα σωματίδια		15000 µg/m ³	
Διοξείδιο θείου (CO ₂)	0.03 ppm (1 year) 0.14 ppm (24 hr)	5 ppm	0.5-1 ppm
Ραδόνιο (Rn)			

Πίνακας 2.4: Διεθνή όρια για τους σημαντικότερους εσωτερικούς ρύπους - εκτελεστικά ή νομοθετικά επίπεδα (ASHRAE 62,2004)

2.3. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ουσία	Canadian	WHO/Europe	NIOSH	ACGIH
Διοξείδιο άνθρακα (CO ₂)	3500 ppm		5000 ppm 30000 ppm (15 min)	5000 ppm 30000 ppm (15 min)
Μονοξείδιο άνθρακα (CO)	11 ppm (8 hr) 25 ppm (1 hr)	90 ppm (15 min) 50 ppm (30 min) 25 ppm (1 hr) 10 ppm (8 hr)	35-200 ppm	25 ppm
Φορμαλδεΰδη (CH ₂ O)	0.05-0.1 ppm	100 µg/m ³ 0.081 ppm (30 min)	0.016 ppm 0.1 ppm (15 min)	0.3 ppm
Μόλυβδος (Pb)	Ελαχιστοποίηση έκθεσης	0.5 µg/m ³ (1 year)	100 µg/m ³ (10 hr)	50 µg/m ³
Διοξείδιο αζώτου (NO ₂)	0.05 ppm 0.25 ppm (1 hr)	0.1 ppm (1 hr) 0.004 ppm (1 year)	1 ppm (15 min)	3 ppm 5 ppm (15 min)
Όζον (O ₃)	0.12 ppm (1 hr)	0.064 ppm 120 µg/m ³ (8 hr)	0.1 ppm	0.05-0.2 ppm
Αιωρούμενα σωματίδια PM 2.5	100 µg/m ³ (1 hr) 40 µg/m ³			3000 µg/m ³
Αιωρούμενα σωματίδια PM 10				10000 µg/m ³
Συνολικά αιωρούμενα σωματίδια				
Διοξείδιο θείου (CO ₂)	0.38 ppm (5 min) 0.019 ppm	0.048 ppm (24 hr) 0.012 ppm (1 year)	2 ppm 5 ppm (15 min)	2 ppm 5 ppm (15 min)
Ραδόνιο (Rn)		100 Bq/m ³ (1 year)		

Πίνακας 2.5: Διεθνή όρια για τους σημαντικότερους εσωτερικούς ρύπους - μη υποχρεωτικές οδηγίες και επίπεδα αναφοράς (ASHRAE 62,2004)

2.3.4.3.2 Όρια του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (World Health Organisation - WHO)

Σε μια αναθεώρηση των προτύπων του WHO και του US EPA, παρουσιάζονται τα όρια για τους έξι κύριους ρύπους.

Ουσία	Συγκέντρωση στον ατμοσφαιρικό αέρα ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Κρίσιμο σημείο για την ανθρώπινη υγεία	Επίπεδο που παρατηρείται η επίδραση ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Τιμή οδηγίας ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Χρονική διάρκεια έκθεσης
CO	500-700	Κρίσιμο επίπεδο καρβομονοξυαιμοσφαιρίνης (COHb) < 2.5%		100000 60000 30000 10000	15 min 30 min 1 hr 8 hr
Μόλυβδος (Pb)	0.01-2	Κρίσιμο επίπεδο μολύβδου στο αίμα < 100-150 μg		0.5	1 year
NO ₂	10-150	Μικρές επιδράσεις στους πάσχοντες από άσθμα	365-565	200	1 hr
Όζον (O ₃)	10-100	Αντιδράσεις αναπνευστικής λειτουργίας		120	8 hr
SO ₂	5-400	Επιδράσεις στους πάσχοντες από άσθμα, επιδεινώσεις των αναπνευστικών συμπτωμάτων στα ευαίσθητα άτομα	1000 250 100	500 125 50	10 min 24 hr 1 year

Πίνακας 2.6: Τιμές οδηγίας WHO για τα κριτήρια των ατμοσφαιρικών ρύπων

2.3. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ουσία	Τιμή προτύπου	Χρονική διάρκεια έκθεσης
CO	9 ppm (10 mg/m ³)	8 hr
	35 ppm (40 mg/m ³)	1 hr
NO ₂	0.053 ppm (100 µg/m ³)	1 year
Όζον (O ₃)	0.12 ppm (235 µg/m ³)	1 hr
	0.08 ppm (157 µg/m ³)	8 hr
Μόλυβδος (Pb)	1.5 µg/m ³	3 months
PM 10	50 µg/m ³	1 year
	150 µg/m ³	24 hr
PM 2.5	15 µg/m ³	1 year
	65 µg/m ³	24 hr
SO ₂	0.03 ppm (80 µg/m ³)	1 year
	0.14 ppm (365 µg/m ³)	24 hr
	0.50 ppm (1300 µg/m ³)	3 hr

Πίνακας 2.7: US EPA, NAAQS πρότυπα ποιότητας περιβαλλοντικού αέρα

Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) λαμβάνει υπόψη του για τον καθορισμό των ορίων:

Α.Κοινές πληροφορίες για καρκινογόνες και μη καρκινογόνες ουσίες

Στις πληροφορίες αυτές περιλαμβάνονται στοιχεία για τις πηγές ρύπων, τις επιτρεπτές συγκεντρώσεις αυτών και τους τρόπους έκθεσης.

Β.Κριτήρια για άλλες επιπτώσεις εκτός της καρκινογένεσης

Σε αυτήν την ομάδα κριτηρίων περιλαμβάνονται:

- Κριτήρια NOAEL (No Observed Adverse Effect Level - επίπεδο μηδενικής παρατηρούμενης επίδρασης) / LOAEL (Lowest Observed Adverse Effect Level - επίπεδο ελάχιστης παρατηρούμενης επίδρασης). Για τις ενώσεις για τις οποίες δεν παρατηρούνται άμεσα καρκινογόνα αποτελέσματα, το πρώτο βήμα για τον καθορισμό των τιμών στην οδηγία είναι ο προσδιορισμός της υψηλότερης συγκέντρωσης όπου κανένα δυσμενές αποτέλεσμα δεν παρατηρείται ή της χαμηλότερης συγκέντρωσης όπου παρατηρούνται δυσμενή αποτελέσματα σε ζωντανούς οργανισμούς.
- Κριτήρια για την επιλογή της δυσμενούς συνέπειας. Εδώ γίνεται διάκριση μεταξύ των δυσμενών και μη δυσμενών αποτελεσμάτων στην ανθρώπινη υγεία από την παρουσία κάποιου συγκεκριμένου ρύπου σε μια συγκεκριμένη συγκέντρωση στην ατμόσφαιρα. Η δυσμενής συνέπεια έχει οριστεί ως η «λειτουργική εξασθένιση» ή/και οι παθολογικές βλάβες του ανθρώπινου οργανισμού.
- Η προσέγγιση συγκριτικής μέτρησης επιδόσεων (benchmark approach). Η δόση συγκριτικής μέτρησης επιδόσεων (benchmark dose, BMD) είναι το χαμηλότερο όριο της συγκέντρωσης ενός ρύπου που παράγει μια δεδομένη αύξηση (π.χ. 5% ή 10%) στο επίπεδο μιας επίδρασης.

Γ.Κριτήρια για καρκινογόνες επιπτώσεις

Η αξιολόγηση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου είναι μια διαδικασία δύο σταδίων. Αρχικά έχουμε την ποιοτική αξιολόγηση, το πώς δηλαδή είναι πιθανό ένας παράγοντας να αποτελεί καρκινογόνο ουσία. Έπειτα έχουμε μια ποσοτική αξιολόγηση του κινδύνου εμφάνισης καρκίνου, που είναι πιθανό να εμφανιστεί σε δεδομένα επίπεδα και διάρκεια έκθεσης.

2.3.4.4 Οδηγίες και πρότυπα σχετικά με το φωτισμό

Τα επίπεδα φωτισμού σε εσωτερικούς χώρους θα πρέπει να είναι ικανοποιητικά και ικανά να προσφέρουν τη δυνατότητα στους χρήστες των κτιρίων να πραγματοποιούν τις εργασίες τους χωρίς προβλήματα (παρενέργειες από θάμβωση και τύφλωση). Τα όρια φωτισμού καθορίζονται από το πρότυπο του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Τυποποίησης CEN (CEN, 2002) με την ονομασία «Φως και φωτισμός. Φωτισμός στο χώρο εργασίας. Φωτισμός στο εσωτερικό περιβάλλον» (Light and lighting. Lighting of work places. Indoor work places). Σε κτίρια γραφείων, τα όρια που προτείνονται από το πρότυπο EN 12464-1:2002 είναι 500 lx, τα όρια για θάμβωση 19 UGR (Unified Glare Rating), 80 Ra (δείκτης διακρίτοτητας χρωμάτων) στα 0.8 m. Τα επίπεδα φωτισμού που συνιστώνται μπορούν να καλυφθούν είτε με φυσικό, είτε με τεχνητό φωτισμό, είτε με συνδυασμό των δύο. Για λόγους υγείας και άνεσης πρέπει να δίνεται προτεραιότητα στο φυσικό φωτισμό. Αυτό καθορίζεται από τις ώρες λειτουργίας του κτιρίου, την τοποθεσία του κτιρίου, κλπ. Τέλος, στο συγκεκριμένο πρότυπο σημειώνεται πως τα μικρά ανοίγματα αλλά και τα πολύ μεγάλα δημιουργούν προβλήματα. Τα μεν πρώτα εμποδίζουν τη διείσδυση του φυσικού φωτός, τα δε δεύτερα προκαλούν υπερθέρμανση.

2.3.4.5 Οδηγίες και πρότυπα σχετικά με το θόρυβο

Ως θόρυβος ορίζεται κάθε ανεπιθύμητος ήχος ο οποίος ενοχλεί τα άτομα που ζουν ή εργάζονται σε ένα κτίριο. Οι πηγές θορύβου μπορεί να είναι τόσο εξωτερικές όσο και εσωτερικές (τα συστήματα HVAC για παράδειγμα).

2.3.4.5.1 Διεθνή πρότυπα για το θόρυβο

Κριτήρια ήχου και απαιτήσεις

Ένα από τα βασικά βήματα για τον καλό ακουστικό σχεδιασμό ενός κτιρίου είναι ο καθορισμός των απαιτούμενων κριτηρίων. Αυτά καθορίζονται από τη δραστηριότητα των χρηστών του κτιρίου, ή επιμέρους χώρων του. Υπάρχουν αρκετά κριτήρια που εφαρμόζονται, με μικροδιαφορές μεταξύ τους:

- **Ισοδύναμη Α-ηχοστάθμη ($L_{Aeq,T}$, dB):** δεν είναι εύκολο να μετρηθεί η ηχοστάθμη σε μία χρονική διάρκεια (π.χ. 8ωρο), αν τα επίπεδα θορύβου αλλάζουν κατά τη διάρκειά της. Για αυτό χρησιμοποιείται η Ισοδύναμη (συνεχής) Α-ηχοστάθμη $L_{Aeq,T}$, dB. Πρόκειται για το μέτρο του ενεργειακού περιεχομένου του θορύβου για τη χρονική περίοδο T που γίνεται η μέτρηση. Η χρήση των σταθμισμένων τιμών A για τη μέτρηση του θορύβου είναι ευρέως διαδεδομένη. Ο θόρυβος μετράται σε

2.3. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

dB(A). Το εύρος για τα επίπεδα εσωτερικού θορύβου είναι 30-35 dB(A) για γραφεία, για 8 ώρες (WHO, 2000).

- **Οριακές καμπύλες θορύβου (Noise Rating Curves-NRC):** οι οριακές καμπύλες θορύβου δημιουργήθηκαν με βάση το ότι η συνεχής έκθεση ενός ατόμου σε θόρυβο με στάθμη NR 85, προκαλεί μόνιμες βλάβες στην ακοή. Με τη βοήθεια αυτού του κριτηρίου μπορεί να συσχετιστεί η στάθμη του θορύβου με την ενόχληση που δημιουργείται στα άτομα και κατά πόσο δημιουργούνται προβλήματα στη συνομιλία.
- **Κριτήρια θορύβου (Noise Criteria-NC) και προτιμώμενο κριτήριο θορύβου (Preferred Noise Criterion-PNC):** χρησιμοποιούνται διάφορες διαδικασίες για την κατάταξη θορύβων, που διαφέρουν μόνο ως προς το σχήμα των καμπύλων-κριτηρίων. Τα πρώτα κριτήρια θορύβου καθορίστηκαν από τον Beranek το 1957 και βασίζονταν στις οκταβικές μπάντες. Το 1971, αυτά τα κριτήρια αναθεωρήθηκαν με στόχο να συμμορφωθούν με τις νέες προτεινόμενες οκταβικές μπάντες. Αυτές οι αναβαθμισμένες NC καμπύλες αποτέλεσαν το προτιμώμενο κριτήριο θορύβου PNC.
- **Κριτήριο δωματίου (Room Criterion-RC):** πρόκειται για τα εναλλακτικά κριτήρια της ASHRAE σε σχέση με τα κριτήρια θορύβου NC. Αυτά κατά πρώτον θεωρούν υποκειμενική εκτίμηση του επιπέδου και του σχήματος του φάσματος και κατά δεύτερον συμπεριλαμβάνουν τις χαμηλές οκταβικές μπάντες 16 Hz και 31.5 Hz. Με βάση αυτές υπολογίζονται πιθανές τιμές δονήσεων. Για κτίρια γραφείων, το όριο κυμαίνεται από 25 έως 45 dB, ανάλογα με τη χρήση (ιδιωτικά γραφεία, χώροι τηλεσυσκέψεων, κλπ.).

2.3.4.5.2 Συνιστώμενες στάθμες θορύβου για την Ελλάδα (T.O.T.E.E., 1986)

Οι συνιστώμενες στάθμες θορύβου για την Ελλάδα δίνονται από την Τεχνική Οδηγία του Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδας 2425/86 και εκφράζονται σε τιμές NR. Για χώρους γραφείων το όριο καθορίζεται στα 35 dB.

2.3.4.6 Πρότυπα αερισμού κτιρίων

2.3.4.6.1 Πρότυπα αερισμού ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air conditioning Engineers)

Το πρότυπο ANSI/ASHRAE 62.1-2004 «Αερισμός για αποδεκτή ποιότητα εσωτερικού αέρα» (Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality) αποτελεί μια πρόσφατη έκδοση του προτύπου 62. Τα πρώτα πρότυπα εξαερισμού της ASHRAE ήταν τα πρότυπα 62-73 (ANSI B 1-1977), τα οποία αφορούσαν το φυσικό και μηχανικό αερισμό, καθόριζαν «... τις απαιτήσεις αερισμού για εσωτερικούς χώρους και διευκρίνιζαν τις ελάχιστες και συνιστώμενες ποσότητες ανανέωσης του αέρα για την εξασφάλιση της υγείας, της ασφάλειας και της ευημερίας των χρηστών/κατόχων των κτιρίων». Το πρότυπο 62.1-2004 παρέχει τους ελάχιστους και συνιστώμενους ρυθμούς εναλλαγής αέρα από το εξωτερικό περιβάλλον στο εσωτερικό, με στόχο την αποδεκτή εσωτερική ποιότητα αέρα και συνίσταται για νομοθετική ρύθμιση σε νέα κτίρια και σε συγκεκριμένες αλλαγές σε υπάρχοντα κτίρια. Το πρότυπο αυτό

εξετάζει τους χημικούς, φυσικούς και βιολογικούς ρυπογόνους παράγοντες, που μπορεί να έχουν επιπτώσεις στην ποιότητα του εσωτερικού αέρα.

Τα πρότυπα διευκρινίζουν τις εναλλακτικές διαδικασίες ώστε να επιτυγχάνεται η αποδεκτή ποιότητα αέρα στο εσωτερικό των κτιρίων. Αυτές είναι:

- **Διαδικασία εναλλαγής του αέρα με τον εξωτερικό αέρα:** σύμφωνα με αυτήν τη διαδικασία, η αποδεκτή ποιότητα εσωτερικού αέρα επιτυγχάνεται με την παροχή φρέσκου αέρα συγκεκριμένης ποιότητας και ποσότητας στο εσωτερικό του κτιρίου.
- **Διαδικασία ποιότητας εσωτερικού αέρα:** η αποδεκτή ποιότητα αέρα επιτυγχάνεται στον εσωτερικό χώρο από τον έλεγχο των γνωστών και καθορισμένων ρυπογόνων παραγόντων. Τέτοιοι είναι διάφορα αέρια, ατμοί, μικροοργανισμοί, καπνός, κλπ. Ενδέχεται να είναι παρόντες στον αέρα ή να δημιουργούνται από τις εσωτερικές δραστηριότητες, τις επιπλώσεις, τα οικοδομικά υλικά, τα επιστρώματα επιφάνειας και τα τμήματα χειρισμού και επεξεργασίας αέρα.

Η διαδικασία εναλλαγής εσωτερικού-εξωτερικού αέρα εστιάζει σε τρεις τομείς:

- στον αποδεκτό εξωτερικό αέρα
- στην επεξεργασία του εξωτερικού αέρα
- στις απαιτήσεις αερισμού

Παρακάτω βλέπουμε τις συγκεντρώσεις των ρύπων εξωτερικού αέρα, βάσει των οποίων εκτιμάται αν αυτός είναι αποδεκτός ή όχι. Αν τα επίπεδα των ρυπογόνων παραγόντων του εξωτερικού αέρα υπερβαίνουν τις τιμές του παρακάτω πίνακα, ο αέρας πρέπει να υποστεί επεξεργασία με κατάλληλα συστήματα καθαρισμού.

2.3. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

Ρυπαντής	mg/m ³	ppm	Διάρκεια έκθεσης	mg/m ³	ppm	Διάρκεια έκθεσης
Διοξ.θείου	80	0.03	1 έτος	365	0.14	24 ώρες
PM10	50	-	1 έτος	150	-	24 ώρες
Μονοξ.άνθρακα	10000	9	8 ώρες	40000	35	1 ώρα
Όζον				235	0.12	1 ώρα
Διοξ.αζώτου	100	0.005	1 έτος			
Μόλυβδος	1.5	-	3 μήνες			

Πίνακας 2.8: Πρότυπα για την εκτίμηση της ποιότητας του εξωτερικού αέρα για χρήση σε εσωτερικούς χώρους για μεγάλη και μικρή διάρκεια έκθεσης (ASHRAE 62.1, 2004)

Παρακάτω αναφέρονται οι βασικοί ρυπαντές, οι πηγές τους, τα όρια συγκέντρωσης και κάποιες πληροφορίες σχετικά κυρίως με τις επιπτώσεις στην υγεία.

Μονοξείδιο του άνθρακα (CO) Προκαλείται από ατελή καύση άνθρακα - υδρογονανθράκων και παράγεται από διαρροές σε συσκευές ανάφλεξης ειδικά σε χώρους με φτωχό αερισμό (π.χ. γκαράζ). Συναντάται βέβαια και στον ατμοσφαιρικό αέρα. Το όριο συγκέντρωσης είναι 9 ppm για 8ωρη έκθεση βάσει των επιπτώσεων σε άτομα που πάσχουν από παθήσεις της στεφανιαίας αορτής. Η κύρια επίπτωση που έχει στην υγεία είναι ότι προκαλεί τη δημιουργία καρβομονοξειμοσφαιρίνης (COHb), μιας ουσίας στο αίμα που εμποδίζει τη μεταφορά οξυγόνου προς τα κύτταρα και τους ιστούς. Ειδικά για άτομα με καρδιακά-αναπνευστικά προβλήματα το μονοξείδιο του άνθρακα είναι ακόμα πιο επιβλαβές. Αξίζει να σημειώσουμε πως αυξημένα ποσοστά καρβομονοξειμοσφαιρίνης παρατηρούνται στο αίμα των καπνιστών.

Φορμαλδεΐδη (CH₂O) Προέρχεται από προϊόντα πεπιεσμένου ξύλου, έπιπλα και επιπλώσεις. Τα όρια θεσπίστηκαν για άτομα που πάσχουν από αλλεργίες-άσθμα και είναι 76 ppb (94 μg/m³) για 1 ώρα και 27 ppb (33 μg/m³) για 8 ώρες έκθεσης (Cal-EPA, ΟΕΗΗΑ). Οξεία και χρόνια εισπνοή φορμαλδεΐδης προκαλεί ενοχλήσεις στη μύτη, στα μάτια, στο λαιμό, προβλήματα στο αναπνευστικό και ευαισθησίες. Λίγες μελέτες αναφέρουν σχέση με καρκίνο των πνευμόνων και του ρινοφάρυγγα. Η ΕΡΑ έχει κατατάξει τη φορμαλδεΐδη στην ομάδα Β1 πιθανής καρκινογένεσης μεσαίας επικινδυνότητας.

Μόλυβδος (Pb) Προέρχεται από χρώματα (κατοικίες, οχήματα), βενζίνη με μόλυβδο (στη φάση εξαγωγής), οσμές (διυλιστήρια) και μπαταρίες μολύβδου αλλά συναντάται και στον ατμοσφαιρικό αέρα. Βάσει των αρνητικών επιπτώσεων στη νευροφυσιολογική λειτουργία των παιδιών, η μέση έκθεση για διάστημα 3 μηνών είναι 1.5 μg/m³ (WHO: 0.5-1 μg/m³ για ένα χρόνο). Έχουμε επιπτώσεις στον εγκέφαλο, στο νευρικό και στο πεπτικό σύστημα. Τα παιδιά κινδυνεύουν περισσότερο. Επίσης, ορισμένα χημικά που περιέχουν μόλυβδο προκαλούν καρκίνο σε ζώα. Σοβαρές είναι και οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Διοξείδιο του αζώτου (NO₂) Όπως το μονοξείδιο του άνθρακα, έτσι και το διοξείδιο του αζώτου προέρχεται από καύση άνθρακα - υδρογονανθράκων. Σημα-

ντικές εξωτερικές πηγές είναι τα αυτοκίνητα και εσωτερικές οι συσκευές μαγειρέματος και θέρμανσης νερού και χώρων. Η μέση έκθεση για ένα χρόνο ορίζεται στα $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι επιπτώσεις στην υγεία αφορούν το αναπνευστικό σύστημα, αλλά υπάρχουν και περιβαλλοντικές επιπτώσεις: το διοξείδιο του αζώτου είναι συστατικό της όξινης βροχής που προσβάλλει δένδρα και λίμνες. Τέλος, τα όξινα αερολύματα, όπως λέγεται αλλιώς η όξινη βροχή, προκαλούν φθορές σε πέτρες που χρησιμοποιούνται στα κτίρια, σε αγάλματα, μνημεία, κλπ.

Οσμές Οι πηγές είναι οι ίδιοι οι χρήστες των κτιρίων, η σκόνη και ο εξωτερικός αέρας. Προβλεπόμενη (ή μετρημένη) αποδεκτή τιμή το 80% των χρηστών ή επισκεπτών του κτιρίου. Η συγκέντρωση CO_2 μπορεί να υποκαταστήσει τις οσμές από τους χρήστες ενός χώρου. Για πηγές εκτός των ανθρώπων προτείνονται τεχνικές ελέγχου των πηγών που προκαλούν οσμές.

Όζον (O_3) Οι εσωτερικές πηγές είναι φωτοτυπικά μηχανήματα, εκτυπωτές, συστήματα παραγωγής όζοντος, ηλεκτροστατικές συσκευές και συσκευές καθαρισμού του αέρα. Οι εξωτερικές είναι χημικές αντιδράσεις με ρυπαντές, πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) και NO_x . Το όριο είναι $100 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (50 ppb) για 8ωρη έκθεση (WHO), συνεχή έκθεση (FDA), βάσει της κατά 25% αύξησης των συμπτωμάτων επιδείνωσης σε ενήλικες ή άτομα με άσθμα. Οι επιπτώσεις στην υγεία είναι αναπνευστικά προβλήματα, άσθμα, ενοχλήσεις στα μάτια και στη μύτη, μείωση των αντισωμάτων ενάντια στο κρυολόγημα και στις ασθένειες γενικότερα και επιτάχυνση της γήρανσης των ιστών των πνευμόνων. Περιβαλλοντική επίπτωση είναι η καταστροφή των φυτών. Υλικές ζημιές είναι η καταστροφή των φυσικών και συνθετικών πλαστικών και υφασμάτων.

Σωματίδια $\text{PM}_{2.5}$ Πρόκειται για σωματίδια των οποίων η αεροδυναμική διάμετρος είναι μικρότερη των $2.5 \mu\text{m}$, και από εκεί παίρνουν και το όνομά τους. Προκαλούνται από καύση, μαγείρεμα, κεριά αλλά συναντώνται και στον ατμοσφαιρικό αέρα. Το όριο συγκέντρωσης είναι $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Σωματίδια PM_{10} Σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των $10 \mu\text{m}$. Η μέση έκθεση για ένα χρόνο είναι $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Οι εσωτερικές συγκεντρώσεις είναι φυσικά χαμηλότερες. Οι πηγές είναι καύση ξύλου, diesel και άλλων καυσίμων, βιομηχανικές εγκαταστάσεις, γεωργία, μη ασφαλισμένοι δρόμοι. Συναντώνται στη σκόνη, στον καπνό, κλπ. Οι επιπτώσεις στην υγεία είναι ενοχλήσεις στη μύτη και στο λαιμό, επιπτώσεις στους πνεύμονες, βρογχίτιδα, πρόωρος θάνατος. Υπάρχουν και περιβαλλοντικές επιπτώσεις, τα σωματίδια PM_{10} είναι το βασικό συστατικό της αιθαλομίχλης, αλλά και υλικές ζημιές: η τέφρα, η καπνιά και η σκόνη ρυπαίνουν και ξεθωριάζουν κτίρια, ρούχα και έπιπλα.

Ραδόνιο (Rn) Γεωαέριο. Η μέση έκθεση για ένα χρόνο, βάσει του καρκίνου των πνευμόνων, είναι $150 \text{Bq}/\text{m}^3$ σε εσωτερικό περιβάλλον.

Διοξείδιο του θείου (SO_2) Βάσει της προστασίας ενάντια στην αναπνευστική ανεπάρκεια του γενικού πληθυσμού και στην επιδείνωση του άσθματος, η

2.3. ΠΡΟΤΥΠΑ ΚΑΙ ΟΔΗΓΙΕΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΟΥ ΕΣΩΤΕΡΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

μέση έκθεση για ένα χρόνο είναι $80 \mu\text{g}/\text{m}^3$, αλλά πέφτει στα $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ αν συνδυάζεται με PM (WHO). Πηγές είναι η καύση άνθρακα (ειδικά αν έχει υψηλή περιεκτικότητα σε θείο), πετρελαίου, βιομηχανικές κατεργασίες χαρτιού-μετάλλων κλπ. Επικίνδυνες είναι πάλι οι συσκευές θέρμανσης χώρων (θερμάστρες κηροζίνης) όταν δεν υπάρχει εξαερισμός, αλλά συναντάται και στον εξωτερικό αέρα. Οι επιπτώσεις στην υγεία είναι αναπνευστικά προβλήματα και χρόνια προβλήματα στους πνεύμονες. Όσον αφορά τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, το διοξείδιο του θείου είναι συστατικό της αιθαλομίχλης, η οποία καταστρέφει φυτά και δάση αλλά προκαλεί και υλικές ζημιές σε κτίρια, αγάλματα, μνημεία κλπ.

Ολικές πτητικές οργανικές ενώσεις (TVOCs) Προέρχονται από νέα δομικά υλικά και επιπλώσεις, αναλώσιμα προϊόντα, προϊόντα συντήρησης. Δεν υπάρχουν καθορισμένα όρια για τις ενώσεις αυτές και έτσι προτιμούνται τα όρια για καθεμία ξεχωριστά.

Πτητικές οργανικές ενώσεις (VOCs) Οι πηγές είναι ίδιες με παραπάνω. Και εδώ τα όρια καθορίζονται για κάθε ένωση ξεχωριστά. Οι ανησυχητικές συγκεντρώσεις κυμαίνονται από 1 ppb για κάποιες πολύ τοξικές ενώσεις ή για ενώσεις με ασθενή οσμή έως πολύ μεγαλύτερες συγκεντρώσεις.

2.3.4.6.2 Συνιστώμενος αερισμός για την Ελλάδα (T.O.T.E.E., 2425/86)

Ο προσδιορισμός της ποσότητας του νωπού αέρα που πρέπει να παρέχει το σύστημα αερισμού γίνεται με τρία κριτήρια:

- Την ωριαία αντικατάσταση του αέρα εσωτερικού χώρου με νωπό αέρα. Για αίθουσες γραφείων, αυτή η ωριαία εναλλαγή κυμαίνεται από 4 ως 8 φορές. Πρακτικά αυτό σημαίνει ότι μέσα σε μία ώρα πρέπει να αντικαθίσταται όλος ο αέρας ενός εσωτερικού χώρου με εξωτερικό αέρα 4 ως 8 φορές.
- Την απαιτούμενη ποσότητα αέρα ανά άτομο. Για αίθουσες γραφείων γενικά, η τιμή αυτή είναι $25.5 \text{ m}^3/\text{h}$ (ελάχιστη) και έως $42.5 \text{ m}^3/\text{h}$ (συνιστώμενη). Ανάλογα με τη χρήση της αίθουσας, την επεξεργασία του αέρα (καθαρισμός μέσω φίλτρων) και την παρουσία απορροφητήρων, οι απαιτήσεις αερισμού μπορούν να μειωθούν αισθητά. Ωστόσο, η ποσότητα νωπού αέρα σε καμία περίπτωση δεν μπορεί να είναι μικρότερη από $8.5 \text{ m}^3/\text{h}$ ανά άτομο.
- Τον υπολογισμό σύμφωνα με τη ρύπανση του αέρα. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται όταν είναι γνωστός ο ρυθμός παραγόμενων βλαβερών ουσιών που επιβαρύνουν τον αέρα του χώρου. Η απαιτούμενη ποσότητα αέρα ώστε να επιτευχθεί μια ορισμένη καθαρότητα αέρα στο χώρο, προκύπτει από τη σχέση:

$$V = \frac{K}{MAC = K\alpha} \quad (2.1)$$

όπου:

V: ποσότητα αέρα (m^3/h)

K: η παραγόμενη ποσότητα επιβλαβούς για την υγεία αερίου.

Kα: αναλογία επιβλαβούς αερίου στον προσαγόμενο αέρα (αερίου/προσαγόμενου αέρα)

MAC: μέγιστη επιτρεπόμενη συγκέντρωση ανθυγιεινής ουσίας στο χώρο (αερίου/αέρα).

2.4 Παράρτημα - επεξηγήσεις

Παρακάτω επεξηγούνται κάποιοι όροι και μονάδες.

PM_{2.5} και PM₁₀ Σωματίδια με αεροδυναμική διάμετρο μικρότερη των 2.5 και 10 μm αντίστοιχα.

ppm και ppb Parts Per Million και Parts Per Billion αντίστοιχα. Εκατομμυριοστά και δισεκατομμυριοστά δηλαδή. Μπορεί να αντιστοιχούν σε μάζα προς μάζα ή σε όγκο προς όγκο. Ποτέ όμως δεν αντιστοιχούν σε μάζα προς όγκο ή σε όγκο προς μάζα.

Μετατροπές μονάδων μέτρησης Χρειάζεται προσοχή να μην γίνει μπέρδεμα με τα ppm. Για παράδειγμα, 1 g/l δεν μπορεί να εκφραστεί σε ppm γενικά για κάθε ουσία. Θα πρέπει να γνωρίζουμε την ουσία (τη μοριακή μάζα βασικά) για να κάνουμε τη μετατροπή. Ο τύπος που δίνει τη μετατροπή είναι ο ακόλουθος:

$$ppm = \frac{mg/m^3 \times 24.45}{M_r} \quad (2.2)$$

ή αντίστοιχα:

$$mg/m^3 = \frac{ppm \times M_r}{24.45} \quad (2.3)$$

όπου:

M_r : μοριακή μάζα σε g/mol

24.45: σταθερά σε l/mol. Πρόκειται για το μοριακό όγκο ιδανικού αερίου στους 25 °C και στα 1013.25 hPa (1 atm).

Κεφάλαιο 3

Μοντελοποίηση ποιότητας αέρα

3.1 Εισαγωγή

3.1.1 Προσεγγίσεις καθορισμού ροής αέρα

Για να επιτευχθεί μια καλή ποιότητα εσωτερικού αέρα ή για να υπολογιστούν τα φορτία κατάστασης χώρου ενός κτιρίου, είναι σημαντικό να γνωρίζουμε το πλάνο ροής αέρα μέσα στο κτίριο. Απαιτείται επίσης ακριβής πληροφορία σχετικά με τη ροή αέρα για τη σωστή διαστασιολόγηση του εξοπλισμού κατάστασης χώρου. Υπάρχουν δύο θεμελιώδεις προσεγγίσεις για τον καθορισμό της ροής αέρα σε κτίριο: η μέτρηση και ο μαθηματικός υπολογισμός (Liddament 1986).

Μέτρηση Η μέτρηση, που είναι ο πιο απλός τρόπος, γίνεται με ανιχνευτές αερίου. Οι ανιχνευτές αυτοί εντοπίζουν τη ροή αέρα ανάμεσα στο εσωτερικό και στο εξωτερικό του κτιρίου, όπως επίσης και ανάμεσα στους εσωτερικούς χώρους αυτού (Sherman et. al 1991). Είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε τις διαζωνικές ροές για να καθορίσουμε την επίπτωση της διήθησης, του φυσικού καθώς και του μηχανικού αερισμού στην ποιότητα εσωτερικού αέρα. Οι μετρήσεις με ανιχνευτές αερίου δίνουν μια τιμή για ροές αέρα μόνο υπό επικρατούσα διαρροή και επικρατούσες καιρικές συνθήκες. Ωστόσο, τα μαθηματικά μοντέλα μπορούν να καθορίσουν τιμές διήθησης για όλες τις διαρροές και για όλες τις καιρικές συνθήκες.

Μαθηματικά μοντέλα Διάφορα μαθηματικά μοντέλα ροής αέρα έχουν αναπτυχθεί για να υπολογίζουν απώλειες ενέργειας σχετιζόμενες με ροή αέρα και τις κατανομές ροής σε μονοζωνικά και πολυζωνικά κτίρια (Feustel και Dieris, 1992). Τα διαζωνικά μοντέλα ροής αέρα μπορούν να χωριστούν σε δύο κατηγορίες, μονοζωνικά και πολυζωνικά. Τα μονοζωνικά υποθέτουν πως το κτίριο μπορεί να περιγραφεί από μια μοναδική ζώνη. Τα πολυζωνικά προσομοιώνουν τις διαζωνικές ροές των κτιρίων με παραπάνω από μια ζώνες, κάτι που είναι πολύ πιο ρεαλιστικό.

3.1.2 Μοντελοποίηση διήθησης σε κατοικίες - μονοζωνική μοντελοποίηση

Τα πρώτα μοντέλα ροής αέρα για μονοζωνικές κατοικίες ήταν βασισμένα σε οπισθοδρομική ανάλυση μετρημένων δεδομένων διήθησης και κινητήριων δυνάμεων καιρού. Οι συντελεστές οπισθοδρόμησης για αυτά τα εμπειρικά μοντέλα, αντανακλούν δομικά χαρακτηριστικά καθώς επίσης αποτελέσματα θωράκισης και συμπεριφορά κατοίκου. Για αυτό το λόγο, συντελεστές που εξήχθησαν από παρόμοιες κατοικίες, διαφέρουν αρκετά μεταξύ τους (Ross και Grimsrud, 1978). Έτσι, αυτά τα εργαλεία δεν είναι κατάλληλα για χρήση ως σχεδιαστικά εργαλεία για ενεργειακή ανάλυση κτιρίου.

Το επόμενο βήμα στη μοντελοποίηση διήθησης σε κατοικίες, ήταν η ανάπτυξη φυσικών μονοζωνικών μοντέλων. Η ποσότητα της πληροφορίας που απαιτείται για αυτά τα δικτυακά μοντέλα, οδήγησε στην ανάπτυξη απλουστευμένων μοντέλων βασισμένων στα φυσικά φαινόμενα της ροής αέρα διαμέσου του κτιριακού κελύφους, υποθέτοντας μια συγκεκριμένη κατανομή διαρροών αέρα (Sherman 1980). Οι επιδράσεις της θωράκισης και τοπικοί κάθετοι άνεμοι λαμβάνονται υπόψη στον υπολογισμό του ρυθμού διήθησης σε αυτά τα απλουστευμένα μονοζωνικά μοντέλα.

Μετρηθέντα δεδομένα από αρκετά τέτοια κτίρια χρησιμοποιήθηκαν για να εναρμονίσουν περαιτέρω τις επιδράσεις, ειδικά της θωράκισης (Palmiter et. al, 1990).

Ακολουθώντας την ανάλυση ενός τεράστιου αριθμού μετρηθέντων ρυθμών εξαερισμού σε σπίτια για τα οποία τα χαρακτηριστικά διαρροών καθορίστηκαν από συμπίεστικές δοκιμές, παρουσιάστηκε ένα πολύ απλό μοντέλο που προβλέπει το μέσο όρο του ρυθμού διήθησης. Ο ρυθμός εναλλαγής αέρα, μετρημένος σε μία δεδομένη διαφορά πίεσης, διαιρείται με ένα σταθερό αριθμό. Το μοντέλο αυτό δεν λαμβάνει υπόψη τις καιρικές συνθήκες ή την κατανομή διαρροής, πράγμα που το καθιστά ανεπαρκές για τις σημερινές ανάγκες πολυζωνικής μοντελοποίησης (AIVC 1991).

3.1.3 Μοντελοποίηση διήθησης σε πιο περίπλοκα κτίρια - πολυζωνική μοντελοποίηση

Πριν την έλευση των μονοζωνικών μοντέλων, ένας αριθμός μοντέλων σε ΗΥ αναπτύχθηκε με σκοπό τον υπολογισμό της κατανομής ροής αέρα σε πολυζωνικά κτίρια.

Η αρχή πίσω από αυτά τα μοντέλα, είναι ότι τα κτίρια είναι περίπλοκα συννυφασμένα συστήματα πλέγματος διαδρομών ροής αερίων μαζών. Οι αρμοί αντιπροσωπεύουν τις ζώνες του κτιρίου και οι συνδέσεις μεταξύ των αρμών προσομοιώνουν τις διαδρομές ροής αέρα. Οι διαδρομές αυτές περιλαμβάνουν τις αντιστάσεις ροής που προκαλούνται από ανοιχτές ή κλειστές πόρτες και παράθυρα καθώς επίσης και από διαρροές διαμέσου των τοίχων. Οι οριακές καταστάσεις για την κατανομή πίεσης στο κτίριο, μπορούν να περιγραφούν από σημεία πλέγματος έξω από αυτό (εξωτερικές ζώνες).

Τα μοντέλα διήθησης πολυζωνικού δικτύου αντιμετωπίζουν την πολυπλοκότητα των ροών σε ένα κτίριο αναγνωρίζοντας τις επιδράσεις των εσωτερικών περιορισμών ροής. Απαιτούν εκτενή πληροφόρηση σχετικά με χαρακτηριστικά ροής και κατανομές πίεσης. Όπως και τα μονοζωνικά μοντέλα, έτσι και αυτά βασίζονται στην εξίσωση ισορροπίας μάζας.

Η διαφορά με τη μονοζωνική προσέγγιση, όπου υπολογίζεται μόνο μία εσωτερική πίεση, είναι ότι στο πολυζωνικό μοντέλο πρέπει να υπολογίζεται μία πίεση για κάθε ζώνη. Η προσέγγιση αυτή αυξάνει την πολυπλοκότητα του αλγορίθμου αριθμητικής επίλυσης, αυτό σημαίνει όμως ότι η πολυζωνική προσέγγιση μπορεί να αναλύσει μία ευρεία γκάμα από σχέδια κατανομής ροής αέρα και διήθησης.

Εξαιτίας της μη-γραμμικής εξάρτησης του ρυθμού ροής αέρα από τη διαφορά πίεσης, η κατανομή πίεσης για ένα κτίριο μπορεί να υπολογιστεί μόνο χρησιμοποιώντας μια επαναληπτική μέθοδο. Τα μοντέλα πολυζωνικού δικτύου αναπτύχθηκαν ώστε να απευθύνονται σε απλές κατασκευές με λίγες ζώνες ή κτίρια με αυθαίρετα σχέδια ορόφων, επιτρέποντας έναν αριθμό ζωνών που περιορίζεται μόνο από τις δυνατότητες του ΗΥ που χρησιμοποιείται για τη μοντελοποίηση. Τα περισσότερα προγράμματα χρησιμοποιούν επιλύτες που μειώνουν την ανάγκη αποθήκευσης του ΗΥ. Η μέθοδος Newton είναι το πιο κοινό εργαλείο για την επίλυση

του σετ μη-γραμμικών εξισώσεων που απαιτείται για τη μοντελοποίηση σύνθετων ροών αέρα (Herrlin, 1990).

Το πρώτο πολυζωνικό μοντέλο που αναπτύχθηκε ήταν πιθανώς το LEAK (=διαρροή) τύπου BSRIA (Building Services Research and Information Association), που δημοσιεύθηκε το 1970 (Jackman). Από τότε έχουν αναπτυχθεί πολλά μοντέλα, τα περισσότερα όμως είναι εργαλεία έρευνας που δεν είναι διαθέσιμα σε τρίτους. Γενικά, είναι δύσκολα στη χρήση και περιγράφονται καλύτερα ως «ανεκτά από το χρήστη» παρά ως «φιλικά προς το χρήστη».

3.1.4 Απλουστευμένα μοντέλα και ολοκλήρωση μοντελοποίησης

Το πρώτο απλοποιημένο πολυζωνικό μοντέλο για σχεδιαστικό υπολογισμό μικρών κτιρίων, βασίστηκε στον συν-υπολογισμό των μηκών των ρωγμών ενός κτιρίου. Το μοντέλο αυτό αργότερα επεκτάθηκε και σε μεγαλύτερα κτίρια (DIN 4701, 1983). Μία παρόμοια προσέγγιση χρησιμοποιήθηκε στην ανάπτυξη του απλοποιημένου μοντέλου διήθησης του LBNL (Lawrence Berkeley National Laboratory), που επιτρέπει υπολογισμό διαζωνικών ροών αέρα με τη βοήθεια ενός υπολογιστή τσέπης (Feustel και Sherman, 1989).

Παρόλο που τα πολυζωνικά μοντέλα ροής αέρα υφίστανται εδώ και 4 δεκαετίες, μερικά θερμικά μοντέλα προσομοίωσης κτιρίου χρησιμοποιούν ακόμη είτε μοντέλα σταθερού ρυθμού ροής αέρα, είτε μονοζωνικά μοντέλα ροής αέρα. Τώρα που η εξοικονόμηση ενέργειας και η ποιότητα εσωτερικού αέρα έχουν οδηγήσει σε πιο αυστηρή κατασκευή κτιρίων και σε μεγαλύτερη πολυπλοκότητα όσον αφορά τις ροές αέρα, τα θερμικά μοντέλα προσομοίωσης κτιρίου δεν έχουν νόημα δίχως ένα ολοκληρωμένο πολυζωνικό μοντέλο ροής αέρα.

3.1.5 Προς ένα καλύτερο μοντέλο

Το COMIS, του οποίου η ιστορία και η λειτουργία αναλύονται εκτενώς στο επόμενο κεφάλαιο, είναι μία σημαντική εξέλιξη στη διαζωνική μοντελοποίηση ροών αέρα (Feustel, 1996). Λόγω της τμηματικής δομής του, το COMIS είναι πολύ αποτελεσματικό στην προσομοίωση κτιρίων σε σχέση με προγενέστερα πολυζωνικά μοντέλα ροής αέρα.

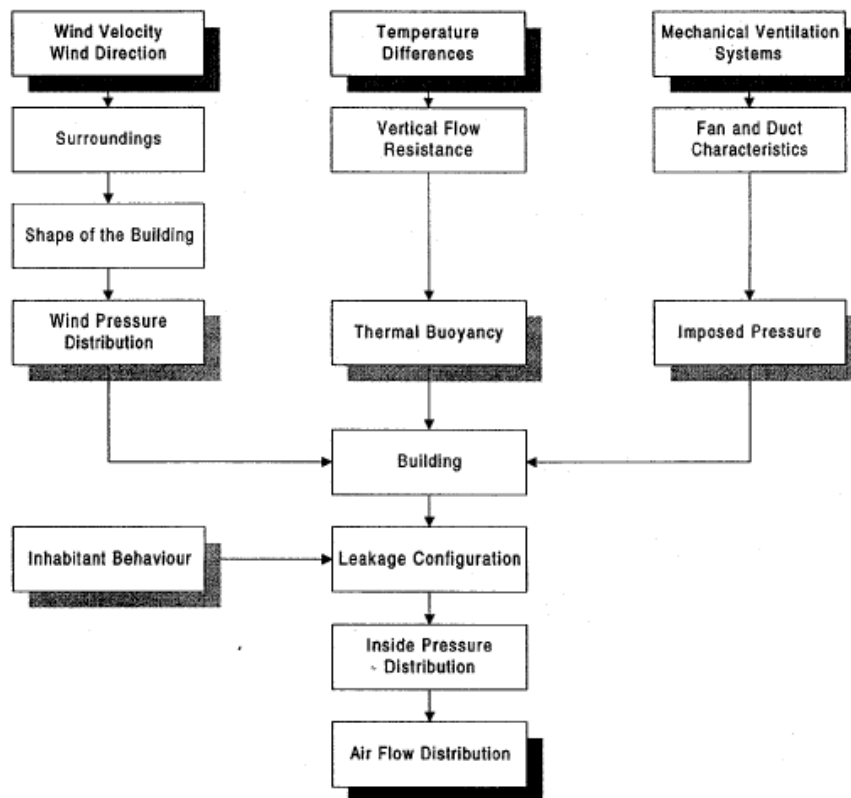
Ο στόχος της ομάδας που ανέπτυξε το COMIS, ήταν να μελετήσει φυσικά φαινόμενα που προκαλούν ροή αέρα και μεταφορά ρυπαντών σε πολυζωνικά κτίρια και να αναπτύξουν υποσυστήματα που να μπορούν να ενσωματωθούν σε ένα πολυζωνικό σύστημα μοντελοποίησης ροής αέρα.

Τα υποσυστήματα αυτά περιλαμβάνουν εξισώσεις ροής αέρα για μεγάλα κάθετα ανοίγματα, μονόπλευρο και διαμπερή αερισμό καθώς και για διάφορες θέσεις ανοίγματος παραθύρου-πόρτας. Ειδική έμφαση έχει δοθεί στην παροχή των απαραίτητων δεδομένων, όπως υπολογισμός κατανομής πίεσης ανέμου (Feustel, 1996).

3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα διάφορα μέρη του κτιρίου, ή οι ανομοιογενείς συγκεντρώσεις δημιουργούν πολλαπλές ζώνες. Ως ζώνη ορίζεται μια περιοχή ανάμικτου όγκου αέρα με σταθερή συγκέντρωση αέρα και ενιαία πίεση. Λόγω των πολλών ζωνών, είναι αναγκαία η χρήση πολυζωνικών μοντέλων. Τα πολυζωνικά κτίρια μπορεί να είναι από μικρές κατοικίες έως μεγάλα κτιριακά συγκροτήματα.

Οι ροές αέρα και η κατανομή σε ένα δεδομένο κτίριο οφείλονται στις διαφορές πίεσης που προκαλούνται από τον άνεμο, τη θερμική πλευστότητα, τα συστήματα μηχανικού αερισμού, ή και από συνδυασμούς όλων αυτών. Η ροή αέρα επηρεάζεται επίσης από την κατανομή των ανοιγμάτων στο κέλυφος του κτιρίου και από την εσωτερική δομή του κτιρίου. Τέλος, σημαντικό ρόλο μπορούν να παίξουν και οι ενέργειες των χρηστών/κατοίκων του κτιρίου. Όλες αυτές οι επιρροές πρέπει να λαμβάνονται υπόψη για να είναι αποτελεσματικό ένα μοντέλο.



Σχήμα 3.1: Επιρροές στην κατανομή ροής αέρα σε κτίρια (Feustel, 1984)

3.2 Φυσικά μεγέθη και κρίσιμες καθοριστικές συνθήκες

3.2.1 Κατανομή πίεσης ανέμου

Ο άνεμος προκαλεί ταχύτητα και πίεση γύρω από ένα κτίριο. Η σχέση μεταξύ ταχύτητας και των πιέσεων στις διάφορες τοποθεσίες του πεδίου ροής, μπορεί να υπολογιστεί αναλύοντας τη δυναμική ενός σωματιδίου σε ρευστό. Όταν συγκρίνεται με τη στατική πίεση που σχετίζεται με πλάνο δίχως άνεμο, το πεδίο πίεσης γύρω από ένα κτίριο χαρακτηρίζεται γενικά από περιοχές «υπερπίεσης» (ελάττωση ταχύτητας) στην πλευρά που χτυπάει ο άνεμος και «υποπίεσης» στις επιφάνειες που είναι παράλληλες προς τη ροή του ανέμου και στο υπήνεμο μέρος.

Η κατανομή πίεσης γύρω από ένα κτίριο περιγράφεται συνήθως από συντελεστές πίεσης που είναι καθαροί αριθμοί, την αναλογία της πίεσης εδάφους και της δυναμικής πίεσης στο αδιατάρακτο πλάνο ροής:

$$c_p(x, y, z) = \frac{p(x, y, z) - p_o(z)}{p_{dyn}(z)}$$

με:

$$p_{dyn}(z) = \frac{1}{2} \rho_{out}(z) v^2(z)$$

όπου:

$c_p(\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z})$ συνιστώσα πίεσης στις συντεταγμένες (x,y,z) [-]

$p(\mathbf{x}, \mathbf{y}, \mathbf{z})$ πίεση επιφάνειας στις συντεταγμένες (x,y,z) [Pa]

$p_o(\mathbf{z})$ ατμοσφαιρική πίεση στο ύψος z [Pa]

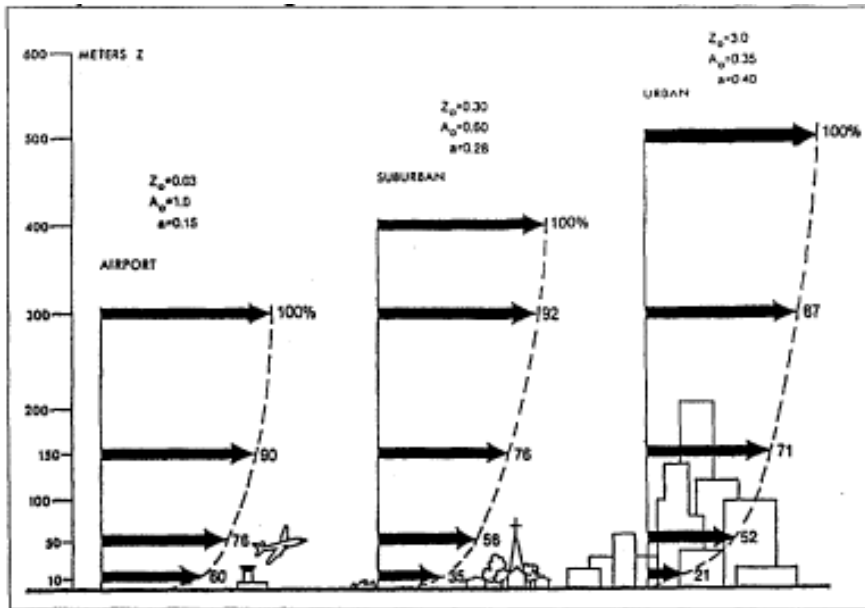
$p_{dyn}(\mathbf{z})$ δυναμική πίεση στην αδιατάρακτη ροή στο ύψος z [Pa]

$\rho_{out}(\mathbf{z})$ πυκνότητα εξωτερικού αέρα στο ύψος z [kg/m³]

$v^2(\mathbf{z})$ ταχύτητα ανέμου σε ύψος z [m/sec]

Η ταχύτητα του ανέμου εξαρτάται από την ατμοσφαιρική σταθερότητα, την τραχύτητα του εδάφους, τις επιφάνειες γύρω από το κτίριο και αυξάνει καθώς αυξάνει και το ύψος από το έδαφος.

3.2. ΦΥΣΙΚΑ ΜΕΓΕΘΗ ΚΑΙ ΚΡΙΣΙΜΕΣ ΚΑΘΟΡΙΣΤΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ



Σχήμα 3.2: Ταχύτητες ανέμου ως συνάρτηση του εδάφους (ASHRAE, 1989)

Η ταχύτητα ανέμου μπορεί να προσδιοριστεί είτε από μία λογαριθμική εξίσωση, είτε από μία έκφραση νόμου ισχύος. Η τελευταία χρησιμοποιείται κυρίως από μηχανικούς και επιστήμονες ενεργειακού σχεδιασμού κτιρίων:

$$v(z) = v(z_0) \left(\frac{z}{z_0} \right)^\alpha$$

όπου:

$v(z)$ ταχύτητα ανέμου στο ύψος z [m/sec]

$v(z_0)$ ταχύτητα ανέμου στο ύψος αναφοράς z_0 [m/sec]

α εκθετικό [-]

Αυτές οι εξισώσεις υποθέτουν ότι η ροή του ανέμου είναι ισοθερμική και οριζόντια και πως δεν θα αλλάξει κατεύθυνση λόγω της διαφοροποίησης του εδάφους. Με άλλα λόγια, η ταχύτητα ανέμου καθορίζεται από την τραχύτητα του εδάφους. Η τιμή του εκθετικού α αυξάνει καθώς αυξάνει αυτή η τραχύτητα. Για μικρότερες περιοχές τραχειών επιφανειών σε πιο λεία περίχωρα, όπως μια πόλη ευρισκόμενη σε μία επίπεδη περιοχή (π.χ. Ολλανδία, Βέλγιο), η ταχύτητα που περιγράφεται από την παραπάνω εξίσωση ισχύει μόνο για ένα περιορισμένο ύψος πάνω από τα εμπόδια.

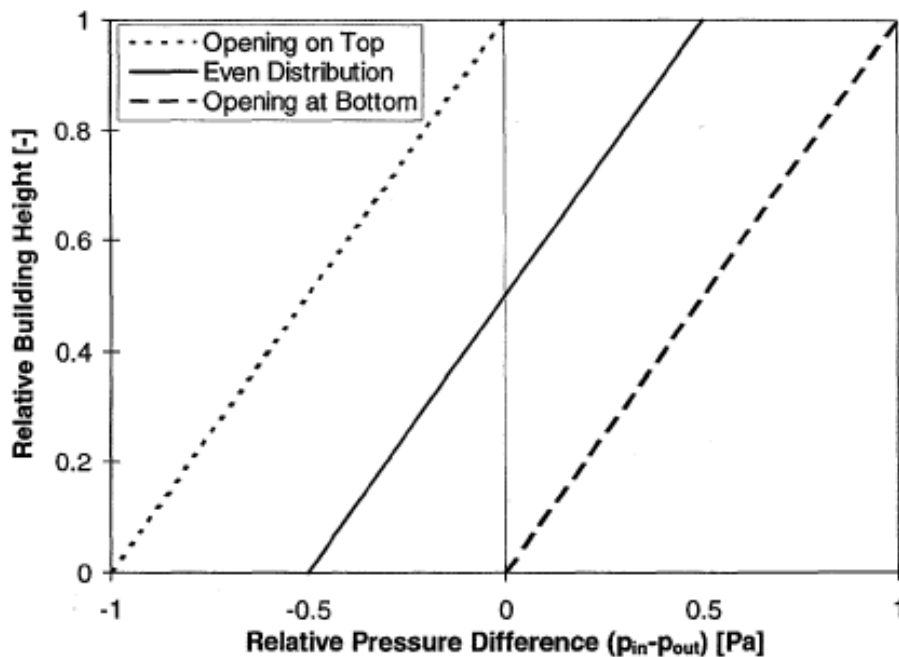
Τύπος τραχύτητας	Ύψος οριακού επιπέδου [m]	Εκθετικό α [-]
Επίπεδη περιοχή	270	$1/7.0 = 0.14$
Λοφώδης περιοχή	390	$1/3.5 = 0.28$
Αστικό περιβάλλον	510	$1/2.5 = 0.40$

Πίνακας 3.1: Ύψος οριακού επιπέδου και εκθετικά για διάφορα εδάφη (Davenport, 1960)

3.2.2 Θερμική πλευστότητα (Άνωση)

Οι θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ του εξωτερικού και του εσωτερικού αέρα προκαλούν διαφορά πυκνότητας αέρα που με τη σειρά της προκαλεί διαβαθμίσεις πίεσης. Οι διαβαθμίσεις πίεσης του ελκυσμού (stack effect) εξαρτώνται μόνο από τις θερμοκρασιακές διαφορές και την κάθετη διάσταση του κτιρίου (Tamura και Wilson, 1967 - Esdom, 1958). Το φαινόμενο αυτό συχνά παρεξηγείται ως μεταγωγή θερμότητας, ωστόσο θερμοκρασιακές διαφορές μεταξύ δύο στηλών αέρα δεν προκαλούν αυτό το φαινόμενο, η επίδραση είναι ένα αποτέλεσμα διαφοράς βάρους μεταξύ των δύο στηλών.

Η τιμή των διαφορών πίεσης που προκαλούνται από τον ελκυσμό (stack effect) σε πολυώροφα κτίρια που βρίσκονται σε ψυχρά κλίματα ή προστατευμένες (από τον άνεμο) περιοχές, μπορεί εύκολα να υπερβεί τις τιμές διαφοράς πίεσης που προκαλούνται από αιολικά φαινόμενα. Η θεωρητική τιμή της διαφοράς πίεσης υπό ήπιες συνθήκες εξαρτάται από την διαβάθμιση και την απόσταση από το επίπεδο ουδέτερης πίεσης (Neutral Pressure Level - NPL). Το τελευταίο είναι το ύψος της επιφάνειας του κτιρίου όπου δεν υφίσταται διαφορά πίεσης μεταξύ εσωτερικού και εξωτερικού περιβάλλοντος. Η κατανομή της διαρροής αέρα κατά μήκους του ύψους του κελύφους του κτιρίου καθορίζει που βρίσκεται το NPL.



Σχήμα 3.3: Πίεση ως συνάρτηση ύψους για τρεις διαφορετικές κατανομές διαπερατότητας με αέρα περιβάλλοντος ψυχρότερο από τον αέρα του φρεατίου

Το σχήμα 3.3 δείχνει την κατανομή πίεσης που προκαλείται από τον ελκυσμό για τρεις διαφορετικές καταστάσεις το χειμώνα (η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του αέρα μέσα στο φρεάτιο του κτιρίου).

Αν όλη η διαρροή βρίσκεται στην κορυφή του φρεατίου, η διαφορά πίεσης στην κορυφή είναι μηδενική και στη βάση έχουμε τη μέγιστη αρνητική διαφορά πίεσης εσωτερικού-εξωτερικού.

Αν όλη η διαρροή συγκεντρώνεται στη βάση του φρεατίου, η διαφορά πίεσης στη βάση είναι μηδενική και στην κορυφή έχουμε τη μέγιστη υπερ-πίεση.

Αν η διαρροή βρίσκεται στη μέση ή αν είναι ομοιόμορφα κατανεμημένη σε όλο το ύψος του φρεατίου, η ζώνη ουδέτερης πίεσης βρίσκεται στη μέση του φρεατίου. Η κορυφή έχει υπερ-πίεση και η βάση υπο-πίεση, του ίδιου μεγέθους.

Ο ελκυσμός (ή θερμική πλευστότητα), μπορεί να υπολογιστεί ολοκληρώνοντας την εξίσωση του Bernoulli, υποθέτοντας ότι δεν έχουμε αέρα:

$$(p_{out} - p_{in})_{stack} = g(\rho_{in} - \rho_{out})(z - npl)$$

όπου:

$(p_{out} - p_{in})_{stack}$ διαφορά πίεσης λόγω ελκυσμού [Pa]

g σταθερά επιτάχυνσης βαρύτητας [m/sec²]

$(\rho_{in}-\rho_{out})$ διαφορά πυκνότητας αέρα μεταξύ εσωτερικής και εξωτερικής στήλης αέρα [kg/m³]

$(z-npl)$ απόσταση μεταξύ του ύψους z και του επιπέδου ουδέτερης πίεσης [m]

3.2.3 Μηχανικός αερισμός

Ο μηχανικός αερισμός μπορεί να ενσωματωθεί σε αυτό το δίκτυο ροής αντιμετωπίζοντας το σύστημα αγωγών όπως τις υπόλοιπες διαδρομές ροής στο κτίριο. Ο ανεμιστήρας μπορεί να περιγραφεί ως πηγή διαφορών πίεσης, ανεβάζοντας το επίπεδο πίεσης μεταξύ δύο ενώσεων σύμφωνα με τη χαρακτηριστική καμπύλη του (Feustel και Esdorn, 1982).

3.3 Στοιχεία ροής αέρα

3.3.1 Ροή ρωγμής

Το μοναδικό στοιχείο ροής αέρα που καλύπτεται από όλα τα μοντέλα ροής αέρα που υπάρχουν στη διαδικασία ανασκόπησης (Feustel και Kendon, 1985 - Feustel και Dieris, 1992), είναι η ρωγμή. Η ροή αέρα μέσω μιας ρωγμής είναι πάντα ένα μίγμα στρωτής, στροβιλώδους και μεταβατικής ροής. Η αναλογία καθεμιάς εξαρτάται από το σχήμα της ρωγμής και τη διαφορά πίεσης σε κάθε πλευρά αυτής.

Η εξίσωση εκθετικού νόμου χρησιμοποιείται ευρέως για να εκφράσει τα χαρακτηριστικά ροής αέρα των ρωγμών:

$$Q = C_Q(\Delta P)^n$$

Αυτή η αριθμητική αναπαράσταση είναι απλή. Δείχνει ότι η ροή αέρα Q εξαρτάται από τη διαφορά πίεσης ΔP . Ωστόσο, η εξίσωση αυτή δεν λαμβάνει υπόψη την επιρροή των ιδιοτήτων του αέρα και το ρυθμό ροής αέρα. Παράγοντες διόρθωσης για αυτά τα φαινόμενα εισήχθησαν στην απλή εξίσωση εκθετικού νόμου στην έκδοση των βασικών αρχών του COMIS (Feustel και Raynor-Hooson, 1990).

Η κατάταξη των ρωγμών βοηθάει στον καθορισμό των παραγόντων διόρθωσης, του συντελεστή διαρροής αέρα C_Q και του εκθετικού πίεσης n . Οι ρωγμές κατατάσσονται είτε σύμφωνα με το εξάρτημα κτιρίου στο οποίο αναφέρονται, είτε σύμφωνα με τη φυσική τους συμπεριφορά. Καθώς τα είδη των ρωγμών σε ένα συγκεκριμένο κτίριο συνήθως δεν είναι γνωστά, η τελευταία μέθοδος δεν συνίσταται για υπολογισμούς διαρροής αέρα σε αληθινά κτίρια.

Στις προσομοιώσεις ροής αέρα, τα εξαρτήματα του κτιρίου (για παράδειγμα παράθυρα, τοίχοι, κλειστές πόρτες), λογίζονται ως απλές διαρροές. Αυτό έχει ως πλεονέκτημα να μειώνονται οι προδιαγραφές εισόδου, αλλά μειώνεται η ακρίβεια του αποτελέσματος της προσομοίωσης διότι η ροή αέρα αναπαρίσταται μόνο από ένα σετ φυσικών μεγεθών (για παράδειγμα, οι θερμικές διαβαθμίσεις κατά μήκους του στοιχείου αγνοούνται).

3.3.2 Ροή μέσω κάθετων μεγάλων ανοιγμάτων

Η ροή αέρα μέσω μεγάλων ανοιγμάτων (π.χ. ανοιχτές πόρτες ή ανοιχτά παράθυρα) είναι ένας κύριος παράγοντας στη μεταφορά αέρα, ρυπαντών και θερμικής ενέργειας από μία ζώνη του κτιρίου σε μια άλλη ή στο εξωτερικό περιβάλλον. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι θερμικές διαφορές και/ή οι διαφορές στις θερμικές διαβαθμίσεις και στις δύο πλευρές ενός μεγάλου ανοίγματος θα προκαλέσουν αμφίδρομες ροές. Η πρόβλεψη των ροών αέρα μέσω μεγάλων ανοιγμάτων είναι δύσκολη. Παρόλο που στη βιβλιογραφία υπάρχει «συμφωνία» όσον αφορά την πρόβλεψη των βαρυτικών ροών μέσω μεγάλων ανοιγμάτων σε συνθήκες σταθερής κατάστασης (steady-state), υπάρχει μεγάλη «ασυμφωνία» όσον αφορά τον καθορισμό του συντελεστή εκκλήρωσης (discharge coefficient) (Allard και Utsumi, 1992).

Η ροή αέρα μέσω μεγάλων ανοιγμάτων περιλαμβάνει έναν αριθμό από διαφορετικά φυσικά φαινόμενα, συμπεριλαμβανομένων και βαρυτικών ροών σε συνθήκες σταθερής κατάστασης, κυμαινόμενων ροών που προκύπτουν από στροβιλώδη ροή ανέμου και ροών ανακυκλοφορίας που προκαλούνται από επιδράσεις οριακού στρώματος σε θερμικά κατευθυνόμενο άνοιγμα (Allard και Utsumi, 1992). Η γενική περιγραφή της βαρυτικής ροής αέρα μέσω ενός κάθετου ανοίγματος φαίνεται στο σχήμα 3.4. Ο Allard και ο Utsumi δείχνουν ότι ένα μεγάλο κάθετο άνοιγμα μπορεί να έχει δύο, ένα ή κανένα επίπεδο ουδέτερης πίεσης. Για μεγάλα ανοίγματα μέσα σε κτίρια συνήθως βρίσκουμε ένα επίπεδο ουδέτερης πίεσης κοντά στο μέσο του ύψους του ανοίγματος.

Για μεγάλα ανοίγματα, το COMIS υπολογίζει τη μαζική ροή και τα παράγωγά της και για τις δύο κατευθύνσεις αυτής. Οι πυκνότητες αέρα σε γειτονικές ζώνες αναπαρίστανται από τιμές πίεσης ή πυκνότητας στη βάση και στην κορυφή του ανοίγματος καθώς και σε διάφορα επίπεδα σε ίσες μεταξύ τους αποστάσεις. Η μαζική ροή υπολογίζεται για κάθε τέτοιο επίπεδο. Η συνολική ροή είναι το άθροισμα των ροών ολόκληρου του ανοίγματος (Dorer, 1955). Οι ροές αέρα μπορούν να υπολογιστούν για τις ακόλουθες περιπτώσεις:

Κλειστό μεγάλο άνοιγμα Σε αυτήν την περίπτωση, οι ροές αέρα από τις ρωγμές στη βάση και στην κορυφή του στοιχείου υπολογίζονται σύμφωνα με τις διαφορές πίεσής τους. Η ροή αέρα από τις κάθετες ρωγμές υπολογίζεται αθροίζοντας τις ροές στο κάθετο ύψος.

Φυσιολογικά ορθογώνια κάθετα ανοίγματα Χρησιμοποιείται η ίδια διαδικασία υπολογισμού με παραπάνω. Ο συντελεστής εκπλήρωσης, που λαμβάνει υπόψη τη συστολή της ροής που προκύπτει από την ύπαρξη του ανοίγματος, μπορεί είτε να καθοριστεί από το χρήστη, είτε να υπολογιστεί από το COMIS.

Παραθύρο οριζόντιου άξονα Η διεύθυνση ροής θεωρείται πως είναι κάθετη στο επίπεδο του ανοίγματος. Η ροή αέρα υπολογίζεται κατά την κάθετη διάσταση του παραθύρου.

Η γωνία του ανοικτού παραθύρου μπορεί να υπολογιστεί με βάση τα μετεωρολογικά δεδομένα (θερμοκρασία εξωτερικού αέρα και ταχύτητα ανέμου).

Η προσομοίωση μεγάλων κάθετων ανοιγμάτων σε επιφάνεια κτιρίου αξιολογήθηκε από μία ομάδα επιστημόνων από Βέλγιο, Γαλλία και Ελλάδα (Δασκαλάκη et al., 1998) για μονόπλευρο και διαμπερή αερισμό. Για μονόπλευρο αερισμό σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου, το COMIS προβλέπει τις ροές αέρα με ικανοποιητική ακρίβεια σχετικά με τα μετρηθέντα δεδομένα. Τα πειράματα διαμπερούς αερισμού σε χαμηλές ταχύτητες ανέμου, επίσης είχαν καλή «σύμπλευση» με τα αποτελέσματα του COMIS. Ωστόσο, η προαναφερθείσα επιστημονική ομάδα ανέφερε πως ανακρίβειες στην πίεση και στους συντελεστές εκπλήρωσης μπορούν να προκαλέσουν σημαντικά λάθη στην εκτίμηση ροών αέρα μεταξύ των εξωτερικών και των εσωτερικών ζωνών.

3.3.3 Αγωγοί

Οι απώλειες πίεσης μέσω αγωγών υπολογίζονται με βάση τις απώλειες τριβής που περιγράφονται από το Moody (1944) και τις δυναμικές απώλειες που προκύ-

3.3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΡΟΗΣ ΑΕΡΑ

πουν από παρενοχλήσεις ροής προκαλούμενες από εξαρτήματα που αλλάζουν τη ροή και/ή την περιοχή της ροής αέρα:

$$\Delta P_{loss} = \Delta P_{friction} + \Delta P_{fittings}$$

$$\Delta P_{friction} = \lambda \frac{l}{d} P_{dynamic}$$

με:

$\Delta P_{frictions}$ απώλειες λόγω τριβών στον αγωγό [Pa]

λ παράγοντας τριβής [-]

l μήκος αγωγού [m]

d διάμετρος αγωγού [m]

$P_{dynamic}$ δυναμική πίεση της ροής αέρα [Pa]

Μέσα στην περιοχή της ευθείας ροής (αριθμός Reynolds μικρότερος από 2000), η τριβή είναι συνάρτηση μόνο του αριθμού Reynolds και μπορεί να γραφεί ως:

$$\lambda = \frac{64}{Re}$$

με:

Re αριθμός Reynolds [-]

Για στροβιλώδη ροή (αριθμός Reynolds μεγαλύτερος από 10000), ο παράγοντας τριβής εξαρτάται από τον αριθμό Reynolds, την τραχύτητα επιφάνειας αγωγού, τις εσωτερικές προεξοχές και υπολογίζεται από την εξίσωση του Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log \left[\frac{\epsilon}{3.75 d} + \frac{2.51}{Re} \sqrt{\lambda} \right]$$

με:

ϵ τραχύτητα επιφάνειας [m]

Καθώς η εξίσωση αυτή δεν μπορεί να λυθεί ως προς λ , χρησιμοποιούμε μια προσεγγιστική εξίσωση από το Moody (1944):

$$\lambda = \left(1 + \left[20000 \frac{\epsilon}{d} + \frac{10^6}{Re} \right]^{1/3} \right)$$

Οι δυναμικές απώλειες που οφείλονται σε εξαρτήματα, εκφράζονται ως:

$$\Delta P_{fittings} = \zeta \times P_{dynamic}$$

όπου:

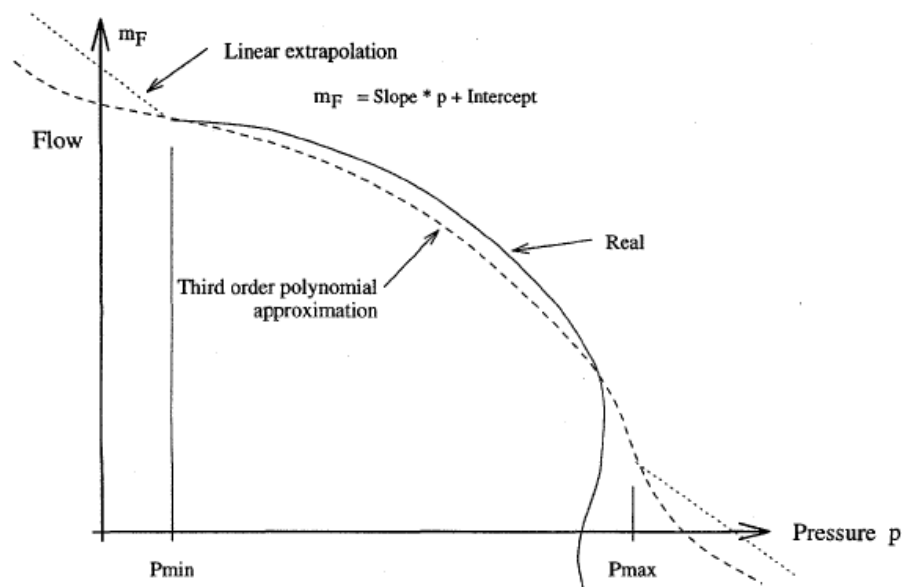
ζ συντελεστής [-]

Τα εξαρτήματα που περιλαμβάνονται στο COMIS είναι είσοδοι, έξοδοι, μεταβάσεις και ενώσεις. Ο συντελεστής ζ , που έχει την ίδια τιμή σε δυναμικά παρόμοια ρεύματα (π.χ. ρεύματα με γεωμετρικά παρόμοια ανοίγματα, όμοιες τιμές αριθμού Reynolds), έχει παρθεί από εγχειρίδια μηχανικών (ASHRAE, 1985 - Hönnmann, 1987).

Στο COMIS, η ροή μέσω ενός αγωγού μοντελοποιείται ως η συνάρτηση εκθετικού νόμου. Επειδή η τριβή κατά μήκος του αγωγού είναι διαφορετική για την ευθεία, τη στροβιλώδη και τη μεταβατική περιοχή, ο συντελεστής ροής C_Q και το εκθετικό n υπολογίζονται μέσω επαναληπτικών μεθόδων (Feustel και Raynor-Hoosen, 1990). Εξαιτίας της μη-γραμμικής αλληλεξάρτησης των ροών στις διακλαδώσεις μιας ένωσης, η λειτουργία του αγωγού που χρησιμοποιεί πολλές συναρτήσεις, απαιτεί και πολλές επαναλήψεις. Μία διαδρομή ροής στην οποία η αντίσταση αποτελείται κυρίως από πτώσεις πίεσης στην ένωση, μπορεί να καταστήσει ένα σύστημα ασταθές.

3.3.4 Ανεμιστήρες

Οι ανεμιστήρες είναι πηγή δημιουργίας διαφορών πίεσης καθώς ανεβάζουν το επίπεδο πίεσης μεταξύ δύο ζωνών. Στο COMIS, οι ανεμιστήρες περιγράφονται από την πολυωνυμική καμπύλη τους, η οποία είτε παρέχεται από το χρήστη, είτε υπολογίζεται από το ίδιο το πρόγραμμα με βάση κάποιο σεν ζευγών δεδομένων ροής αέρα-πίεσης. Για να αποφύγουμε αστάθειες στην απόδοση του ανεμιστήρα στο μοντέλο, η σχέση ροής-πίεσης πέρα από το εύρος τιμών που καλύπτουν αυτά τα ζεύγη θεωρείται γραμμική (βλ.σχ. 3.4).



Σχήμα 3.4: Εκτίμηση καμπύλης ανεμιστήρα χρησιμοποιώντας συντελεστές (Feustel και Smith, 1998)

3.3. ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΡΟΗΣ ΑΕΡΑ

Η ροή διαμέσου του ανεμιστήρα υπολογίζεται για αποκλίνουσες τιμές της ταχύτητας (περιστροφής) του ανεμιστήρα ή πυκνότητας αέρα σύμφωνα με τους νόμους περί ανεμιστήρων. Η ταχύτητα περιστροφής μπορεί να αλλάξει μέσω κάποιου χρονοδιαγράμματος, οποιαδήποτε στιγμή κατά τη διάρκεια της προσομοίωσης.

Εκτός του καθορισμένου εύρους τιμών της απόδοσης του ανεμιστήρα, χρησιμοποιείται μια γραμμική προσέγγιση για να εξασφαλίσουμε ότι ο επιλυτής δικτύου θα βρει μια έγκυρη λύση και δεν θα «κολλήσει» εκτός της καμπύλης.

3.4 Ρυπαντές

3.4.1 Μεταφορά ρυπαντών

Εκτός από το να υπολογίζει ροή αέρα μεταξύ ζωνών, το COMIS υπολογίζει τη μεταφορά και διασπορά έως και πέντε ρυπαντών. Η προσομοίωση μεταφοράς ρυπαντών σε ένα πολυζωνικό κτίριο οδηγεί στον καθορισμό εξισώσεων ισορροπίας μάζας για κάθε ρυπαντή σε κάθε ζώνη, με βάση την αποδοχή πως η συγκέντρωση ρυπαντή είναι καλά αναμεμιγμένη σε κάθε ζώνη και μεταφέρεται από ζώνη σε ζώνη με τη βοήθεια της ροής του αέρα. Το COMIS επιτρέπει επιδράσεις φίλτρου για όλα τα στοιχεία ροής αέρα. Αυτές οι επιδράσεις μπορούν να αναπαραστήσουν μια συμπαγή απορρόφηση κατά τη διαδρομή ή κάθε είδος αντίδρασης (χημική αντίδραση, αλλαγή φάσης, κλπ.) που προκύπτει από επαφή του ρυπαντή με κάποιο στερεό υλικό καθώς ρέει από τη μια ζώνη στην άλλη (Feustel και Smith, 1990).

Παρόλο που η ροή αέρα σε κτίρια μπορεί να θεωρηθεί ως σταθερής κατάστασης (steady state), η μεταφορά ρυπαντή είναι ένα δυναμικό φαινόμενο. Για αυτό το λόγο, είναι σημαντικό να χρησιμοποιήσουμε ένα χρονικό βήμα (time step) αρκετά μικρό ώστε να αντιπροσωπεύει αυτή τη δυναμική κατάσταση. Το COMIS υπολογίζει το χρονικό βήμα για τη μεταφορά ρυπαντών ως τη συνάρτηση της μικρότερης σταθεράς χρόνου από όλες τις σχετιζόμενες ζώνες. Έτσι, η καθοριστική για αυτόν τον υπολογισμό ζώνη σε ένα κτίριο θα έχει μικρό όγκο αλλά μεγάλη ροή αέρα.

3.5 Επίλογος

3.5.1 Αξιολόγηση πολυζωνικών μοντέλων ροής αέρα

Υπάρχει μια έλλειψη καταμετρηθέντων δεδομένων διήθησης και εξαερισμού για ολόκληρα κτίρια. Αυτά τα δεδομένα είναι απαραίτητα για την αξιολόγηση μοντέλων ροής αέρα. Καθοριστικές μεταβλητές πρέπει να ορισθούν για διαφορετικούς τύπους κτιρίων ώστε να αναπτυχθούν πιο ακριβή δεδομένα εισόδου και κατ' επέκταση πιο ακριβή μοντέλα. Οι συντελεστές πίεσης ανέμου για παράδειγμα, χρειάζονται περαιτέρω έρευνα.

Η δυσκολία στο να μετρηθεί η διήθηση σε κτίρια υπό ελεγχόμενες κρίσιμες και καθοριστικές συνθήκες σημαίνει πως κανένα από τα πολυζωνικά μοντέλα δεν έχει αξιολογηθεί σωστά (Scartezzini et al., 1987). Η πιθανότητα να κάνουμε αποσπασματικές εκτιμήσεις κάποιων αλγορίθμων έχει ληφθεί υπόψη (π.χ. οι αλγόριθμοι για ροή αέρα μέσω ανοιχτών πορτών ή για ροή αέρα μέσω ρωγμών). Η μέτρηση λίγων ζωνών από όλο το κτίριο θα δοκίμαζε δραστικά τα υπάρχοντα μοντέλα. Ωστόσο, είναι προτιμότερη η αξιολόγηση της απόδοσης μοντέλου για ολόκληρο το κτίριο.

Ο στόχος της International Energy Agency - IEA με το παράρτημα 23 (πολυζωνική μοντελοποίηση ροής αέρα) ήταν να παρέχει ένα αξιόπιστο, ακριβές, πρακτικό και φιλικό προς το χρήστη πολυζωνικό μοντέλο ροής αέρα. Εκτελέστηκε μια ποικιλία δοκιμών για να σιγουρέψει πως το COMIS δεν περιέχει αριθμητικά λάθη. Τα αποτελέσματα των προσομοιώσεων συγκρίθηκαν με περισσότερα από 50 πειραματικά αποτελέσματα. Κάθε μία από αυτές τις δοκιμές αναπτύχθηκε με σκοπό να ελέγξει κάποιο συγκεκριμένο κομμάτι του προγράμματος. Οι δοκιμές επαναλήφθηκαν για κάθε αναβάθμιση των επιμέρους κομματιών του προγράμματος.

Επιπλέον, συνδυάστηκαν δύο δοκιμές από το κέντρο ερευνών διήθησης αέρα και εξαερισμού στην Ελβετία. Η πρώτη δοκιμή αναπαριστά ένα πολύ απλό δίκτυο, όπου όλα τα ανοίγματα και οι κρίσιμες και καθοριστικές συνθήκες είναι καθορισμένα. Αυτή η δοκιμή και η σύγκριση των αποτελεσμάτων προσομοίωσης με αναλυτικές λύσεις, επέτρεψε την άμεση αναγνώριση και διόρθωση ανακρίβειών και προβλημάτων στον κώδικα.

Μία δεύτερη δοκιμή εκτελέστηκε για να αξιολογήσει την επίδραση του χρήστη στην εγκυρότητα του προγράμματος. Η δοκιμή αυτή βοήθησε στην ανάπτυξη της τεκμηρίωσης του προγράμματος, κυρίως του οδηγού χρήσης. Τα αποτελέσματα έδειξαν ξεκάθαρα πως η ικανότητα του χρήστη είναι κρίσιμη ως προς την εγκυρότητα των προβλέψεων (Liddament, 1996).

Το COMIS ελέγχθηκε επίσης και με βάση τη σύγκριση με άλλα προγράμματα (Fürbringer et al., 1996). Χρησιμοποιήθηκαν άλλα 14 προγράμματα προσομοίωσης (AIDA, AIRNET, ASCOS, BREEZE, BREVENT, CBSAIR, CONTAM93, ESP, LBL, MZAP, NORMA, PASSPORT AIR, TURBUL και VENCON) από ερευνητικές ομάδες σχετιζόμενες με την αξιολόγηση του COMIS και τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν. Καθώς τα διάφορα προγράμματα έχουν και διαφορετικά χαρακτηριστικά, οι στόχοι κάθε σύγκρισης έπρεπε να προσαρμοστούν ώστε τα μοντέλα που συγκρίνονταν να μπορούν να προσομοιώσουν το ίδιο φυσικό φαινόμενο. Καθώς όλα τα

προγράμματα χρησιμοποιούν παρόμοιους αλγορίθμους και οι προσομοιώσεις εκτελέστηκαν με πανομοιότυπα δεδομένα εισόδου, τα αποτελέσματα μοιάζουν μεταξύ τους.

Η σύγκριση των αποτελεσμάτων μεταξύ του μοντέλου και των δοκιμών ήταν ένα σημαντικό μέρος στην ανάπτυξη του COMIS. Εκτελέστηκαν 9 έρευνες, χρησιμοποιώντας αποτελέσματα από δοκιμές με ανίχνευση αερίου για κατοικίες μίας οικογένειας, διαμερίσματα και μικρά κτίρια γραφείων. Αυτά τα αποτελέσματα συγκρίθηκαν με αποτελέσματα που εξήχθησαν μέσω αριθμητικής προσομοίωσης. Για κάθε περίπτωση εκτελέστηκε ανάλυση ευαισθησίας, όχι μόνο για να μάθουμε για τις ανακρίβειες στις μετρήσεις αλλά και για να δούμε τα προβλήματα αξιοπιστίας των προσομοιώσεων που προκύπτουν από ανακρίβειες των δεδομένων εισόδου (Fürbringer et al., 1996).

Κεφάλαιο 4

COMIS

4.1 Ιστορικό της κοινοπραξίας

Το σεμινάριο (workshop) με την ονομασία COMIS (Conjunction of Multizone Infiltration Specialistes) ήταν μια κοινή ερευνητική προσπάθεια για να αναπτυχθεί ένα πολυζωνικό μοντέλο διήθησης. Η ιστορία ξεκινάει με ένα... πρόβλημα στα μέσα της δεκαετίας του '80 στο Berkeley της California. Η ομάδα ενεργειακής απόδοσης κτιρίων στο εργαστήριο εφαρμοσμένων επιστημών του Lawrence Berkeley (Lawrence Berkeley Laboratory, για συντομία LBL), αφού εξέτασε τα διαθέσιμα πολυζωνικά μοντέλα διήθησης, συνειδητοποίησε πως τα συμβατικά μοντέλα δεν είχαν σχεδιαστεί έτσι ώστε να αναβαθμιστούν για να λαμβάνουν υπόψη τους επιπλέον μορφές ροής αέρα ή να βελτιώσουν τη χρηστικότητα τους. Για αυτό το λόγο, αποφασίστηκε να σχεδιαστεί και να αναπτυχθεί ένα μοντέλο που να περιλαμβάνει όλα τα παραλείπόμενα χαρακτηριστικά. Εξ' αρχής όμως, ήταν φανερό πως το σχέδιο αυτό απαιτούσε πολλή πραγματογνωμοσύνη καθώς και ανθρώπινους πόρους, ανάγκες που δεν μπορούσε να καλύψει από μόνο του το LBL. Έτσι, η ομάδα κοινοποίησε το σχέδιό της, καλώντας ενδιαφερόμενους επιστήμονες του χώρου, να ανταποκριθούν και να λάβουν μέρος σε ένα 12μηνο workshop, με την ονομασία COMIS που θα έθετε τη βάση για ένα ευπροσάρμοστο πολυζωνικό μοντέλο διήθησης.

Το Δεκέμβριο του 1986, η πρώτη εγκύκλιος του COMIS στάλθηκε σε επιστήμονες ενημερώνοντάς τους για την κοινή ερευνητική προσπάθεια στο LBL. Το πρόγραμμα έτυχε θετικής υποδοχής από την ερευνητική κοινότητα. Λόγω της πολυεθνικότητας της ομάδας, αρκετά εθνικά και πολυεθνικά ερευνητικά προγράμματα συντονίστηκαν με το COMIS. Επιστήμονες από τη Γαλλία, την Ελλάδα, την Ιταλία, την Ιαπωνία, την Ολλανδία, την Κίνα, την Ισπανία, τη Σουηδία, την Ελβετία και τις ΗΠΑ εργάζονταν μαζί πάνω στην ανάπτυξη του μοντέλου και της αξιολόγησής του. Το όλο εγχείρημα της συνεργασίας ανθρώπων από τόσες πολλές χώρες ήταν μια πραγματική καινοτομία στο χώρο της φυσικής κτιρίων.

Το σεμινάριο αυτό (Οκτώβριος 1988 - Σεπτέμβριος 1989) διοργανώθηκε από την ομάδα ενεργειακής απόδοσης κτιρίων στο εργαστήριο εφαρμοσμένων επιστημών του Lawrence Berkeley. Ο σκοπός του σεμιναρίου ήταν να αναπτύξει ένα λεπτομερές πολυζωνικό πρόγραμμα διήθησης λαμβάνοντας υπόψη τη ροή αέρα μέσω ρωγμών, συστημάτων HVAC, μονόπλευρου αερισμού και μηχανισμού μεταφοράς μέσω μεγάλων ανοιγμάτων. Η ατζέντα συγκέντρωσε τη συμβολή όλων των συμμετεχόντων σε ένα ενιαίο μοντέλο. Η πολυεθνική ομάδα ανέπτυξε τελικά ένα νέο πολυζωνικό μοντέλο μεταφοράς που μελετά τη διήθηση, τον αερισμό και την εσωτερική ρύπανση. Το μοντέλο αυτό ονομάστηκε αρχικά COMVEN. Το αποτέλεσμα, ένα εύχρηστο πρόγραμμα, απευθύνεται σε ερευνητές και μηχανικούς κτιρίων.

Το αποτέλεσμα επετεύχθη όχι εξερευνώντας την αριθμητική περιγραφή των φυσικών φαινομένων, αλλά αναζητώντας το βέλτιστο αλγόριθμο. Η αριθμητική περιγραφή των φυσικών φαινομένων ήταν αντικείμενο της Διεθνούς Επιτροπής Ενέργειας (International Energy Agency - IEA)- Παράρτημα 20 «Πρότυπα ροής αέρα σε κτίρια» που έληξε το Σεπτέμβριο του 1991. Στο παράρτημα 23 «Πολυζωνική μοντελοποίηση ροής αέρα», που υιοθετήθηκε από την IEA - πρόγραμμα Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια και Κοινοτικά Συστήματα το 1992, το COMIS αξιολογήθηκε μέσω μέτρησης ίχνους αερίων, δεδομένα σήραγγας αέρα, διαμοντελική σύγκριση και σύγκριση με αναλυτικές λύσεις.

4.1. ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΗΣ ΚΟΙΝΟΠΡΑΞΙΑΣ

Παράλληλα αναπτύχθηκε μια διεπαφή χρήστη (user interface) σε fortran 77 βασισμένη στον κώδικα COMVEN, καθώς και ένας γραφικός μεταεπεξεργαστής αποτελεσμάτων στο πρόγραμμα λογιστικών φύλλων Lotus.

4.2 Από τη θεωρία στην πράξη

4.2.1 Η πρωταρχική έκδοση (COMIS version 1.0)

4.2.1.1 Είσοδος

Ιδιαίτερη έμφαση έχει δοθεί στις ρουτίνες εισόδου-εξόδου έτσι ώστε το πρόγραμμα να μην είναι απλά «ανεκτό» από το χρήστη, αλλά «φιλικό» προς αυτόν. Έχει αναπτυχθεί έτσι ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε ως αυτόνομο μοντέλο μελέτης αερισμού, είτε και ως το υποσύστημα μελέτης αερισμού ενός ευρύτερου προγράμματος προσομοίωσης κτιρίου. Έτσι, η διαδικασία εισόδου-εξόδου έχει σχεδιαστεί έτσι ώστε να μπορούν να χρησιμοποιηθούν τα υποσυστήματα εισόδου-εξόδου του COMIS, είτε μόνο η διεπαφή εισόδου-εξόδου. Αυτό επιτρέπει στο χρήστη να συνδέσει το πρόγραμμα με άλλο λογισμικό (για παράδειγμα με το TRNSYS, ένα λογισμικό προσομοίωσης κτιρίων και συστημάτων).

4.2.1.2 Ροή αέρα ανάμεσα στα μέρη του κτιρίου

Η ροή μέσω ρωγμών, τα μεγάλα ανοίγματα και τα συστήματα μηχανικού αερισμού μπορούν να μοντελοποιηθούν από το COMIS. Επιπλέον, μελετήθηκαν επιπρόσθετες ροές αέρα που δεν επηρεάζουν την κατανομή πίεσης στο δίκτυο σε σημαντικό βαθμό. Για παράδειγμα, ταυτόχρονη ροή αέρα από δύο κατευθύνσεις σε μεγάλα ανοίγματα και φαινόμενο στροβιλώδους ροής ανέμου σε μονόπλευρα παράθυρα. Οι ροές αέρα μέσω πορτών, παραθύρων και άλλων μεγάλων ανοιγμάτων είναι οι «δρόμοι» μέσω των οποίων ο αέρας, οι ρυπαντές και η θερμότητα μεταφέρονται από μια ζώνη του κτιρίου στην άλλη. Τα προηγούμενα πολυζωνικά μοντέλα διήθησης δεν μπορούσαν να επιλύσουν το πρόβλημα παρά μόνο διαιρώντας το μεγάλο άνοιγμα σε μία σειρά μικρότερων που περιγράφονταν από εξισώσεις ροών ρωγμών. Η συμβολή του COMIS ήταν να περιγράψει το φυσικό πρόβλημα, να ανατρέξει στις διάφορες επιλύσεις που υπήρχαν στη βιβλιογραφία και να τις συγκρίνει λαμβάνοντας υπόψη τόσο την αριθμητική όσο και τη φυσική πλευρά του ζητήματος [1].

Οι γενικοί νόμοι της μηχανικής ρευστών ισχύουν για μεγάλα εξωτερικά ανοίγματα σε σταθερή κατάσταση (steady state situation). Καμία από αυτές τις μεθόδους όμως δεν μπορεί εκτιμήσει ποσοτικά το αποτέλεσμα ενός ασταθούς ανέμου ή μιας μεγάλης κλίμακας στροβιλώδους ροής. Πειραματικά αποτελέσματα έχουν δείξει πως αυτά τα φαινόμενα μπορεί να είναι ιδιαίτερα σημαντικά σε περίπτωση μονόπλευρου αερισμού, όμως πολύ λίγες συσχετίσεις έχουν προταθεί και οι περισσότερες από αυτές αφορούν συγκεκριμένες διαμορφώσεις. Είναι δύσκολο λοιπόν να εισάγει κανείς αυτά τα φαινόμενα στο αρχικό μοντέλο, αλλά αυτό αποτελεί μελλοντικό στόχο για το COMIS. Μελετάται επίσης η διόρθωση των συνιστωσών του νόμου ισχύος για ροές ρωγμών, λαμβάνοντας υπόψη την επίδραση της θερμοκρασιακής κατανομής του αέρα στη ροπή. Η θερμοκρασία αυτή εξαρτάται από τους ακόλουθους παράγοντες:

- ρυθμός ροής αέρα
- θερμοκρασία του αέρα στις ζώνες εκατέρωθεν της ρωγμής

- διαστάσεις και μορφή της ρωγμής

Στις περισσότερες περιπτώσεις, η θερμοκρασία του αέρα μέσα σε μια ρωγμή διαφέρει από τη θερμοκρασία του αέρα στις πλευρές της. Επιπλέον, μετρήσεις διαρροής αέρα εκτελούνται σε μια συγκεκριμένη θερμοκρασιακή κατάσταση αλλά χρησιμοποιούνται σε διαφορετικές θερμοκρασίες. Η θερμοκρασιακή διαφοροποίηση ωστόσο, έχει μεγάλη επίδραση στη ροή διαρρέοντος αέρα, που οφείλεται στις αλλαγές πυκνότητας και ιξώδους αυτού. Δυστυχώς, όλα τα μοντέλα που μελετούν τη διαρροή αέρα αγνοούν αυτό το φαινόμενο.

Τα δεδομένα που λαμβάνονται από μετρήσεις σε μοντέλα ρωγμών δείχνουν ότι για στροβιλώδη ροή, η μαθηματική περιγραφή του παράγοντα τριβής είναι πανομοιότυπη με την αντίστοιχη της ροής αγωγού σε λείους τοίχους. Έτσι, η ροή ρωγμής μπορεί να αντιμετωπιστεί ως ροή αγωγού (duct) με μια πιο πολύπλοκη κατεύθυνση ροής. Από έρευνα πάνω σε εξισώσεις ροής αέρα σε ρωγμές, έχει γίνει γνωστό πως η ροή εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Η ομάδα COMIS, για να ρυθμίσει τα αποτελέσματα στη συνήθη μορφή, έχει εισάγει παράγοντες διόρθωσης που ισχύουν για τη θερμοκρασιακή επίδραση. Ο παράγοντας διόρθωσης εξαρτάται από τον τύπο της διαρροής και η ομάδα COMIS έχει αναπτύξει τρεις διαφορετικές εξισώσεις για αντίστοιχους παράγοντες διόρθωσης.

Είναι εύκολο να αναπτυχθεί ένα υποσύστημα θερμοκρασίας διαρροής ανάλογα με τη μορφή της ρωγμής. Η ομάδα COMIS ανακάλυψε πως η μορφή της ρωγμής εξαρτάται κυρίως από τη δομή του κτιρίου ή από το είδος του μέρους του κτιρίου και το μέγεθός της από την ανθρώπινη εργασία που έχει γίνει. Έτσι, οι ρωγμές κατατάσσονται σε τρεις κατηγορίες: παράθυρα με διπλό πλαίσιο (τζάμι), παράθυρα με μονό πλαίσιο-πόρτες και τοίχοι.

Τα συστήματα HVAC (Heating, Ventilating and Air Conditioning) αποτελούνται από αγωγούς (ducts), ενώσεις (junctions), ανεμιστήρες, φίλτρα αέρα, συστήματα ψύξης-θέρμανσης, εναλλάκτες θερμότητας, ελεγκτές ροής, κλπ. Αρκετά από τα υποσυστήματα του προγράμματος που αφορούν συστήματα εξαερισμού, έχουν ήδη αναπτυχθεί, επιτρέποντας τον υπολογισμό των συντελεστών της εξίσωσης ροής για αγωγούς, τις απώλειες στατικής πίεσης για ενώσεις σχήματος T (T-junctions), και τον όγκο ροής αέρα ενός ανεμιστήρα όπως και ενός ελεγκτή ροής, ως συνάρτηση της διαφοράς πίεσης. Εφόσον τα συστήματα αγωγών περιγράφονται από ένα δίκτυο στο μοντέλο ροής αέρα, η ένωση αντιμετωπίζεται ως κόμβος πίεσης.

Υπάρχουν κάποια διαθέσιμα δεδομένα στη βιβλιογραφία για τους συντελεστές απώλειας πίεσης στις ενώσεις T. Παραδόξως, οι τιμές αυτών των συντελεστών διέφεραν αρκετά ανάλογα με τις πηγές. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της συγκλίνουσας ροής, ο συντελεστής απώλειας πίεσης στον κύριο αγωγό της ένωσης T μπορεί να είναι διπλάσιος σε μια πηγή, έναντι μιας άλλης.

Η καμπύλη απόδοσης ανεμιστήρα εκφράζεται με βάση περισσότερα των τριών σετ δεδομένων (data sets). Πρόκειται για ζεύγη τιμών, ροή όγκου αέρα με διαφορά πίεσης, από τον πολυωνυμικό τύπο προσέγγισης με μέθοδο ελαχίστων τετραγώνων.

Η καμπύλη απώλειας πίεσης για τον ελεγκτή ροής εκφράζεται από εξισώσεις βασισμένες σε σετ δεδομένων της απώλειας πίεσης και της ροής όγκου αέρα. Η είσοδος είναι η διαφορά πίεσης του ελεγκτή ροής και η έξοδος είναι η ροή όγκου αέρα.

Υπάρχουν και άλλα στοιχεία συνδεδεμένα σε συστήματα HVAC που προκαλούν απώλεια δυναμικής πίεσης, π.χ. φίλτρα αέρα, συστήματα θέρμανσης ή ψύξης, διαφορετικοί τύποι ενώσεων, κλπ. Μοντέλα για τέτοια στοιχεία δεν έχουν ενσωματωθεί ακόμα στον κώδικα και πρέπει να λαμβάνονται υπόψη ορίζοντας έναν παράγοντα απώλειας δυναμικής πίεσης.

4.2.1.3 Επιλυτής

Ένα κτίριο μοντελοποιείται κατά βάση με κόμβους πίεσης (pressure nodes) που συνδέονται με συνδέσμους ροής αέρα. Για κάθε χρονικό στιγμιότυπο, το εξωτερικό του κτιρίου αναπαρίσταται ως μία κατάσταση σταθερού ορίου (fixed boundary condition). Οι πιέσεις των εσωτερικών κόμβων στο δίκτυο ροής αέρα πρέπει να επιλυθούν έτσι ώστε να καθοριστούν οι διαφορετικές τιμές ροής αέρα. Ο υπολογισμός αυτών των τιμών διήθησης και ροής αερισμού απαιτεί την επίλυση ενός μη-γραμμικού συστήματος εξισώσεων. Ο κύριος σκοπός ήταν να βρεθεί μια επαρκής μέθοδος επίλυσης [1], [2].

Το αρχικό σημείο της προσπάθειας είναι η μέθοδος Newton-Raphson, με παράγωγα, εφαρμοζόμενη σε ένα κομβο-στραφές δίκτυο, η οποία στις περισσότερες φορές επιφέρει γρήγορα τη σύγκλιση του συστήματος εξισώσεων. Η μέθοδος έχει διαφοροποιηθεί ώστε να αποφεύγει περιστασιακά προβλήματα σύγκλισης όταν έχει να κάνει με συναρτήσεις ισχύος. Ευτυχώς, η προέλευση των προβλημάτων σύγκλισης έχει κατανοηθεί επαρκώς. Η μέθοδος επίλυσης εφαρμόζεται στις εξισώσεις ισορροπίας ροής και όχι στις εξισώσεις ροής. Αν μία ή περισσότερες από αυτές τις εξισώσεις ισορροπίας έχει ένα εκθετικό κοντά στο 0.5, η μέθοδος Newton-Raphson δεν θα τα καταφέρει απόλυτα, λόγω της φύσης της διαδικασίας, στο να βρει την επόμενη προσέγγιση. Ένα παράδειγμα είναι όταν ένα άνοιγμα διαρροής με εκθετικό ροής 0.5, είναι το κύριο άνοιγμα της ζώνης. Σε αυτήν την περίπτωση, η εξίσωση ισορροπίας ροής θα έχει επίσης ένα εκθετικό της τάξης του 0.5. Μία υποχαλάρωση θα αυξήσει την ταχύτητα σύγκλισης και θα μας δώσει τη λύση. Σε γενικές γραμμές, το θέμα να βρεθεί ένας κατάλληλος συντελεστής χαλάρωσης.

4.2.1.4 Πίεση ανέμου

Ένας ακόμη σημαντικός στόχος του σεμιναρίου COMIS ήταν να βρεθεί μια μέθοδος καθορισμού της κατανομής της πίεσης ανέμου για ένα κτίριο, σύμφωνα με δεδομένα μετρήσεων από τη διαθέσιμη βιβλιογραφία. Αυτό επιτρέπει στους σχεδιαστές κτιρίων να χρησιμοποιήσουν το μοντέλο COMIS ακόμα και αν δεν διατίθενται αποτελέσματα αεροδυναμικής σήραγγας για το υπό κατασκευή κτίριο. Η κατανομή πίεσης γύρω από ένα κτίριο περιγράφεται συνήθως από ένα συντελεστή πίεσης C_p , που είναι καθαρός αριθμός. Πρόκειται για την αναλογία της πίεσης επιφάνειας και της δυναμικής πίεσης στο ανεπηρεάστο σχέδιο ροής, μετρημένη σε ένα ύψος αναφοράς. Από την εμπειρία, είναι γνωστό ότι οι μέσες τιμές C_p των τοίχων, δεν πετυχαίνουν την ακρίβεια που απαιτείται για μοντέλα υπολογισμού ροής αέρα.

Για τον υπολογισμό της κατανομής C_p για κτίρια, το COMIS παρέχει μια μέθοδο βασισμένη σε μια παραμετρική μελέτη καθορισμού τιμών C_p [1]. Οι διαθέσιμες μέθοδοι έχουν ελεγχθεί συγκρίνοντας υπολογισμένα αποτελέσματα με ευρήματα από πειράματα σε αεροδυναμικές σήραγγες, διαθέσιμα στη βιβλιογραφία. Εφόσον τα αποτελέσματα δεν ταίριαζαν καλά με τα δεδομένα, διεξήχθη μια παραμετρική ανάλυση αποτελεσμάτων πειραμάτων σε αεροδυναμικές σήραγγες, στοχεύοντας στην ανάπτυξη ενός υπολογιστικού μοντέλου δεδομένων C_p .

Η εργασία πάνω στον υπολογισμό τιμών C_p συνεχίστηκε αργότερα στο πρόγραμμα AIOLOS της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και απέφερε το πρόγραμμα CPCALC+ [3].

4.2.1.5 Αποτελέσματα του σεμιναρίου COMIS

Τα κυριότερα αποτελέσματα του σεμιναρίου COMIS είναι:

- το πρόγραμμα προσομοίωσης COMVEN
- η διεπαφή χρήστη COMIN
- ο επεξεργαστής εξόδου COMOUT
- ο οδηγός χρήστη (user guide)
- οι θεμελιώδεις αρχές του COMIS [4]
- ειδικό τεύχος του επιστημονικού περιοδικού Ενέργεια και Κτίρια [1]

4.2.2 Εξελίσσοντας το COMIS

4.2.2.1 IEA Annex 23

Η εργασία πάνω στο πρόγραμμα COMIS δε σταμάτησε τον Οκτώβριο του 1989. Προέκυψε ένα πρόγραμμα ΗΥ που όμως είναι πάντα βελτιώσιμο. Η διαδικασία αξιολόγησης είναι ένα τεράστιο έργο και δεν ολοκληρώθηκε κατά τη διάρκεια του σεμιναρίου. Επίσης, νέα τεχνογνωσία (π.χ. από την IEA, Παράρτημα 20) ήταν διαθέσιμη μετά από την ολοκλήρωση του σεμιναρίου COMIS. Όλη αυτή η τεχνογνωσία έπρεπε να ενσωματωθεί στο πρόγραμμα COMIS.

Μία συζήτηση «Στρογγυλής Τραπέζης» ανάμεσα στους συμμετέχοντες του σεμιναρίου και της ομάδας αναθεώρησης του COMIS, σχετικά με μελλοντικές δυνατότητες, ανέδειξε την πεποίθηση πως το COMIS (ή ο διάδοχός του) οφείλει να λειτουργήσει ως ένας διεθνής οργανισμός με συμμετέχοντες δεσμευόμενους σε ένα συγκεκριμένο φόρτο εργασίας.

Η ομάδα COMIS πρότεινε να ξεκινήσει μια ομάδα εργασίας υπό την αιγίδα του προγράμματος Εξοικονόμησης Ενέργειας σε Κτίρια και Κοινοτικά Συστήματα της IEA. Η ομάδα εργασίας υπό την ονομασία *Πολυζωνική Μοντελοποίηση Ροής Αέρα* υιοθετήθηκε επίσημα τον Ιούνιο του 1990, ως Παράρτημα 23. Το παράρτημα αυτό υποστηριζόταν μεταξύ 1990 και 1996 από εννιά συμμετέχοντα κράτη: Βέλγιο, Καναδά, Γαλλία, Ελλάδα, Ιταλία, Ιαπωνία, Ελβετία, Ολλανδία και ΗΠΑ. Ο σκοπός αυτού του παραρτήματος ήταν να μελετήσει φυσικά φαινόμενα προκαλώντας ροή αέρα και μεταφορά ρυπαντών (π.χ. υγρασία) σε πολυζωνικά κτίρια και να αναπτύξει υποσυστήματα που θα ενσωματώνονταν σε ένα πολυζωνικό σύστημα μοντελοποίησης ροής αέρα. Ιδιαίτερη έμφαση είχε δοθεί στη σύγκριση μεταξύ αποτελεσμάτων του μοντέλου και επιτόπιων μετρήσεων.

Για να επιτύχει αυτούς τους σκοπούς, το Παράρτημα υποδιαιρέθηκε σε τρία υπο-έργα:

- Ανάπτυξη Συστημάτων (υπο-έργο 1)
- Συλλογή Δεδομένων (υπο-έργο 2)
- Αξιολόγηση Συστημάτων (υπο-έργο 3)

Τα αποτελέσματα αυτών των υπο-έργων αποδίδονται σε ερευνητές και εμπειρογνώμονες και συμβάλλουν στην προώθηση ενός ενεργειακά αποδοτικού σχεδιασμού. Οι συμμετέχοντες του Παραρτήματος ανέλαβαν ένα έργο με υπο-έργα, που περιλαμβάνει ανάπτυξη μοντέλου, συλλογή δεδομένων και αναλυτικές μελέτες.

Μία στενή συνεργασία σχεδιάστηκε, κυρίως αναφορικά με υψηλού επιπέδου αναφορές, συλλογή δεδομένων, συντονισμό εργασίας, π.χ. καθορισμός υποθέσεων με σκοπό την εκτίμηση με άλλα σχετικά προγράμματα. Το Κέντρο Διήθησης Αέρα και Αερισμού έδρασε ως μέσο στη διάδοση των αποτελεσμάτων του συγκεκριμένου Παραρτήματος. Μια βάση δεδομένων με σκοπό την εκτίμηση ετοιμάστηκε από την AIVC και το Κέντρο συνέλλεξε δεδομένα πίεσης ανέμου και δεδομένα διαρροών. Αλγόριθμοι που αναπτύχθηκαν από το Παράρτημα 20 ενσωματώθηκαν στο σύστημα μοντελοποίησης. Δεδομένα που προέκυψαν για εκτίμηση από αυτό το Παράρτημα χρησιμοποιήθηκαν για το υπο-έργο 3. Η χρονική επικάλυψη με το Παράρτημα 20 εγγυήθηκε μια ικανοποιητική μετάδοση γνώσης.

Τα κυριότερα αποτελέσματα του Παραρτήματος 23 της IEA, είναι:

- COMIS 3.0 με γραφική διεπαφή χρήστη (gui)
- διεπαφή χρήστη COMERL
- οδηγοί χρήστη για το COMIS, το IISiBat/COMIS και το COMERL
- αναφορά Παραρτήματος 23 «Αξιολόγηση του COMIS» [5]

- αναφορά Παραρτήματος 23 «Αξιολόγηση του COMIS» [6]
- ειδικό τεύχος του επιστημονικού περιοδικού Ενέργεια και Κτίρια [7]
- οδηγός προγραμματιστή COMIS [8]
- προγράμματα που τρέχουν στο COMIS [9]

4.2.2.2 Εκδόσεις COMIS 3.1 και 3.2

Το 1999, το Ελβετικό Ομοσπονδιακό Εργαστήριο Δοκιμών και Έρευνας Υλικών (Eidgenössische Materialprüfungs und Forschungsanstalt - EMPA) ανέλαβε επίσημως τη διατήρηση (maintenance) του πηγαίου κώδικα του COMIS από το LBNL. Το τελευταίο θα συνεχίσει να συνεισφέρει στην περαιτέρω ανάπτυξη του COMIS, αλλά δεν ασχολείται ευθέως πλέον με τη διατήρησή του. Το γαλλικό CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) παραμένει υπεύθυνο για τη διεπαφή χρήστη IISiBat. Προς το τέλος του Παραρτήματος 23, υπήρξαν επιπλέον συνεισφορές στον κώδικα COMIS, στο πλαίσιο του Παραρτήματος 27 της IEA «Αξιολόγηση και Επίδειξη Οικιακών Συστημάτων Εξαερισμού». Αρκετά πολύτιμα χαρακτηριστικά ενσωματώθηκαν στον κώδικα. Ωστόσο, υπήρχαν μέρη που δεν λειτουργούσαν σωστά και η συνοχή μεταξύ κώδικα και οδηγού χρήσης COMIS μειώθηκε αισθητά. Μαζί με μια σειρά σφαλμάτων και ανεπαρκειών του κώδικα, υπήρχε και μια ανάγκη για περαιτέρω βελτίωση του προϊόντος COMIS. Για αυτό το λόγο, η EMPA πήρε την πρωτοβουλία να αναβαθμίσει το COMIS. Με το COMIS 3.1, πολλά σφάλματα διορθώθηκαν, οι μορφές εισόδου είναι σταθερές και κάπως εξορθολογισμένες όπου χρειάζεται. Ο οδηγός χρήστη ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις και στις λειτουργίες του προγράμματος. Η τελευταία έκδοση είναι η 3.2, στην οποία έχει γίνει περαιτέρω βελτίωση και αποσφαλμάτωση. Στις αναβαθμίσεις αυτές, σημαντικό ρόλο έπαιξαν οι κάτωθι:

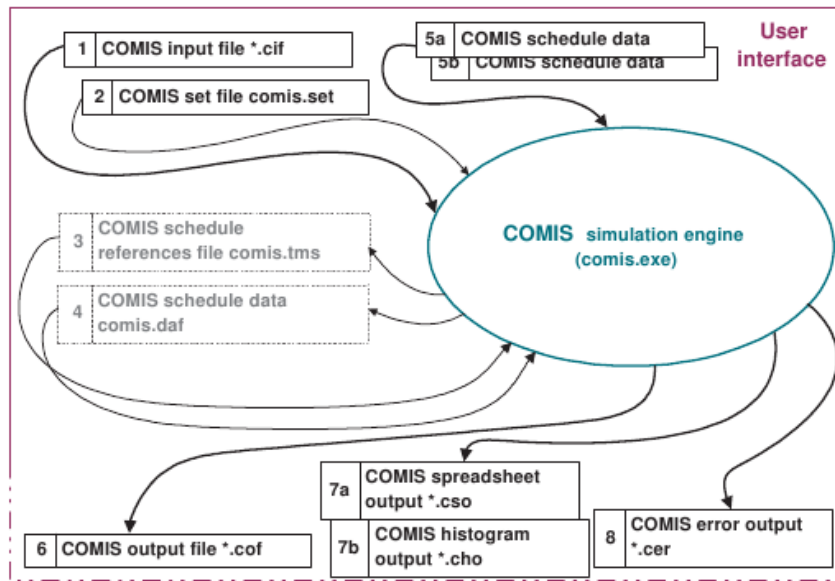
- * Peter G. Schild (NBI, Νορβηγία)
- * Brian Smith και Dave Lorenzetti (LBNL, ΗΠΑ)
- * Hans C. Phaff (TNO, Ολλανδία)
- * Werner Keilholz (CSTB, Γαλλία)

4.3 Περιγραφή του ομώνυμου προγραμματιστικού-σχεδιαστικού εργαλείου

4.3.1 Εισαγωγή

4.3.1.1 Δομή αρχείων

Η δομή λειτουργίας του COMIS φαίνεται στο παρακάτω σχήμα:



Σχήμα 4.1: Δομή λειτουργίας COMIS

Το COMIS χρησιμοποιεί τα αρχεία που αναφέρονται στο παραπάνω σχεδιάγραμμα για είσοδο, έξοδο και προσωρινή αποθήκευση.

File name end extension	I/O	Defined	Description
<name1.cif>	in	cls	Input file with simulation model description
comis.set	in	–	Set-file for expert options
<name5a.cmf>	in	cif	Meteorology schedule data
<name5b.csm>	in	cif	Multi schedule data
<name5c.csf>	in	cif	Other schedule and data files
comis.daf, comis.tms	tmp	–	Internal COMIS temporary time management files
<name6.cof>	out	cls	Standard output file
<name7>–xy_COS	out	cls	Spreadsheet output files
<name7>–xy_COH	out	cls	Histogram output files
comis.cer	out	–	Listing of error messages

4.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΟΜΩΝΥΜΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟΥ-ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ

Τα μόνα αρχεία που είναι απαραίτητα για να τρέξει το COMIS είναι το εκτελέσιμο και ένα αρχείο εισόδου.

4.3.1.2 Διεπαφές χρήστη

Η τελευταία έκδοση του περιβάλλοντος προσομοίωσης, με το όνομα COMIS 3.2 Simulation Studio, περιλαμβάνει μια εξ' ολοκλήρου νέα γραφική διεπαφή χρήστη, βασισμένη στην τεχνολογία προσομοίωσης του CSTB. Αυτή η διεπαφή χρήστη διατίθεται επίσης και με το δημοφιλές πρόγραμμα προσομοίωσης TRNSYS. Η νέα γραφική διεπαφή χρήστη επιτρέπει τη γρήγορη σχεδίαση προγραμμάτων προσομοίωσης με βάση μια απλοποιημένη βήμα προς βήμα διαδραστικότητα. Με το που δημιουργείται αυτόματα ένα νέο πρόγραμμα προσομοίωσης, ο χρήστης μπορεί να το τρέξει αμέσως, αλλά και να το αλλάξει ή να το επεκτείνει.

Μία εναλλακτική διεπαφή χρήστη σε μορφή λογιστικού φύλλου (spreadsheet) έχει αναπτυχθεί από τον Peter Schild του Νορβηγικού Ινστιτούτου Κτιριακής Έρευνας. Διαθέτει τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

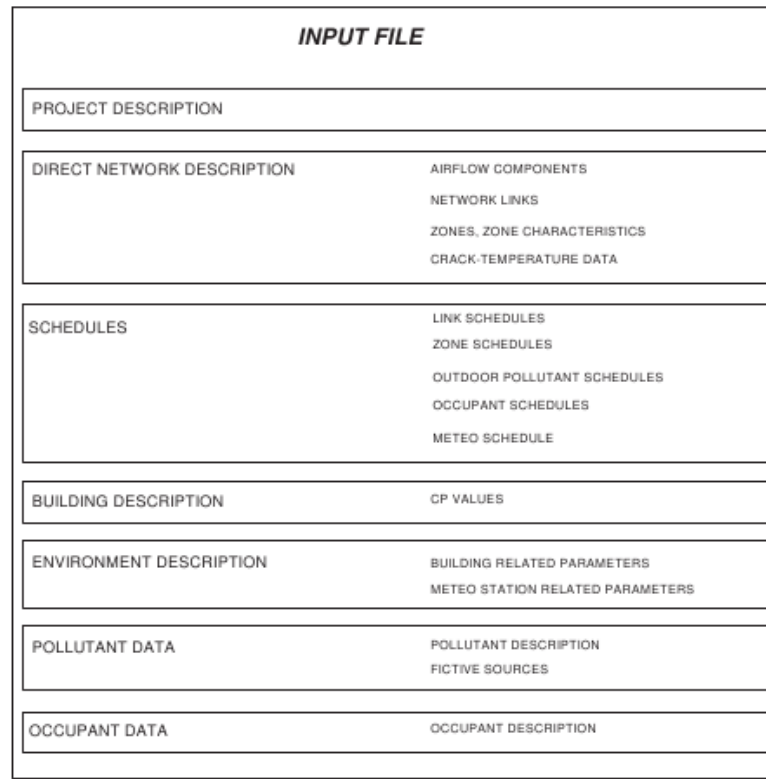
- Λογιστικό φύλλο για εισαγωγή δεδομένων στο COMIS 3.x (παράγει ένα αρχείο εισόδου .cif σε μορφή ASCII)
- Απλό, ευέλικτο και στιβαρό περιβάλλον. Οι μεταβλητές εισόδου μπορούν να υπολογιστούν επί τόπου και να συνδεθούν με άλλα κελιά στο λογιστικό φύλλο.
- Κείμενο φυσαλίδας (bubble text) χρησιμοποιείται για επεξήγηση, με λεπτομερή περιγραφή για τις περισσότερες μεταβλητές.
- Μπορεί αυτόματα να τρέξει τον επιλυτή του COMIS μέσα από το πρόγραμμα διαχείρισης λογιστικών φύλλων. Μπορεί να τρέξει αυτόματα πολλαπλές εφαρμογές, είτε για παραμετρική ανάλυση, είτε για υπολογισμό Monte Carlo.
- Οι σωστές μονάδες φαίνονται αυτόματα για κάθε μεταβλητή εισόδου.
- Μία μακροεντολή αποσφαλμάτωσης παράγει μία συνολική λίστα συνδέσμων.
- Σαφής και απλή εκτύπωση του αρχείου εισόδου.

4.3.2 Βασικές έννοιες

4.3.2.1 Δομή δεδομένων εισόδου

Τα δεδομένα εισόδου στο αρχείο .cif κατατάσσονται σε δύο κατηγορίες:

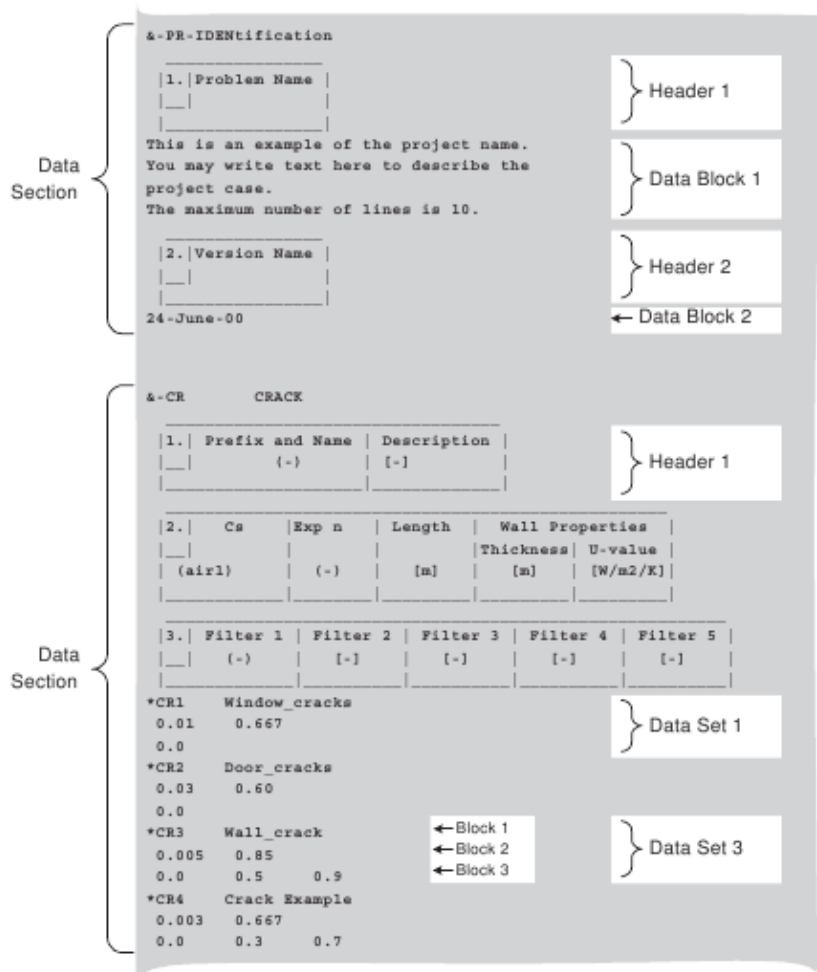
Ομάδες δεδομένων (Data groups) Αυτές είναι οι: Σχέδιο, Δίκτυο, Χρονοδιαγράμματα, Τιμές-Cp, Περιβάλλον, Ρυπαντές και Χρήστες, όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Οι ομάδες χρησιμοποιούνται για τη βελτίωση της επίβλεψης του χρήστη πάνω στα απαραίτητα δεδομένα, αλλά η ομαδοποίηση των δεδομένων δεν πρέπει να αντανakλάται στη δομή του αρχείου εισόδου.



Σχήμα 4.2: Ομάδες δεδομένων (Data groups)

Τμήματα δεδομένων (Data sections) Η περιγραφή του προγράμματος προσομοίωσης στο αρχείο εισόδου χωρίζεται σε τμήματα δεδομένων. Η αρχή του κάθε τμήματος προσδιορίζεται από μία συγκεκριμένη ετικέτα. Οι ετικέτες αυτές ξεκινούν με το σύμβολο & (π.χ. &-PR-IDENTification, &-CR). Η δομή τους φαίνεται στο παρακάτω σχήμα.

4.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΟΜΩΝΥΜΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟΥ-ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ



Σχήμα 4.3: Τμήματα δεδομένων (Data sections)

Για μια προσομοίωση, πρέπει να καθοριστούν τουλάχιστον ένα στοιχείο ροής αέρα, μία ζώνη (δωμάτιο) και ένας κόμβος. Τα τμήματα δεδομένων που δεν είναι απαραίτητα για την πραγματική προσομοίωση ή που αποτελούνται αποκλειστικά από προαιρετικές παραμέτρους, μπορούν να αγνοηθούν. Αν απαιτείται, εσωτερικές προεπιλεγμένες τιμές χρησιμοποιούνται για να συμπληρώσουν την είσοδο (π.χ. παράμετροι ελέγχου, περιβαλλοντικές συνθήκες, τύπος εξόδου).

Μπλοκ δεδομένων (Data blocks) Ένα τμήμα δεδομένων αποτελείται από ένα ή περισσότερα μπλοκ δεδομένων. Ένα μπλοκ δεδομένων αποτελείται από μια προαιρετική επικεφαλίδα και μπορεί να έχει αρκετές γραμμές δεδομένων. Η επικεφαλίδα συνήθως περιέχει πληροφορίες σχετικά με τα δεδομένα που χρειάζονται για το μπλοκ δεδομένων: ονόματα παραμέτρων, μονάδες, ίσως και περαιτέρω περι-

γραφή. Έτσι, το περιεχόμενο του αρχείου εισόδου είναι αυτο-επεξηγηματικό.

Σετ δεδομένων (Data sets) Σε πολλά τμήματα δεδομένων, μπορούν να οριστούν παραπάνω από ένα στοιχεία. Έπειτα, μπλοκ δεδομένων που ανήκουν σε ένα στοιχείο, μπορούν να ομαδοποιηθούν μαζί. Τα σετ δεδομένων είναι ένα σύνολο από μπλοκ δεδομένων που ορίζουν ένα στοιχείο (φυσικό ή λογικό) στο μοντέλο προσομοίωσης. Το πρώτο αντικείμενο στο πρώτο μπλοκ ενός σετ, είναι ένα συγκεκριμένο *<name>, <name>, *<no> ή <no> με το οποίο το σετ μπορεί να προσδιοριστεί.

4.3.2.2 Έννοιες μοντελοποίησης

Το COMIS στηρίζεται σε ένα μοντέλο κόμβων που αναπαριστούν το κτίριο. Θεωρείται πως κάθε ζώνη είναι ομοιογενής και μπορεί να αναπαρασταθεί από έναν κόμβο με τιμές θερμοκρασίας, πίεσης και πιθανώς συγκέντρωσης για κάθε ένα από τους ρυπαντές. Οι κόμβοι συνδέονται μεταξύ τους με μη-γραμμικές αγωγιμότητες που μοντελοποιούν τις διόδους του αέρα (ρωγμές, ανοίγματα, αγωγούς, κλπ.). Οι συντελεστές πίεσης, που σχετίζουν την πίεση του ανέμου στο κτίριο με την ταχύτητα του ανέμου, μπορούν να αποδοθούν στους εξωτερικούς κόμβους. Όχι μόνο τα αποτελέσματα του ανέμου, αλλά και τα αποτελέσματα που προκαλούνται από διαφορά θερμοκρασίας και διαφορά σύστασης αέρα λαμβάνονται υπ' όψιν, καθώς επίσης και οι ανεμιστήρες. Χρησιμοποιώντας διατήρηση μάζας αέρα, ένα σύστημα μη-γραμμικών εξισώσεων αναπτύσσεται και επιλύεται.

Συμβάσεις σχετικά με κατεύθυνσεις ροής και ύψη

Μεταξύ δύο ζωνών ορίζεται ένας σύνδεσμος. Οι ροές έχουν θετικό πρόσημο στην κατεύθυνση ζώνη From προς ζώνη To. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η επιλογή ζώνης From και ζώνης To, είναι αυθαίρετη. Εξαιρέση αποτελούν οι ενώσεις-T, τα ενεργά στοιχεία (π.χ. ανεμιστήρες) και οι ελεγκτές ροής. Όσον αφορά τα παθητικά στοιχεία, που συνιστούν μια απλή αντίσταση στη ροή του αέρα, η πίεση ελαττώνεται κατά τη φορά της ροής. Για τέτοια στοιχεία, η διαφορά πίεσης στο COMIS ορίζεται ως εξής:

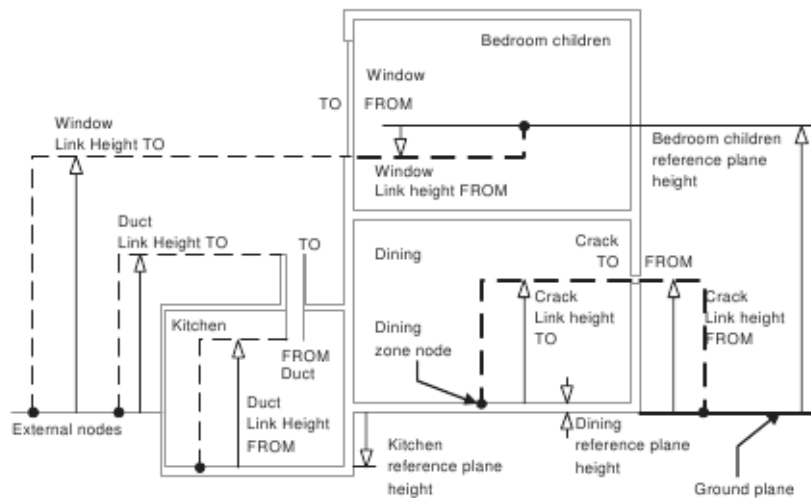
$$\Delta p = p_{From} - p_{To}$$

Τα ενεργά στοιχεία, όπως οι ανεμιστήρες, διώχνουν τη ροή εναντίον της διαφοράς πίεσης. Για να έχουμε θετικές τιμές πίεσης, το COMIS χρησιμοποιεί:

$$\Delta p = p_{To} - p_{From}$$

Είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την κάθετη θέση των ζωνών και των συνδέσμων. Για κάθε ζώνη πρέπει να ορίζεται ένα πλάνο αναφοράς, το οποίο χαρακτηρίζεται από το ύψος ως προς το έδαφος. Οι εσωτερικοί κόμβοι ανήκουν στο πλάνο αναφοράς της ζώνης, ενώ οι εξωτερικοί στο επίπεδο του εδάφους. Οι σύνδεσμοι τοποθετούνται σε κάποιο συγκεκριμένο ύψος. Η θέση τους μετράται σχετικά με το πλάνο αναφοράς της ζώνης. Αν τα πλάνα αναφοράς των ζωνών From και To ενός συνδέσμου διαφέρουν, τότε το ύψος From και το ύψος To αυτού του συνδέσμου θα διαφέρουν επίσης. Οι συμβάσεις περί των υψών φαίνονται στο ακόλουθο σχήμα.

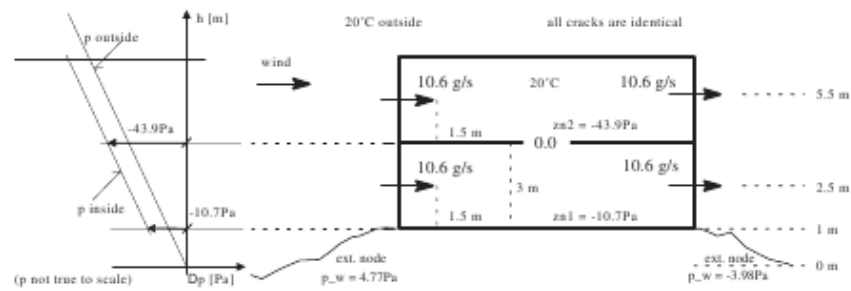
4.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΟΜΩΝΥΜΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟΥ-ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ



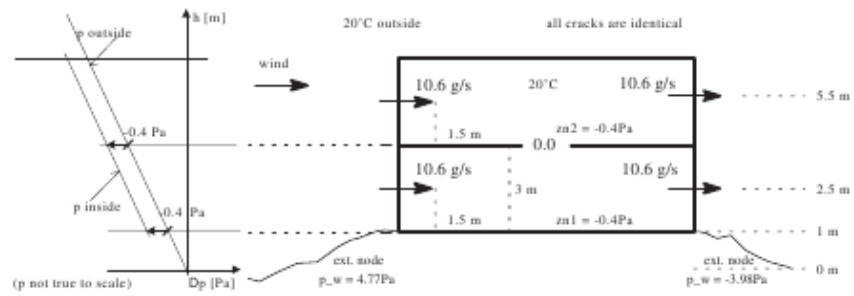
Σχήμα 4.4: Ορισμός-συμβάσεις των υψών

Αναφορά πίεσης

Το COMIS κανονικά χρησιμοποιεί πιέσεις αναφορικά με την πίεση εξωτερικού περιβάλλοντος (χωρίς άνεμο) στο επίπεδο αναφοράς του κτιρίου. Αυτό σημαίνει πως η πίεση ελαττώνεται κατά 12 Pascal (Pa) περίπου ανά μέτρο ύψους καθώς κάθε κυβικό μέτρο αέρα ζυγίζει περίπου 12 Newton (N) που έχει ως αποτέλεσμα 12 Pa/m διαφορά πίεσης. Ας υποθέσουμε πως έχουμε δύο δωμάτια, το ένα πάνω από το άλλο (σχήμα 4.5). Αν δεν υπάρχει ροή ανάμεσα στις ρωγμές της οροφής, τότε η πίεση στο πάνω δωμάτιο είναι 36 Pa περίπου μικρότερη από το κάτω. Στο παράδειγμά μας όμως, λόγω του υψομέτρου όπου βρίσκεται στο κτίριο (588 μέτρα), η διαφορά πίεσης είναι 33 Pa. Και οι δύο πιέσεις, -10.7 και -43.9 Pa, ορίζονται στο επίπεδο του πατώματος και το πλάνο εδάφους είναι 1 μέτρο κάτω από το πάτωμα της ζώνης 1 (κάτω όροφος). Κοιτώντας τις πιέσεις στην εικόνα 4.5, θα μπορούσε κανείς να σκεφτεί ότι υπάρχει ροή ανάμεσα στις ζώνες 1 και 2. Ωστόσο, η ροή αυτή είναι μηδέν. Σε ύψος 3 μέτρα της ζώνης 1, η πίεση ισούται με την πίεση σε ύψος 0 μέτρων της ζώνης 2. Αν όμως δεν υπάρχει ροή ανάμεσα στα δύο δωμάτια, γιατί να μην θεωρηθεί ως ένας ενιαίος χώρος; Για να γίνει αυτό, πρέπει να χρησιμοποιηθεί ως αναφορά πίεσης η εξωτερική πίεση χωρίς άνεμο, στο ύψος του ύψους αναφοράς ζώνης (σχήμα 4.6). Αν όμως τα δωμάτια έχουν θερμοκρασιακή διαφορά με το περιβάλλον τότε μπορεί να παρατηρηθεί μια μικρή διαφορά πίεσης ανάμεσα στα δύο δωμάτια που αρχικά φαίνεται να μη συμφωνεί με τη φορά ροής (σχήμα 4.7).



Σχήμα 4.5: Δύο ζώνες με φυσιολογικές πιέσεις



Σχήμα 4.6: Ομοίως με το σχήμα 4.5, αλλά με εξωτερικές πιέσεις στο ύψος αναφοράς ζώνης

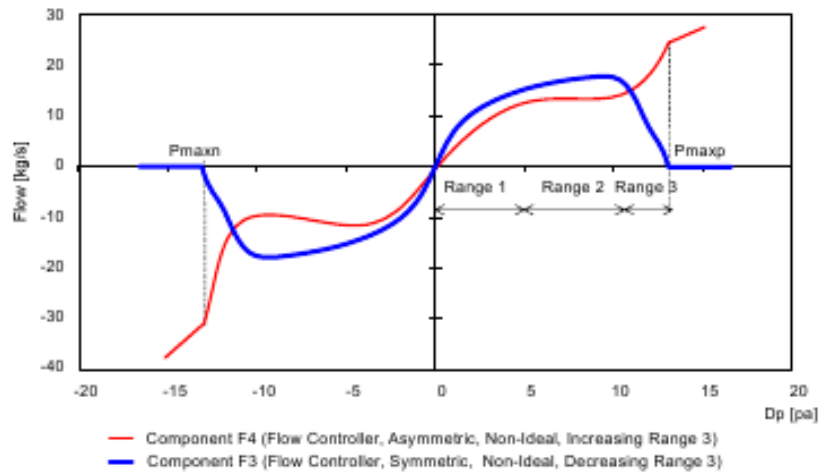
Η πολυωνυμική προσέγγιση εφαρμόζεται μεταξύ των μέγιστων πιέσεων $p_{max,n}$ και $p_{max,p}$. Η πρώτη είναι η μέγιστη πίεση για αρνητικές τιμές διαφοράς πίεσης και η δεύτερη η αντίστοιχη για θετικές. Καθώς η προσέγγιση αυτή μπορεί να ταλαντωθεί σε υψηλότερες πιέσεις, πράγμα που θα οδηγούσε σε δυσκολία επίλυσης, χρησιμοποιείται μια γραμμική προσέγγιση πέρα από $p < p_{max,n}$ και $p > p_{max,p}$.

Αν η ροή στη βαθμίδα 3 αυξάνεται, οι συντελεστές είναι:

$$\frac{\delta q}{\delta p} = q(p_{max})/p_{max} \text{ και } q(0) = 0$$

Στο σχήμα 4.8, ο ασύμμετρος (asymmetric) ελεγκτής F4 δείχνει αυτήν τη συμπεριφορά.

Αν η ροή στη βαθμίδα 3 μειώνεται, το πρόγραμμα θα ψάξει για μια ρίζα κοντά στο $p_{max,n}$ ή και στο $p_{max,p}$ στην καμπύλη της βαθμίδας 3. Στο σχήμα 4.8, ο συμμετρικός (symmetric) ελεγκτής F3 δείχνει αυτήν τη συμπεριφορά. Πρέπει να είναι σίγουρο πως τα $p_{max,n}$ και $p_{max,p}$ είναι μια σχετική εκτίμηση της ρίζας. Πέρα από αυτήν τη ρίζα, η ροή θα παραμείνει μηδέν.



Σχήμα 4.8: Χαρακτηριστικά ελεγκτών ροής

Ρυπαντές

Έως και πέντε ρυπαντές μπορούν να προσομοιωθούν στο COMIS.

Μονάδες μέτρησης Για κάθε ρυπαντή, μπορούν να οριστούν ξεχωριστές μονάδες για τη μέτρηση της συγκέντρωσης καθώς και των ρυθμών εισροής και εκροής της (source strength και sink strength αντίστοιχα).

4.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΟΜΩΝΥΜΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟΥ-ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ

&-NET-ZP zone-pollutants

Zone	Pollutant			
*ID	Initial	Source	Sink	Decay
(-)	Concentration			
(-)	(conc?)	[sour?]	[sink?]	[1/s]
*z01	350.00			
	1.00			

Σχήμα 4.9: Παράδειγμα ρυπαντή όπως φαίνεται στο COMIS Input File (.cif)

Στο παραπάνω παράδειγμα, ορίζονται αρχικές τιμές συγκεντρώσεων στη ζώνη z01. Αν ο πρώτος ρυπαντής είναι το διοξείδιο του άνθρακα και η συγκέντρωσή του μετράται σε ppm (parts per million), και ο δεύτερος ρυπαντής είναι η υγρασία και η συγκέντρωσή της μετράται σε g/kg (γραμμάρια νερού προς χιλιόγραμμα ξηρού αέρα), τότε και οι τιμές που θα δοθούν σαν είσοδος θα πρέπει να τηρούν αυτές τις συνθήκες.

Ορισμός των συγκεντρώσεων Στο COMIS, η συγκέντρωση ενός ρυπαντή ορίζεται ως εξής:

$$c = \frac{\text{μάζα ρυπαντή σε όγκο } V}{\text{μάζα καθαρού, ξηρού αέρα σε όγκο } V}$$

ή

$$c = \frac{\text{όγκος ρυπαντή σε όγκο } V}{\text{μάζα καθαρού, ξηρού αέρα σε όγκο } V}$$

Ο ορισμός αυτός διαφέρει από το συνήθη ορισμό της συγκέντρωσης ρυπαντή (μάζα ρυπαντή σε σχέση με μάζα μολυσμένου, ξηρού αέρα). Μοιάζει με το συνήθη ορισμό υγρασίας (μάζα υδρατμού σε σχέση με μάζα ξηρού αέρα). Ωστόσο, αν οι συγκεντρώσεις των ρυπαντών είναι χαμηλές, η διαφορά μεταξύ του συνήθους ορισμού και αυτού που παρατίθεται εδώ, είναι μικρή.

Συστατικά του αέρα ως ρυπαντές - Η υγρασία ως ρυπαντής Η πυκνότητα αέρα στο COMIS, υπολογίζεται ως εξής:

$$\rho = \frac{\text{μάζα αέρα} + \text{μάζα υδρατμού} + \text{μάζα ρυπαντών σε όγκο } V}{\text{συνολικός όγκος } V}$$

Δημιουργείται πρόβλημα όμως, όταν μια ουσία που είναι συστατικό του αέρα λογίζεται ως ρυπαντής. Σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό, η ουσία αυτή θα ληφθεί υπ' όψη δύο φορές κατά τον υπολογισμό της πυκνότητας του αέρα. Για την υγρασία, ένας σωστός υπολογισμός μπορεί να επετευχθεί ως εξής:

- Θέτουμε την υγρασία μηδέν όταν οι υδρατμοί λογίζονται ως ρυπαντής.
- Εναλλακτικά, θέτουμε τη συγκέντρωση ρυπαντή των υδρατμών μηδέν, όταν χρησιμοποιούμε την έννοια της υγρασίας στο COMIS.

Όσον αφορά το διοξείδιο του άνθρακα, δεν μπορεί να αποφεχθεί ο «διπλός» υπολογισμός που περιγράψαμε παραπάνω. Οι φυσιολογικές συγκεντρώσεις της ουσίας αυτής στον ατμοσφαιρικό αέρα, είναι περίπου 0.05% κατά μάζα, οπότε το λάθος είναι απειροελάχιστο.

Το σχήμα 4.10 μας δείχνει τις σχέσεις ανάμεσα στις κωδικές ονομασίες στο μοντέλο μεταφοράς ρυπαντών. Τα βέλη κατευθύνονται από τον κωδικό ορισμού στον κωδικό αναφοράς. Οι ετικέτες δείχνουν πώς αναφέρεται ένα στοιχείο. Ακολουθεί η λίστα των κωδικών:

&-PR-UNITs (λείπει από το σχήμα)

Μονάδες για τη συγκέντρωση, την εισροή και την εκροή των ρυπαντών μπορούν να επιλεγούν εδώ.

&-NET-ZON ζώνες

Χρονοδιαγράμματα για εισροή-εκροή ρυπαντών.

&-NET-ZL στρώματα ζώνης

Βαθμίδες συγκεντρώσεων μέσα στην ίδια ζώνη.

&-NET-ZP ρυπαντές ζώνης

Αρχικές συγκεντρώσεις, ρυθμοί εισροής, εκροής και απορρόφησης.

&-SCH-SOU, &-SCH-SIN χρονοδιαγράμματα εισροής και εκροής αντίστοιχα

Χρονοδιαγράμματα με αριθμητικούς παράγοντες σε μορφή ποσοστού που επηρεάζουν τις τιμές του πεδίου &-NET-ZP.

&-SCH-POL χρονοδιαγράμματα εξωτερικής ρύπανσης

Οι εξωτερικές τιμές ρύπανσης, χρονομεταβαλλόμενες.

&-POL-DES περιγραφή ρυπαντών

Καθορισμός και χαρακτηριστικά των ρυπαντών.

&-POL-FIC πλασματικές πηγές εισροής ρύπανσης

Πλασματικές πηγές εισροής ρύπανσης καθορίζονται εδώ.

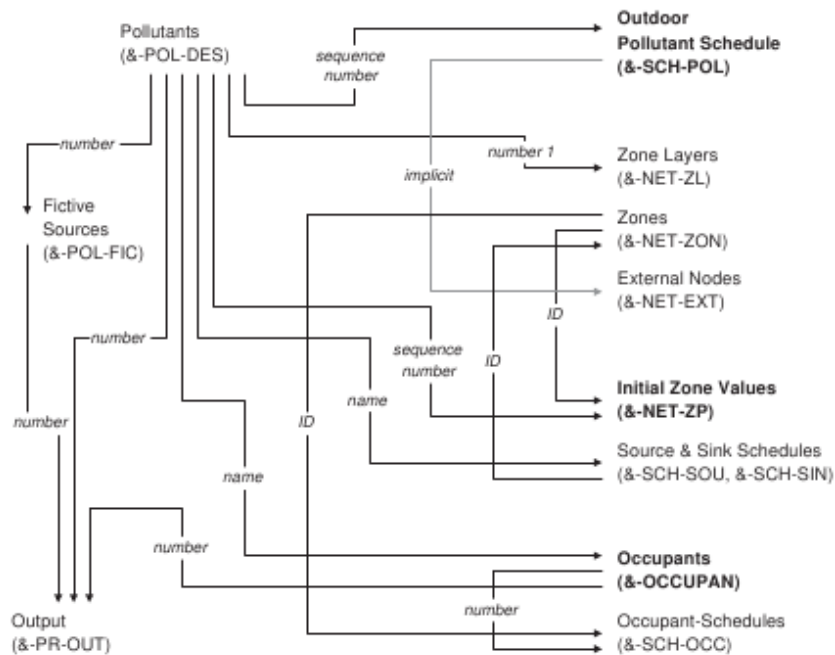
&-SCH-OCC χρονοδιαγράμματα χρηστών

Παρουσία χρηστών ανά ζώνη. Πλήθος και κατηγορία δραστηριότητας. Χρονοδιαγράμματα παρουσίας και δραστηριότητάς τους.

&-OCCUPAN περιγραφή χρηστών

Τύπος χρήστη και συμβολή του ως πηγή ρύπανσης.

4.3. ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΟΜΩΝΥΜΟΥ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΤΙΚΟΥ-ΣΧΕΔΙΑΣΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ



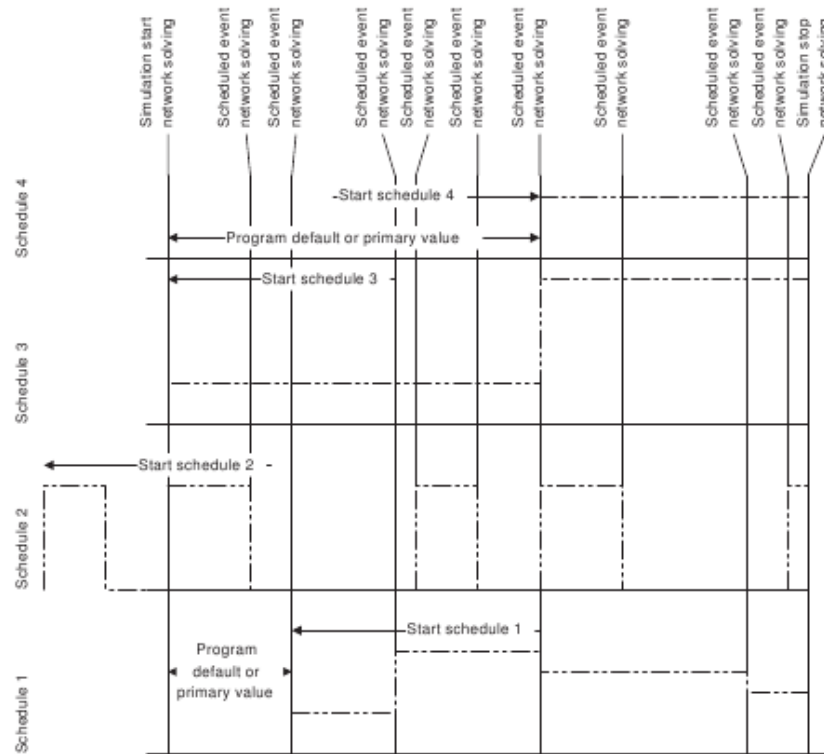
Σχήμα 4.10: Κωδικοί με ορισμούς και αναφορές στο μοντέλο μεταφοράς ρυπαντών. Τα βέλη κατευθύνονται από τον κωδικό ορισμού στον κωδικό αναφοράς. Οι ετικέτες δείχνουν πώς αναφέρεται ένα στοιχείο. ID: αναγνωριστικό, name: όνομα περιγραφής, number: αριθμός προσδιορισμού, number 1: στρώματα ζώνης μόνο για τον πρώτο ρυπαντή, sequence number: ίδια ακολουθία όπως στον ορισμό, implicit: αυτόματα χωρίς καθορισμένη αναφορά

Χρονοδιαγράμματα

Τα χρονοδιαγράμματα ξεκινούν πάντα με ένα γράμμα που να προσδιορίζει το στοιχείο που αφορούν, π.χ. ένα διάγραμμα λειτουργίας που ρυθμίζει το πότε και πόσο ανοίγει ένα παράθυρο, αρχίζει με W (εκ της αγγλικής λέξης window). Τα χρονοδιαγράμματα δίνουν μία τιμή, η οποία παραμένει σταθερή μέχρι κάποιο νέο συμβάν να θέσει μια νέα τιμή. Αν το χρονοδιάγραμμα δεν έχει κανένα συμβάν στην έναρξη της προσομοίωσης, το COMIS θα χρησιμοποιήσει την τιμή του τελευταίου συμβάντος, πριν το χρόνο έναρξης. Αν το χρονοδιάγραμμα ξεκινά με ένα συμβάν μετά το χρόνο έναρξης, οι τιμές του παίρνουν τις προκαθορισμένες τιμές.

Όλα τα μεγέθη δικτύου, ειδικά οι ροές και οι πιέσεις, διατηρούν τις τιμές που έχουν υπολογιστεί από την επίλυσή του, σε κάποια χρονική στιγμή κατά τη διάρκεια του επόμενου χρονικού μεσοδιαστήματος. Η μόνη εξαίρεση είναι οι συγκεκριμένες ρυπαντών για τις οποίες το χρονικό μεσοδιάστημα υποδιαιρείται σύμφωνα με τη χρονική σταθερά του δικτύου. Με απλά λόγια, ο υπολογισμός ροής αέρα είναι προσομοίωση σταθερής κατάστασης (steady state simulation), ενώ ο υπολογισμός συγκέντρωσης ρυπαντή γίνεται με δυναμικό μοντέλο.

Τα συμβάντα σε ένα χρονοδιάγραμμα προκαλούν τον επόμενο υπολογισμό στην επίλυση του δικτύου. Ο αριθμός των χρονικών βημάτων (time steps) σε μία προσο-
μοίωση του COMIS, καθορίζεται από τον αριθμό των συμβάντων με μοναδικά ση-
μεία στο χρόνο. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι συγκεντρώσεις ρυπαντών μπο-
ρούν να αλλάξουν κατά τη διάρκεια ενός μεσοδιαστήματος.



Σχήμα 4.11: Χρονοδιαγράμματα

4.4 Αναφορές

- 1 Feustel, H.E. (συντάκτης): «The COMIS Model», ειδικό τεύχος του περιοδικού «Energy and Buildings» πάνω σε ζητήματα μοντελοποίησης ροής αέρα, Energy and Buildings, τεύχος 18, No 2, 1992
- 2 Herrlin M.K.: Μελέτες ροής αέρα σε πολυζωνικά κτίρια. Μοντέλα και εφαρμογές. Δελτίο No 23, βασιλικό ινστιτούτο τεχνολογίας, Στοκχόλμη, Σουηδία, 1992
- 3 Allard, F. (συντάκτης): «Natural ventilation in buildings - A designed handbook», James & James, Λονδίνο, Ηνωμένο Βασίλειο, 1998
- 4 Feustel, H.E. και Raynor-Hoosen A. (συντάκτες): «Fundamentals of the Multizone Air Flow Model - COMIS», τεχνική οδηγία AIVC TN 29, Κέντρο διήθησης αέρα και αερισμού, Bracknell, Ηνωμένο Βασίλειο, 1990
- 5 Fürbringer, J.-M., C.-A. Roulet, R. Borchellini: «Evaluation of COMIS», ελβετικό ομοσπονδιακό ινστιτούτο τεχνολογίας, Λωζάννη, Ελβετία, 1996
- 6 Fürbringer, J.-M., C.-A. Roulet, R. Borchellini: «Evaluation of COMIS - Appendices», ελβετικό ομοσπονδιακό ινστιτούτο τεχνολογίας, Λωζάννη, Ελβετία, 1996
- 7 Feustel, H.E. (συντάκτης): «The COMIS Model», ειδικό τεύχος του «Energy and Buildings» αφιερωμένο σε πολυζωνική μοντελοποίηση ροής αέρα, Energy and Buildings, τεύχος 30, No 1, 1999
- 8 Dorer V. και Weber A.: «COMVEN 3.0 programmer's guide», EMPA, Dübendorf, Ελβετία, 1997
- 9 Phaff, J.C.: «COMIS sample runs», ολλανδικός οργανισμός εφαρμοσμένης επιστημονικής έρευνας (TNO) αναφορά 96-BBI-R 1086, TNO Delft, Ολλανδία, 1996

Κεφάλαιο 5

Πειράματα

5.1 Γενική περιγραφή των πειραμάτων

5.1.1 Εισαγωγή - Σκοπός της μελέτης

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της χρονικής διακύμανσης της συγκέντρωσης κάποιου μη οργανικού ρυπαντή μέσα σε ένα εσωτερικό χώρο και κατά πόσο επηρεάζεται από τη χρήση φυσικού και μηχανικού αερισμού, πάντα σε σχέση και με την κατανάλωση ενέργειας που απαιτεί ο δεύτερος αλλά και με το πόσο εφικτή είναι η χρήση του πρώτου λόγω καιρικών συνθηκών. Για παράδειγμα, κατά τη χειμερινή περίοδο, η χρήση του φυσικού αερισμού είναι περιορισμένη καθώς λόγω των χαμηλών θερμοκρασιών δεν ενδείκνυται το άνοιγμα παραθύρων. Κατά τη θερινή περίοδο, ο φυσικός αερισμός ενδέχεται να καλύπτει τις ανάγκες ελέγχου των συγκεντρώσεων και έτσι να γλιτώσουμε την ενέργεια που απαιτείται για τη χρήση ανεμιστήρων.

Έχουν ληφθεί υπόψη τα όρια συγκεντρώσεων εσωτερικού χώρου, όπως έχουν οριστεί από διεθνείς οργανισμούς. Τα πειράματα είναι τρία και σε κάθε ένα από αυτά ακολουθείται η ίδια στρατηγική: πρώτα εκτελούμε την προσομοίωση χωρίς φυσικό ή μηχανικό αερισμό. Στη συνέχεια χρησιμοποιούμε μόνο φυσικό αερισμό και τέλος χρησιμοποιούμε συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού.

5.1.2 Περιγραφή κτιρίων

Στην παρούσα μελέτη ασχολούμαστε με χώρους γραφείων καθώς η χρήση τους εγγυάται μια εύκολη μοντελοποίηση. Μπορεί να καθοριστεί ο αριθμός χρηστών, η παρουσία τους στο χώρο, και η χρήση αερισμού. Κάτι τέτοιο θα ήταν αρκετά πιο πολύπλοκο σε μια κατοικία, λόγω της συνεχούς μετακίνησης των χρηστών από χώρο σε χώρο. Οι χώροι που μελετούμε είναι όλοι μονοζωνικοί και βρίσκονται στο ισόγειο, σε ύψος 50 μέτρων από το επίπεδο της θάλασσας. Επίσης, ο άξονας του κτιρίου είναι βορεινός (γωνία 0° δηλαδή).

Για κάθε κτίριο ακολουθείται η εξής μελέτη: Κρατώντας σταθερές τις δύο διαστάσεις του δωματίου (ύψος και πλάτος), ελαττώνουμε την τρίτη (μήκος) κατά το μήκος της οποίας βρίσκεται το παράθυρο (μονομερής αερισμός) ή τα παράθυρα (διαμπερής αερισμός-τα παράθυρα βρίσκονται σε αντικριστούς τοίχους). Τα παράθυρα είναι συρταρωτά. Κάνουμε τρεις προσομοιώσεις για τρία διαφορετικά μήκη. Όσο ελαττώνουμε το μήκος, πρέπει να παρατηρούμε και μια ελάττωση των συγκεντρώσεων καθώς ο φυσικός αερισμός γίνεται πιο αποτελεσματικός. Εννοείται ότι το μέγεθος αλλά και η χρήση του παραθύρου (άνοιγμα) μένουν σταθερά. Για κάθε ένα από αυτά τα τρία μήκη γίνονται τρεις προσομοιώσεις, όπως ακριβώς περιεγράψαμε παραπάνω: χωρίς αερισμό, με φυσικό αερισμό και τέλος με συνδυασμό φυσικού- μηχανικού αερισμού.

5.1.3 Μετεωρολογικά δεδομένα

Η τοποθεσία των υπό μελέτη χώρων είναι στην Αθήνα (γεωγραφικό μήκος $23^\circ 42'$, γεωγραφικό πλάτος $37^\circ 58'$). Το υψόμετρο του μετεωρολογικού σταθμού από το επίπεδο της θάλασσας, είναι 107 μέτρα. Τα μετεωρολογικά δεδομένα καλύπτουν την περίοδο ενός έτους με δειγματοληψία ανά μία ώρα και περιλαμβάνουν:

5.1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

- Ταχύτητα ανέμου σε m/sec
- Διεύθυνση ανέμου σε μοίρες (0° - 360°)
- Θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου
- Υγρασία σε γραμμάρια νερού ανά χιλιόγραμμα ξηρού αέρα
- Ατμοσφαιρική πίεση σε kilopascal (kPa)

Για κάθε ένα από τα τρία πειράματα έχουν χρησιμοποιηθεί διαφορετικές εποχές του χρόνου, αλλά όλα είναι σε διήμερη προσομοίωση. Παρόλο που η εξωτερική θερμοκρασία ορίζεται από τα μετεωρολογικά δεδομένα, η εσωτερική θερμοκρασία ορίζεται από ένα χρονοδιάγραμμα.

5.1.4 Ρυπαντές - Συγκεντρώσεις εξωτερικού περιβάλλοντος - Αποδεκτές συγκεντρώσεις εσωτερικού περιβάλλοντος

Οι ρυπαντές των οποίων οι συγκεντρώσεις εξετάζονται είναι η υγρασία (H_2O), το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2), το μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και το ραδόνιο (Rn), ένα ραδιενεργό στοιχείο. Οι λόγοι για τους οποίους εξετάζονται οι συγκεκριμένοι ρυπαντές και οι βλάβες που επιφέρουν στην ανθρώπινη υγεία αλλά ακόμα και στο φυσικό περιβάλλον ή και σε αντικείμενα, έχουν αναλυθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο (2.3.4.6.1). Θα υπενθυμίσουμε όμως τις προσεγγιστικές τιμές συγκεντρώσεων εξωτερικού χώρου καθώς και τις αποδεκτές τιμές συγκεντρώσεων εσωτερικού περιβάλλοντος:

Ρυπαντής	Τυπικές συγκεντρώσεις εξ. χώρου	Αποδεκτές συγκεντρώσεις εσ. χώρου
Σχετική υγρασία (H_2O)	20-100%	30-60%
Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2)	400 ppm	<1800 ppm
Μονοξείδιο του άνθρακα (CO)	0.1 ppm	9-35 ppm
Ραδόνιο (Rn)	10-20 Bq/m ³	<150 Bq/m ³

Πίνακας 5.1: Τυπικές συγκεντρώσεις εξ. χώρου και αποδεκτές συγκεντρώσεις εσ. χώρου

Για κάθε ρυπαντή ορίζεται μια εξωτερική συγκέντρωση, μια αρχική εσωτερική συγκέντρωση και οι ρυθμοί εισροής και εκροής. Τα δύο τελευταία μεγέθη είναι οι ρυθμοί με τους οποίους αυξάνεται και μειώνεται αντίστοιχα η συγκέντρωση ενός ρυπαντή μέσα σε ένα χώρο για οποιονδήποτε λόγο, εκτός της δικής μας παρέμβασης. Με τον όρο «εισροή» εννοούμε γενικά την αύξηση της συγκέντρωσης, καθώς η τελευταία μπορεί να δημιουργείται μέσα στο χώρο, και όχι να εισάγεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα (π.χ. μονοξείδιο του άνθρακα). Με τον όρο «εκροή» εννοούμε την ελάττωση της συγκέντρωσης από διαρροή προς τον ατμοσφαιρικό αέρα αλλά και από απορρόφηση από υλικά αντικείμενα (π.χ. υγρασία). Ο αερισμός, φυσικός ή

μηχανικός, όπως και οποιαδήποτε άλλη μέθοδος ελάττωσης συγκεντρώσεων, δρα επιπρόσθετα. Μετά το πέρας της προσομοίωσης, λαμβάνουμε τα αποτελέσματα που δείχνουν τη διακύμανση των συγκεντρώσεων.

Σημείωση 1η

Από τις εξωτερικές συγκεντρώσεις, μόνο αυτή του νερού μεταβάλλεται. Παίρνει τιμές από τα περιβαλλοντικά δεδομένα. Όσον αφορά το ραδόνιο, αυτό έχει μηδενική. Η παραδοχή αυτή οφείλεται στο ότι το ραδόνιο εισέρχεται στο κτίριο από το υπέδαφος και όχι από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Σημείωση 2η

Το ραδόνιο, εκτός από ρυθμό εκροής, έχει και χρόνο ημίσειας ζωής ως ραδιενεργό στοιχείο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα έναν επιπρόσθετο ρυθμό ελάττωσής του ($3.046 \times 10^{-6} \text{ sec}^{-1}$).

5.1.5 Φυσικός και μηχανικός αερισμός - Χρονοδιαγράμματα

Όπως είδαμε παραπάνω, για τον περιορισμό των συγκεντρώσεων σε ανεκτά επίπεδα, χρησιμοποιείται:

- Φυσικός αερισμός: χρήση συρταρωτού παραθύρου
- Μηχανικός αερισμός: χρήση ανεμιστήρα

Όσον αφορά το φυσικό αερισμό, χρησιμοποιούμε ένα συρταρωτό παράθυρο, οι διαστάσεις του οποίου είναι σταθερές σε κάθε πείραμα. Σε μεγάλους χώρους χρησιμοποιούμε δύο παράθυρα (διαμπερής αερισμός). Το άνοιγμά τους ρυθμίζεται από ένα χρονοδιάγραμμα. Ομοίως και για το μηχανικό αερισμό, ένα χρονοδιάγραμμα ρυθμίζει τη λειτουργία του ανεμιστήρα. Για τον ανεμιστήρα καταγράφουμε και την κατανάλωση ενέργειας και παραθέτουμε τη συνολική σε κάθε προσομοίωση μαζί με τις διακυμάνσεις των συγκεντρώσεων.

5.1.6 Είδος και παρουσία χρηστών στο χώρο

Οι χρήστες του χώρου είναι οι υπάλληλοι του γραφείου. Μοντελοποιούνται σε δύο τύπους, άντρας και γυναίκα. Τα χαρακτηριστικά των χρηστών είναι η ηλικία, το ύψος, η μάζα και ο ρυθμός μεταβολισμού. Οι χρήστες εκπέμπουν μόνο υγρασία και διοξείδιο του άνθρακα ενώ δεν καπνίζουν. Τα χαρακτηριστικά που παρατίθενται στον παρακάτω πίνακα είναι οι μέσοι όροι για τους άντρες και τις γυναίκες ξεχωριστά.

Χαρακτηριστικά-Φύλο	Άνδρας	Γυναίκα
Ηλικία	35 έτη	30 έτη
Ύψος	1.8 μέτρα	1.65 μέτρα
Μάζα	80 κιλά	70 κιλά
Ρυθμός μεταβολισμού	70 Watt	60 Watt

Πίνακας 5.2: Χαρακτηριστικά χρηστών ανάλογα με το φύλο (μέσοι όροι)

5.1. ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΩΝ

Η παρουσία των χρηστών στο χώρο καθορίζεται από χρονοδιάγραμμα που λαμβάνει υπόψη την παρουσία τους με ρεαλιστικό τρόπο, για παράδειγμα πότε πιάνουν δουλειά, πότε κάνουν διάλειμμα για φαγητό, πότε απουσιάζουν σε εξωτερικές δουλειές και πότε σχολάζει. Όπως μικραίνει ο χώρος σε κάθε περίπτωση, αφαιρούνται γραφεία, δηλαδή και χρήστες.

5.2 Πρώτο πείραμα

Στο πρώτο πείραμα, ο χώρος είναι μία μονοζωνική αίθουσα γραφείου, με αρχικές διαστάσεις (Ύψος-Πλάτος-Μήκος) 3-4-10 μέτρα. Σταδιακά μειώνουμε τη διάσταση του μήκους ως τα 6 μέτρα. Η περίοδος της προσομοίωσης είναι από τις 18 έως και τις 19 Ιουλίου και ξεκινάει από τις 00:00 έως και τις 23:00 της επόμενης μέρας (48 ώρες). Πρόκειται για δύο εργάσιμες μέρες. Οι υπάλληλοι πιάνουν δουλειά στις 09:00 και σχολούν στις 18:00. Εφόσον είναι καλοκαίρι και οι θερμοκρασίες είναι υψηλές, δίνεται προτεραιότητα στο φυσικό αερισμό. Έχουμε ένα παράθυρο με πλάτος 1.5 μέτρο και ύψος 1 μέτρο, στον τοίχο που έχει διαστάσεις 4 μέτρα. Οι εξωτερικές συγκεντρώσεις και οι αρχικές εσωτερικές συγκεντρώσεις φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Ρυπαντές	Εξωτερικές συγκεντρώσεις	Εσωτερικές συγκεντρώσεις (αρχικές)
Αναλογία υγρασίας (μάζα υδρατμών ανά μάζα ξηρού αέρα)	10.3 g/kg	10 g/kg
Διοξείδιο άνθρακα	400 ppm	400 ppm
Μονοξείδιο άνθρακα	0.1 ppm	0.1 ppm
Ραδόνιο	0	100 Bq/m ³

Πίνακας 5.3: Εξωτερικές και αρχικές εσωτερικές συγκεντρώσεις

5.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.2.1 1η περίπτωση - 3-4-10 μέτρα και 14 χρήστες (maximum)

5.2.1.1 Α.Μηδενικός αερισμός

Στην πρώτη προσομοίωση δεν χρησιμοποιούμε αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί και το παράθυρο δεν ανοίγει. Ο μόνος «αερισμός» είναι η διαρροή από τους τοίχους και το κλειστό παράθυρο. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρου-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	25.2	27.6	25	0	0	0	0	0
01:00	24.7	26.8	24	0	0	0	0	0
02:00	24.3	26.0	24	0	0	0	0	0
03:00	23.8	25.2	23	0	0	0	0	0
04:00	23.4	24.4	23	0	0	0	0	0
05:00	22.9	23.6	23	0	0	0	0	0
06:00	23.2	23.7	23	0	0	0	0	0
07:00	24.1	24.4	24	0	0	0	0	0
08:00	25.4	25.6	25	0	0	0	0	0
09:00	26.8	27.1	25	7	7	14	0	0
10:00	28.3	28.7	25	6	6	12	0	0
11:00	29.9	30.0	25	5	5	10	0	0
12:00	31.3	31.1	25	7	7	14	0	0
13:00	32.4	32.2	25	4	3	7	0	0
14:00	33.3	32.9	25	3	4	7	0	0
15:00	33.8	33.2	25	5	5	10	0	0
16:00	34.0	33.0	25	5	5	10	0	0
17:00	33.8	32.5	25	5	5	10	0	0
18:00	33.2	31.8	26	0	0	0	0	0
19:00	32.2	31.0	28	0	0	0	0	0
20:00	31.0	30.1	30	0	0	0	0	0
21:00	30.2	29.0	29	0	0	0	0	0
22:00	29.3	27.9	27	0	0	0	0	0
23:00	28.4	26.9	25	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.4: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής και εκροής των ρυπαντών. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
01:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
02:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
03:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
04:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
05:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
06:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
07:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
08:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
09:00	0.050	0.033	2.153	0.984	0.185	0.037	3.261	0.807
10:00	0.082	0.066	3.530	1.968	0.303	0.074	3.261	0.807
11:00	0.076	0.058	3.272	1.722	0.280	0.065	3.261	0.807
12:00	0.086	0.066	3.702	1.968	0.317	0.074	3.261	0.807
13:00	0.074	0.058	3.186	1.722	0.273	0.065	3.261	0.807
14:00	0.074	0.058	3.186	1.722	0.273	0.065	3.261	0.807
15:00	0.074	0.058	3.186	1.722	0.273	0.065	3.261	0.807
16:00	0.040	0.025	1.722	0.738	0.148	0.028	3.261	0.807
17:00	0.040	0.025	1.722	0.738	0.148	0.028	3.261	0.807
18:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
19:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
20:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
21:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
22:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
23:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807

Πίνακας 5.5: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.2.1.2 Β.Φυσικός αερισμός

Στη δεύτερη προσομοίωση χρησιμοποιούμε αποκλειστικά φυσικό αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί, μόνο το παράθυρο ανοίγει. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρου-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	25.2	27.6	25	0	0	0	0	0
01:00	24.7	26.8	24	0	0	0	0	0
02:00	24.3	26.0	24	0	0	0	0	0
03:00	23.8	25.2	23	0	0	0	0	0
04:00	23.4	24.4	23	0	0	0	0	0
05:00	22.9	23.6	23	0	0	0	0	0
06:00	23.2	23.7	23	0	0	0	0	0
07:00	24.1	24.4	24	0	0	0	0	0
08:00	25.4	25.6	25	0	0	0	0	0
09:00	26.8	27.1	25	7	7	14	0.40	0
10:00	28.3	28.7	25	6	6	12	0.40	0
11:00	29.9	30.0	25	5	5	10	0.40	0
12:00	31.3	31.1	25	7	7	14	0.50	0
13:00	32.4	32.2	25	4	3	7	0.50	0
14:00	33.3	32.9	25	3	4	7	0.60	0
15:00	33.8	33.2	25	5	5	10	0.60	0
16:00	34.0	33.0	25	5	5	10	0.45	0
17:00	33.8	32.5	25	5	5	10	0.35	0
18:00	33.2	31.8	26	0	0	0	0	0
19:00	32.2	31.0	28	0	0	0	0	0
20:00	31.0	30.1	30	0	0	0	0	0
21:00	30.2	29.0	29	0	0	0	0	0
22:00	29.3	27.9	27	0	0	0	0	0
23:00	28.4	26.9	25	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.6: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής και εκροής των ρυπαντών. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
01:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
02:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
03:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
04:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
05:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
06:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
07:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
08:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
09:00	0.050	0.033	2.153	0.984	0.185	0.037	3.261	0.807
10:00	0.082	0.066	3.530	1.968	0.303	0.074	3.261	0.807
11:00	0.076	0.058	3.272	1.722	0.280	0.065	3.261	0.807
12:00	0.086	0.066	3.702	1.968	0.317	0.074	3.261	0.807
13:00	0.074	0.058	3.186	1.722	0.273	0.065	3.261	0.807
14:00	0.074	0.058	3.186	1.722	0.273	0.065	3.261	0.807
15:00	0.074	0.058	3.186	1.722	0.273	0.065	3.261	0.807
16:00	0.040	0.025	1.722	0.738	0.148	0.028	3.261	0.807
17:00	0.040	0.025	1.722	0.738	0.148	0.028	3.261	0.807
18:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
19:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
20:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
21:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
22:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
23:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807

Πίνακας 5.7: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.2.1.3 Γ.Συνδυαστικός αερισμός

Στην τρίτη προσομοίωση χρησιμοποιούμε συνδυαστικό αερισμό, δηλαδή συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού. Ο ανεμιστήρας λειτουργεί και το παράθυρο ανοίγει. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρου-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	25.2	27.6	25	0	0	0	0	0
01:00	24.7	26.8	24	0	0	0	0	0
02:00	24.3	26.0	24	0	0	0	0	0
03:00	23.8	25.2	23	0	0	0	0	0
04:00	23.4	24.4	23	0	0	0	0	0
05:00	22.9	23.6	23	0	0	0	0	0
06:00	23.2	23.7	23	0	0	0	0	0
07:00	24.1	24.4	24	0	0	0	0	0
08:00	25.4	25.6	25	0	0	0	0	0
09:00	26.8	27.1	25	7	7	14	0.40	0.15
10:00	28.3	28.7	25	6	6	12	0.40	0.15
11:00	29.9	30.0	25	5	5	10	0.40	0.15
12:00	31.3	31.1	25	7	7	14	0.50	0.25
13:00	32.4	32.2	25	4	3	7	0.50	0.25
14:00	33.3	32.9	25	3	4	7	0.60	0.30
15:00	33.8	33.2	25	5	5	10	0.60	0.30
16:00	34.0	33.0	25	5	5	10	0.45	0.20
17:00	33.8	32.5	25	5	5	10	0.35	0.15
18:00	33.2	31.8	26	0	0	0	0	0
19:00	32.2	31.0	28	0	0	0	0	0
20:00	31.0	30.1	30	0	0	0	0	0
21:00	30.2	29.0	29	0	0	0	0	0
22:00	29.3	27.9	27	0	0	0	0	0
23:00	28.4	26.9	25	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.8: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής και εκροής των ρυπαντών. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
01:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
02:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
03:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
04:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
05:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
06:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
07:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
08:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
09:00	0.050	0.033	2.153	0.984	0.185	0.037	3.261	0.807
10:00	0.082	0.066	3.530	1.968	0.303	0.074	3.261	0.807
11:00	0.076	0.058	3.272	1.722	0.280	0.065	3.261	0.807
12:00	0.086	0.066	3.702	1.968	0.317	0.074	3.261	0.807
13:00	0.074	0.058	3.186	1.722	0.273	0.065	3.261	0.807
14:00	0.074	0.058	3.186	1.722	0.273	0.065	3.261	0.807
15:00	0.074	0.058	3.186	1.722	0.273	0.065	3.261	0.807
16:00	0.040	0.025	1.722	0.738	0.148	0.028	3.261	0.807
17:00	0.040	0.025	1.722	0.738	0.148	0.028	3.261	0.807
18:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
19:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
20:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
21:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
22:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807
23:00	0.024	0.017	1.033	0.492	0.089	0.019	3.261	0.807

Πίνακας 5.9: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.2.2 2η περίπτωση - 3-4-9 μέτρα και 12 χρήστες (maximum)

5.2.2.1 Α.Μηδενικός αερισμός

Στην πρώτη προσομοίωση δεν χρησιμοποιούμε αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί και το παράθυρο δεν ανοίγει. Ο μόνος «αερισμός» είναι η διαρροή από τους τοίχους και το κλειστό παράθυρο. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρου-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	25.2	27.6	25	0	0	0	0	0
01:00	24.7	26.8	24	0	0	0	0	0
02:00	24.3	26.0	24	0	0	0	0	0
03:00	23.8	25.2	23	0	0	0	0	0
04:00	23.4	24.4	23	0	0	0	0	0
05:00	22.9	23.6	23	0	0	0	0	0
06:00	23.2	23.7	23	0	0	0	0	0
07:00	24.1	24.4	24	0	0	0	0	0
08:00	25.4	25.6	25	0	0	0	0	0
09:00	26.8	27.1	25	6	6	12	0	0
10:00	28.3	28.7	25	5	5	10	0	0
11:00	29.9	30.0	25	4	4	8	0	0
12:00	31.3	31.1	25	6	6	12	0	0
13:00	32.4	32.2	25	3	3	6	0	0
14:00	33.3	32.9	25	3	3	6	0	0
15:00	33.8	33.2	25	4	4	8	0	0
16:00	34.0	33.0	25	4	4	8	0	0
17:00	33.8	32.5	25	4	4	8	0	0
18:00	33.2	31.8	26	0	0	0	0	0
19:00	32.2	31.0	28	0	0	0	0	0
20:00	31.0	30.1	30	0	0	0	0	0
21:00	30.2	29.0	29	0	0	0	0	0
22:00	29.3	27.9	27	0	0	0	0	0
23:00	28.4	26.9	25	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.10: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής και εκροής των ρυπαντών. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
01:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
02:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
03:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
04:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
05:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
06:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
07:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
08:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
09:00	0.045	0.030	1.938	0.886	0.166	0.033	2.935	0.726
10:00	0.074	0.060	3.178	1.772	0.272	0.066	2.935	0.726
11:00	0.068	0.053	2.945	1.551	0.252	0.058	2.935	0.726
12:00	0.077	0.060	3.333	1.772	0.286	0.066	2.935	0.726
13:00	0.067	0.053	2.868	1.551	0.246	0.058	2.935	0.726
14:00	0.067	0.053	2.868	1.551	0.246	0.058	2.935	0.726
15:00	0.067	0.053	2.868	1.551	0.246	0.058	2.935	0.726
16:00	0.036	0.023	1.550	0.665	0.133	0.025	2.935	0.726
17:00	0.036	0.023	1.550	0.665	0.133	0.025	2.935	0.726
18:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
19:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
20:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
21:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
22:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
23:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726

Πίνακας 5.11: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.2.2.2 Β.Φυσικός αερισμός

Στη δεύτερη προσομοίωση χρησιμοποιούμε αποκλειστικά φυσικό αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί, μόνο το παράθυρο ανοίγει. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρου-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	25.2	27.6	25	0	0	0	0	0
01:00	24.7	26.8	24	0	0	0	0	0
02:00	24.3	26.0	24	0	0	0	0	0
03:00	23.8	25.2	23	0	0	0	0	0
04:00	23.4	24.4	23	0	0	0	0	0
05:00	22.9	23.6	23	0	0	0	0	0
06:00	23.2	23.7	23	0	0	0	0	0
07:00	24.1	24.4	24	0	0	0	0	0
08:00	25.4	25.6	25	0	0	0	0	0
09:00	26.8	27.1	25	6	6	12	0.40	0
10:00	28.3	28.7	25	5	5	10	0.40	0
11:00	29.9	30.0	25	4	4	8	0.40	0
12:00	31.3	31.1	25	6	6	12	0.50	0
13:00	32.4	32.2	25	3	3	6	0.50	0
14:00	33.3	32.9	25	3	3	6	0.60	0
15:00	33.8	33.2	25	4	4	8	0.60	0
16:00	34.0	33.0	25	4	4	8	0.45	0
17:00	33.8	32.5	25	4	4	8	0.35	0
18:00	33.2	31.8	26	0	0	0	0	0
19:00	32.2	31.0	28	0	0	0	0	0
20:00	31.0	30.1	30	0	0	0	0	0
21:00	30.2	29.0	29	0	0	0	0	0
22:00	29.3	27.9	27	0	0	0	0	0
23:00	28.4	26.9	25	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.12: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής και εκροής των ρυπαντών. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
01:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
02:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
03:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
04:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
05:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
06:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
07:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
08:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
09:00	0.045	0.030	1.938	0.886	0.166	0.033	2.935	0.726
10:00	0.074	0.060	3.178	1.772	0.272	0.066	2.935	0.726
11:00	0.068	0.053	2.945	1.551	0.252	0.058	2.935	0.726
12:00	0.077	0.060	3.333	1.772	0.286	0.066	2.935	0.726
13:00	0.067	0.053	2.868	1.551	0.246	0.058	2.935	0.726
14:00	0.067	0.053	2.868	1.551	0.246	0.058	2.935	0.726
15:00	0.067	0.053	2.868	1.551	0.246	0.058	2.935	0.726
16:00	0.036	0.023	1.550	0.665	0.133	0.025	2.935	0.726
17:00	0.036	0.023	1.550	0.665	0.133	0.025	2.935	0.726
18:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
19:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
20:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
21:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
22:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
23:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726

Πίνακας 5.13: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.2.2.3 Γ.Συνδυαστικός αερισμός

Στην τρίτη προσομοίωση χρησιμοποιούμε συνδυαστικό αερισμό, δηλαδή συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού. Ο ανεμιστήρας λειτουργεί και το παράθυρο ανοίγει. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρου-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	25.2	27.6	25	0	0	0	0	0
01:00	24.7	26.8	24	0	0	0	0	0
02:00	24.3	26.0	24	0	0	0	0	0
03:00	23.8	25.2	23	0	0	0	0	0
04:00	23.4	24.4	23	0	0	0	0	0
05:00	22.9	23.6	23	0	0	0	0	0
06:00	23.2	23.7	23	0	0	0	0	0
07:00	24.1	24.4	24	0	0	0	0	0
08:00	25.4	25.6	25	0	0	0	0	0
09:00	26.8	27.1	25	6	6	12	0.40	0.15
10:00	28.3	28.7	25	5	5	10	0.40	0.15
11:00	29.9	30.0	25	4	4	8	0.40	0.15
12:00	31.3	31.1	25	6	6	12	0.50	0.25
13:00	32.4	32.2	25	3	3	6	0.50	0.25
14:00	33.3	32.9	25	3	3	6	0.60	0.30
15:00	33.8	33.2	25	4	4	8	0.60	0.30
16:00	34.0	33.0	25	4	4	8	0.45	0.20
17:00	33.8	32.5	25	4	4	8	0.35	0.15
18:00	33.2	31.8	26	0	0	0	0	0
19:00	32.2	31.0	28	0	0	0	0	0
20:00	31.0	30.1	30	0	0	0	0	0
21:00	30.2	29.0	29	0	0	0	0	0
22:00	29.3	27.9	27	0	0	0	0	0
23:00	28.4	26.9	25	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.14: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής και εκροής των ρυπαντών. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
01:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
02:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
03:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
04:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
05:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
06:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
07:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
08:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
09:00	0.045	0.030	1.938	0.886	0.166	0.033	2.935	0.726
10:00	0.074	0.060	3.178	1.772	0.272	0.066	2.935	0.726
11:00	0.068	0.053	2.945	1.551	0.252	0.058	2.935	0.726
12:00	0.077	0.060	3.333	1.772	0.286	0.066	2.935	0.726
13:00	0.067	0.053	2.868	1.551	0.246	0.058	2.935	0.726
14:00	0.067	0.053	2.868	1.551	0.246	0.058	2.935	0.726
15:00	0.067	0.053	2.868	1.551	0.246	0.058	2.935	0.726
16:00	0.036	0.023	1.550	0.665	0.133	0.025	2.935	0.726
17:00	0.036	0.023	1.550	0.665	0.133	0.025	2.935	0.726
18:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
19:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
20:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
21:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
22:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726
23:00	0.022	0.015	0.930	0.443	0.080	0.017	2.935	0.726

Πίνακας 5.15: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.2.3 3η περίπτωση - 3-4-7.5 μέτρα και 10 χρήστες (maximum)

5.2.3.1 Α.Μηδενικός αερισμός

Στην πρώτη προσομοίωση δεν χρησιμοποιούμε αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί και το παράθυρο δεν ανοίγει. Ο μόνος «αερισμός» είναι η διαρροή από τους τοίχους και το κλειστό παράθυρο. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρου-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	25.2	27.6	25	0	0	0	0	0
01:00	24.7	26.8	24	0	0	0	0	0
02:00	24.3	26.0	24	0	0	0	0	0
03:00	23.8	25.2	23	0	0	0	0	0
04:00	23.4	24.4	23	0	0	0	0	0
05:00	22.9	23.6	23	0	0	0	0	0
06:00	23.2	23.7	23	0	0	0	0	0
07:00	24.1	24.4	24	0	0	0	0	0
08:00	25.4	25.6	25	0	0	0	0	0
09:00	26.8	27.1	25	5	5	10	0	0
10:00	28.3	28.7	25	4	4	8	0	0
11:00	29.9	30.0	25	3	3	6	0	0
12:00	31.3	31.1	25	5	5	10	0	0
13:00	32.4	32.2	25	3	2	5	0	0
14:00	33.3	32.9	25	2	3	5	0	0
15:00	33.8	33.2	25	4	3	7	0	0
16:00	34.0	33.0	25	4	3	7	0	0
17:00	33.8	32.5	25	4	3	7	0	0
18:00	33.2	31.8	26	0	0	0	0	0
19:00	32.2	31.0	28	0	0	0	0	0
20:00	31.0	30.1	30	0	0	0	0	0
21:00	30.2	29.0	29	0	0	0	0	0
22:00	29.3	27.9	27	0	0	0	0	0
23:00	28.4	26.9	25	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.16: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής και εκροής των ρυπαντών. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
01:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
02:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
03:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
04:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
05:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
06:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
07:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
08:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
09:00	0.038	0.025	1.615	0.738	0.139	0.028	2.446	0.605
10:00	0.062	0.050	2.649	1.476	0.227	0.055	2.446	0.605
11:00	0.057	0.044	2.455	1.292	0.211	0.048	2.446	0.605
12:00	0.065	0.050	2.778	1.476	0.238	0.055	2.446	0.605
13:00	0.056	0.044	2.390	1.292	0.205	0.048	2.446	0.605
14:00	0.056	0.044	2.390	1.292	0.205	0.048	2.446	0.605
15:00	0.056	0.044	2.390	1.292	0.205	0.048	2.446	0.605
16:00	0.030	0.019	1.292	0.554	0.111	0.021	2.446	0.605
17:00	0.030	0.019	1.292	0.554	0.111	0.021	2.446	0.605
18:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
19:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
20:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
21:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
22:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
23:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605

Πίνακας 5.17: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.2.3.2 Β.Φυσικός αερισμός

Στη δεύτερη προσομοίωση χρησιμοποιούμε αποκλειστικά φυσικό αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί, μόνο το παράθυρο ανοίγει. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρου-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	25.2	27.6	25	0	0	0	0	0
01:00	24.7	26.8	24	0	0	0	0	0
02:00	24.3	26.0	24	0	0	0	0	0
03:00	23.8	25.2	23	0	0	0	0	0
04:00	23.4	24.4	23	0	0	0	0	0
05:00	22.9	23.6	23	0	0	0	0	0
06:00	23.2	23.7	23	0	0	0	0	0
07:00	24.1	24.4	24	0	0	0	0	0
08:00	25.4	25.6	25	0	0	0	0	0
09:00	26.8	27.1	25	5	5	10	0.40	0
10:00	28.3	28.7	25	4	4	8	0.40	0
11:00	29.9	30.0	25	3	3	6	0.40	0
12:00	31.3	31.1	25	5	5	10	0.50	0
13:00	32.4	32.2	25	3	2	5	0.50	0
14:00	33.3	32.9	25	2	3	5	0.60	0
15:00	33.8	33.2	25	4	3	7	0.60	0
16:00	34.0	33.0	25	4	3	7	0.45	0
17:00	33.8	32.5	25	4	3	7	0.35	0
18:00	33.2	31.8	26	0	0	0	0	0
19:00	32.2	31.0	28	0	0	0	0	0
20:00	31.0	30.1	30	0	0	0	0	0
21:00	30.2	29.0	29	0	0	0	0	0
22:00	29.3	27.9	27	0	0	0	0	0
23:00	28.4	26.9	25	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.18: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής και εκροής των ρυπαντών. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
01:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
02:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
03:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
04:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
05:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
06:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
07:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
08:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
09:00	0.038	0.025	1.615	0.738	0.139	0.028	2.446	0.605
10:00	0.062	0.050	2.649	1.476	0.227	0.055	2.446	0.605
11:00	0.057	0.044	2.455	1.292	0.211	0.048	2.446	0.605
12:00	0.065	0.050	2.778	1.476	0.238	0.055	2.446	0.605
13:00	0.056	0.044	2.390	1.292	0.205	0.048	2.446	0.605
14:00	0.056	0.044	2.390	1.292	0.205	0.048	2.446	0.605
15:00	0.056	0.044	2.390	1.292	0.205	0.048	2.446	0.605
16:00	0.030	0.019	1.292	0.554	0.111	0.021	2.446	0.605
17:00	0.030	0.019	1.292	0.554	0.111	0.021	2.446	0.605
18:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
19:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
20:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
21:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
22:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
23:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605

Πίνακας 5.19: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.2.3.3 Γ.Συνδυαστικός αερισμός

Στην τρίτη προσομοίωση χρησιμοποιούμε συνδυαστικό αερισμό, δηλαδή συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού. Ο ανεμιστήρας λειτουργεί και το παράθυρο ανοίγει. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρου-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	25.2	27.6	25	0	0	0	0	0
01:00	24.7	26.8	24	0	0	0	0	0
02:00	24.3	26.0	24	0	0	0	0	0
03:00	23.8	25.2	23	0	0	0	0	0
04:00	23.4	24.4	23	0	0	0	0	0
05:00	22.9	23.6	23	0	0	0	0	0
06:00	23.2	23.7	23	0	0	0	0	0
07:00	24.1	24.4	24	0	0	0	0	0
08:00	25.4	25.6	25	0	0	0	0	0
09:00	26.8	27.1	25	5	5	10	0.40	0.15
10:00	28.3	28.7	25	4	4	8	0.40	0.15
11:00	29.9	30.0	25	3	3	6	0.40	0.15
12:00	31.3	31.1	25	5	5	10	0.50	0.25
13:00	32.4	32.2	25	3	2	5	0.50	0.25
14:00	33.3	32.9	25	2	3	5	0.60	0.30
15:00	33.8	33.2	25	4	3	7	0.60	0.30
16:00	34.0	33.0	25	4	3	7	0.45	0.20
17:00	33.8	32.5	25	4	3	7	0.35	0.15
18:00	33.2	31.8	26	0	0	0	0	0
19:00	32.2	31.0	28	0	0	0	0	0
20:00	31.0	30.1	30	0	0	0	0	0
21:00	30.2	29.0	29	0	0	0	0	0
22:00	29.3	27.9	27	0	0	0	0	0
23:00	28.4	26.9	25	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.20: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής και εκροής των ρυπαντών. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
01:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
02:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
03:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
04:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
05:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
06:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
07:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
08:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
09:00	0.038	0.025	1.615	0.738	0.139	0.028	2.446	0.605
10:00	0.062	0.050	2.649	1.476	0.227	0.055	2.446	0.605
11:00	0.057	0.044	2.455	1.292	0.211	0.048	2.446	0.605
12:00	0.065	0.050	2.778	1.476	0.238	0.055	2.446	0.605
13:00	0.056	0.044	2.390	1.292	0.205	0.048	2.446	0.605
14:00	0.056	0.044	2.390	1.292	0.205	0.048	2.446	0.605
15:00	0.056	0.044	2.390	1.292	0.205	0.048	2.446	0.605
16:00	0.030	0.019	1.292	0.554	0.111	0.021	2.446	0.605
17:00	0.030	0.019	1.292	0.554	0.111	0.021	2.446	0.605
18:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
19:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
20:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
21:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
22:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605
23:00	0.018	0.013	0.775	0.369	0.066	0.014	2.446	0.605

Πίνακας 5.21: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.2.4 4η περίπτωση - 3-4-6 μέτρα και 8 χρήστες (maximum)

5.2.4.1 Α.Μηδενικός αερισμός

Στην πρώτη προσομοίωση δεν χρησιμοποιούμε αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί και το παράθυρο δεν ανοίγει. Ο μόνος «αερισμός» είναι η διαρροή από τους τοίχους και το κλειστό παράθυρο. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρου-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	25.2	27.6	25	0	0	0	0	0
01:00	24.7	26.8	24	0	0	0	0	0
02:00	24.3	26.0	24	0	0	0	0	0
03:00	23.8	25.2	23	0	0	0	0	0
04:00	23.4	24.4	23	0	0	0	0	0
05:00	22.9	23.6	23	0	0	0	0	0
06:00	23.2	23.7	23	0	0	0	0	0
07:00	24.1	24.4	24	0	0	0	0	0
08:00	25.4	25.6	25	0	0	0	0	0
09:00	26.8	27.1	25	4	4	8	0	0
10:00	28.3	28.7	25	3	3	6	0	0
11:00	29.9	30.0	25	2	2	4	0	0
12:00	31.3	31.1	25	4	4	8	0	0
13:00	32.4	32.2	25	2	2	4	0	0
14:00	33.3	32.9	25	2	2	4	0	0
15:00	33.8	33.2	25	3	2	5	0	0
16:00	34.0	33.0	25	3	2	5	0	0
17:00	33.8	32.5	25	3	2	5	0	0
18:00	33.2	31.8	26	0	0	0	0	0
19:00	32.2	31.0	28	0	0	0	0	0
20:00	31.0	30.1	30	0	0	0	0	0
21:00	30.2	29.0	29	0	0	0	0	0
22:00	29.3	27.9	27	0	0	0	0	0
23:00	28.4	26.9	25	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.22: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής και εκροής των ρυπαντών. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
01:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
02:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
03:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
04:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
05:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
06:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
07:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
08:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
09:00	0.030	0.020	1.293	0.590	0.111	0.022	1.957	0.489
10:00	0.049	0.040	2.120	1.180	0.182	0.044	1.957	0.489
11:00	0.046	0.035	1.965	1.033	0.168	0.039	1.957	0.489
12:00	0.052	0.040	2.223	1.180	0.190	0.044	1.957	0.489
13:00	0.044	0.035	1.913	1.033	0.164	0.039	1.957	0.489
14:00	0.044	0.035	1.913	1.033	0.164	0.039	1.957	0.489
15:00	0.044	0.035	1.913	1.033	0.164	0.039	1.957	0.489
16:00	0.024	0.015	1.034	0.443	0.089	0.017	1.957	0.489
17:00	0.024	0.015	1.034	0.443	0.089	0.017	1.957	0.489
18:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
19:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
20:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
21:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
22:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
23:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489

Πίνακας 5.23: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.2.4.2 Β.Φυσικός αερισμός

Στη δεύτερη προσομοίωση χρησιμοποιούμε αποκλειστικά φυσικό αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί, μόνο το παράθυρο ανοίγει. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρου-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	25.2	27.6	25	0	0	0	0	0
01:00	24.7	26.8	24	0	0	0	0	0
02:00	24.3	26.0	24	0	0	0	0	0
03:00	23.8	25.2	23	0	0	0	0	0
04:00	23.4	24.4	23	0	0	0	0	0
05:00	22.9	23.6	23	0	0	0	0	0
06:00	23.2	23.7	23	0	0	0	0	0
07:00	24.1	24.4	24	0	0	0	0	0
08:00	25.4	25.6	25	0	0	0	0	0
09:00	26.8	27.1	25	4	4	8	0.40	0
10:00	28.3	28.7	25	3	3	6	0.40	0
11:00	29.9	30.0	25	2	2	4	0.40	0
12:00	31.3	31.1	25	4	4	8	0.50	0
13:00	32.4	32.2	25	2	2	4	0.50	0
14:00	33.3	32.9	25	2	2	4	0.60	0
15:00	33.8	33.2	25	3	2	5	0.60	0
16:00	34.0	33.0	25	3	2	5	0.45	0
17:00	33.8	32.5	25	3	2	5	0.35	0
18:00	33.2	31.8	26	0	0	0	0	0
19:00	32.2	31.0	28	0	0	0	0	0
20:00	31.0	30.1	30	0	0	0	0	0
21:00	30.2	29.0	29	0	0	0	0	0
22:00	29.3	27.9	27	0	0	0	0	0
23:00	28.4	26.9	25	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.24: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής και εκροής των ρυπαντών. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
01:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
02:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
03:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
04:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
05:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
06:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
07:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
08:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
09:00	0.030	0.020	1.293	0.590	0.111	0.022	1.957	0.489
10:00	0.049	0.040	2.120	1.180	0.182	0.044	1.957	0.489
11:00	0.046	0.035	1.965	1.033	0.168	0.039	1.957	0.489
12:00	0.052	0.040	2.223	1.180	0.190	0.044	1.957	0.489
13:00	0.044	0.035	1.913	1.033	0.164	0.039	1.957	0.489
14:00	0.044	0.035	1.913	1.033	0.164	0.039	1.957	0.489
15:00	0.044	0.035	1.913	1.033	0.164	0.039	1.957	0.489
16:00	0.024	0.015	1.034	0.443	0.089	0.017	1.957	0.489
17:00	0.024	0.015	1.034	0.443	0.089	0.017	1.957	0.489
18:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
19:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
20:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
21:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
22:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
23:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489

Πίνακας 5.25: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.2.4.3 Γ.Συνδυαστικός αερισμός

Στην τρίτη προσομοίωση χρησιμοποιούμε συνδυαστικό αερισμό, δηλαδή συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού. Ο ανεμιστήρας λειτουργεί και το παράθυρο ανοίγει. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρου-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	25.2	27.6	25	0	0	0	0	0
01:00	24.7	26.8	24	0	0	0	0	0
02:00	24.3	26.0	24	0	0	0	0	0
03:00	23.8	25.2	23	0	0	0	0	0
04:00	23.4	24.4	23	0	0	0	0	0
05:00	22.9	23.6	23	0	0	0	0	0
06:00	23.2	23.7	23	0	0	0	0	0
07:00	24.1	24.4	24	0	0	0	0	0
08:00	25.4	25.6	25	0	0	0	0	0
09:00	26.8	27.1	25	4	4	8	0.40	0.15
10:00	28.3	28.7	25	3	3	6	0.40	0.15
11:00	29.9	30.0	25	2	2	4	0.40	0.15
12:00	31.3	31.1	25	4	4	8	0.50	0.25
13:00	32.4	32.2	25	2	2	4	0.50	0.25
14:00	33.3	32.9	25	2	2	4	0.60	0.30
15:00	33.8	33.2	25	3	2	5	0.60	0.30
16:00	34.0	33.0	25	3	2	5	0.45	0.20
17:00	33.8	32.5	25	3	2	5	0.35	0.15
18:00	33.2	31.8	26	0	0	0	0	0
19:00	32.2	31.0	28	0	0	0	0	0
20:00	31.0	30.1	30	0	0	0	0	0
21:00	30.2	29.0	29	0	0	0	0	0
22:00	29.3	27.9	27	0	0	0	0	0
23:00	28.4	26.9	25	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.26: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής και εκροής των ρυπαντών. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
01:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
02:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
03:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
04:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
05:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
06:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
07:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
08:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
09:00	0.030	0.020	1.293	0.590	0.111	0.022	1.957	0.489
10:00	0.049	0.040	2.120	1.180	0.182	0.044	1.957	0.489
11:00	0.046	0.035	1.965	1.033	0.168	0.039	1.957	0.489
12:00	0.052	0.040	2.223	1.180	0.190	0.044	1.957	0.489
13:00	0.044	0.035	1.913	1.033	0.164	0.039	1.957	0.489
14:00	0.044	0.035	1.913	1.033	0.164	0.039	1.957	0.489
15:00	0.044	0.035	1.913	1.033	0.164	0.039	1.957	0.489
16:00	0.024	0.015	1.034	0.443	0.089	0.017	1.957	0.489
17:00	0.024	0.015	1.034	0.443	0.089	0.017	1.957	0.489
18:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
19:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
20:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
21:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
22:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489
23:00	0.014	0.010	0.620	0.295	0.053	0.011	1.957	0.489

Πίνακας 5.27: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.3 Δεύτερο πείραμα

Στο δεύτερο πείραμα, ο χώρος είναι μία μονοζωνική αίθουσα γραφείου, με αρχικές διαστάσεις (Ύψος-Πλάτος-Μήκος) 3-6-18 μέτρα. Σταδιακά μειώνουμε τη διάσταση του μήκους ως τα 12 μέτρα. Η περίοδος της προσομοίωσης είναι από τις 7 έως και τις 8 Ιανουαρίου, από τις 00:00 ως τις 23:00 της άλλης μέρας (48 ώρες). Πρόκειται για δύο εργάσιμες μέρες. Οι υπάλληλοι πιάνουν δουλειά στις 09:00 και σχολούν στις 18:00. Εφόσον είναι χειμώνας και δεν μπορούμε να ανοίγουμε πολύ τα παράθυρα, δίνεται προτεραιότητα στο μηχανικό αερισμό. Έχουμε δύο παράθυρα αντικριστά (διαμπερής αερισμός) με πλάτος 1.75 μέτρα και ύψος 1 μέτρο, στους τοίχους που έχουν διαστάσεις 6 μέτρα. Τα παράθυρα είναι όμοια μεταξύ τους και ανοίγουν ακριβώς στον ίδιο βαθμό και τις ίδιες χρονικές στιγμές για να εκμεταλλευτούμε το φαινόμενο του διαμπερούς αερισμού. Οι εξωτερικές συγκεντρώσεις και οι αρχικές εσωτερικές συγκεντρώσεις φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Ρυπαντές	Εξωτερικές συγκεντρώσεις	Εσωτερικές συγκεντρώσεις (αρχικές)
Αναλογία υγρασίας (μάζα υδρατμών ανά μάζα ξηρού αέρα)	5.32 g/kg	5 g/kg
Διοξείδιο άνθρακα	400 ppm	400 ppm
Μονοξείδιο άνθρακα	0.1 ppm	0.1 ppm
Ραδόνιο	0	100 Bq/m ³

Πίνακας 5.28: Εξωτερικές και αρχικές εσωτερικές συγκεντρώσεις

5.3.1 1η περίπτωση - 3-6-18 μέτρα και 27 χρήστες (maximum)

5.3.1.1 Α.Μηδενικός αερισμός

Στην πρώτη προσομοίωση δεν χρησιμοποιούμε αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί και το παράθυρο δεν ανοίγουν. Ο μόνος «αερισμός» είναι η διαρροή από τους τοίχους και τα κλειστά παράθυρα. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	8.8	9.7	8	0	0	0	0	0
01:00	8.7	9.2	8	0	0	0	0	0
02:00	8.5	8.6	8	0	0	0	0	0
03:00	8.4	8.1	7	0	0	0	0	0
04:00	8.3	7.6	7	0	0	0	0	0
05:00	8.2	7.0	7	0	0	0	0	0
06:00	8.0	6.5	8	0	0	0	0	0
07:00	7.9	6.0	9	0	0	0	0	0
08:00	7.8	5.4	10	0	0	0	0	0
09:00	8.6	6.7	20	14	13	27	0	0
10:00	9.4	7.8	20	12	12	24	0	0
11:00	10.7	9.5	20	11	11	22	0	0
12:00	11.2	10.2	20	14	13	27	0	0
13:00	12.5	10.9	21	7	7	14	0	0
14:00	13.2	11.1	22	7	6	13	0	0
15:00	13.4	11.1	22	11	10	21	0	0
16:00	12.9	11.1	21	11	10	21	0	0
17:00	12.2	10.4	20	11	10	21	0	0
18:00	11.9	10.0	20	0	0	0	0	0
19:00	11.5	9.5	19	0	0	0	0	0
20:00	11.1	9.1	16	0	0	0	0	0
21:00	10.8	8.6	13	0	0	0	0	0
22:00	10.4	8.2	10	0	0	0	0	0
23:00	10.0	7.7	8	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.29: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

5.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
01:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
02:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
03:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
04:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
05:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
06:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
07:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
08:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
09:00	0.162	0.090	7.530	2.680	0.390	0.100	4.946	0.978
10:00	0.270	0.180	12.550	5.360	0.650	0.200	4.946	0.978
11:00	0.243	0.158	11.295	4.690	0.585	0.175	4.946	0.978
12:00	0.324	0.225	15.060	6.700	0.780	0.250	4.946	0.978
13:00	0.243	0.158	11.295	4.690	0.585	0.175	4.946	0.978
14:00	0.243	0.158	11.295	4.690	0.585	0.175	4.946	0.978
15:00	0.243	0.158	11.295	4.690	0.585	0.175	4.946	0.978
16:00	0.135	0.068	6.275	2.010	0.325	0.075	4.946	0.978
17:00	0.135	0.068	6.275	2.010	0.325	0.075	4.946	0.978
18:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
19:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
20:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
21:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
22:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
23:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978

Πίνακας 5.30: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.3.1.2 Β.Φυσικός αερισμός

Στη δεύτερη προσομοίωση χρησιμοποιούμε αποκλειστικά φυσικό αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί, μόνο τα παράθυρα ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	8.8	9.7	8	0	0	0	0	0
01:00	8.7	9.2	8	0	0	0	0	0
02:00	8.5	8.6	8	0	0	0	0	0
03:00	8.4	8.1	7	0	0	0	0	0
04:00	8.3	7.6	7	0	0	0	0	0
05:00	8.2	7.0	7	0	0	0	0	0
06:00	8.0	6.5	8	0	0	0	0	0
07:00	7.9	6.0	9	0	0	0	0	0
08:00	7.8	5.4	10	0	0	0	0	0
09:00	8.6	6.7	20	14	13	27	0	0
10:00	9.4	7.8	20	12	12	24	0	0
11:00	10.7	9.5	20	11	11	22	0.10	0
12:00	11.2	10.2	20	14	13	27	0.15	0
13:00	12.5	10.9	21	7	7	14	0.15	0
14:00	13.2	11.1	22	7	6	13	0.20	0
15:00	13.4	11.1	22	11	10	21	0.20	0
16:00	12.9	11.1	21	11	10	21	0.15	0
17:00	12.2	10.4	20	11	10	21	0.10	0
18:00	11.9	10.0	20	0	0	0	0	0
19:00	11.5	9.5	19	0	0	0	0	0
20:00	11.1	9.1	16	0	0	0	0	0
21:00	10.8	8.6	13	0	0	0	0	0
22:00	10.4	8.2	10	0	0	0	0	0
23:00	10.0	7.7	8	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.31: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

5.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
01:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
02:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
03:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
04:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
05:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
06:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
07:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
08:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
09:00	0.162	0.090	7.530	2.680	0.390	0.100	4.946	0.978
10:00	0.270	0.180	12.550	5.360	0.650	0.200	4.946	0.978
11:00	0.243	0.158	11.295	4.690	0.585	0.175	4.946	0.978
12:00	0.324	0.225	15.060	6.700	0.780	0.250	4.946	0.978
13:00	0.243	0.158	11.295	4.690	0.585	0.175	4.946	0.978
14:00	0.243	0.158	11.295	4.690	0.585	0.175	4.946	0.978
15:00	0.243	0.158	11.295	4.690	0.585	0.175	4.946	0.978
16:00	0.135	0.068	6.275	2.010	0.325	0.075	4.946	0.978
17:00	0.135	0.068	6.275	2.010	0.325	0.075	4.946	0.978
18:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
19:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
20:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
21:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
22:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
23:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978

Πίνακας 5.32: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.3.1.3 Γ.Συνδυαστικός αερισμός

Στην τρίτη προσομοίωση χρησιμοποιούμε συνδυαστικό αερισμό, δηλαδή συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού. Ο ανεμιστήρας λειτουργεί και το παράθυρο ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	8.8	9.7	8	0	0	0	0	0
01:00	8.7	9.2	8	0	0	0	0	0
02:00	8.5	8.6	8	0	0	0	0	0
03:00	8.4	8.1	7	0	0	0	0	0
04:00	8.3	7.6	7	0	0	0	0	0
05:00	8.2	7.0	7	0	0	0	0	0
06:00	8.0	6.5	8	0	0	0	0	0
07:00	7.9	6.0	9	0	0	0	0	0
08:00	7.8	5.4	10	0	0	0	0	0
09:00	8.6	6.7	20	14	13	27	0	0
10:00	9.4	7.8	20	12	12	24	0	0
11:00	10.7	9.5	20	11	11	22	0.10	0.5
12:00	11.2	10.2	20	14	13	27	0.15	0.6
13:00	12.5	10.9	21	7	7	14	0.15	0.6
14:00	13.2	11.1	22	7	6	13	0.20	0.7
15:00	13.4	11.1	22	11	10	21	0.20	0.7
16:00	12.9	11.1	21	11	10	21	0.15	0.6
17:00	12.2	10.4	20	11	10	21	0.10	0.5
18:00	11.9	10.0	20	0	0	0	0	0
19:00	11.5	9.5	19	0	0	0	0	0
20:00	11.1	9.1	16	0	0	0	0	0
21:00	10.8	8.6	13	0	0	0	0	0
22:00	10.4	8.2	10	0	0	0	0	0
23:00	10.0	7.7	8	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.33: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

5.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q	S	Q	S	Q	S	Q	S
00:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
01:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
02:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
03:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
04:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
05:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
06:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
07:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
08:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
09:00	0.162	0.090	7.530	2.680	0.390	0.100	4.946	0.978
10:00	0.270	0.180	12.550	5.360	0.650	0.200	4.946	0.978
11:00	0.243	0.158	11.295	4.690	0.585	0.175	4.946	0.978
12:00	0.324	0.225	15.060	6.700	0.780	0.250	4.946	0.978
13:00	0.243	0.158	11.295	4.690	0.585	0.175	4.946	0.978
14:00	0.243	0.158	11.295	4.690	0.585	0.175	4.946	0.978
15:00	0.243	0.158	11.295	4.690	0.585	0.175	4.946	0.978
16:00	0.135	0.068	6.275	2.010	0.325	0.075	4.946	0.978
17:00	0.135	0.068	6.275	2.010	0.325	0.075	4.946	0.978
18:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
19:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
20:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
21:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
22:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978
23:00	0.081	0.045	3.765	1.340	0.195	0.050	4.946	0.978

Πίνακας 5.34: Ποσοστά εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.3.2 2η περίπτωση - 3-6-15.5 μέτρα και 24 χρήστες

5.3.2.1 Α.Μηδενικός αερισμός

Στην πρώτη προσομοίωση δεν χρησιμοποιούμε αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί και το παράθυρο δεν ανοίγουν. Ο μόνος «αερισμός» είναι η διαρροή από τους τοίχους και τα κλειστά παράθυρα. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	8.8	9.7	8	0	0	0	0	0
01:00	8.7	9.2	8	0	0	0	0	0
02:00	8.5	8.6	8	0	0	0	0	0
03:00	8.4	8.1	7	0	0	0	0	0
04:00	8.3	7.6	7	0	0	0	0	0
05:00	8.2	7.0	7	0	0	0	0	0
06:00	8.0	6.5	8	0	0	0	0	0
07:00	7.9	6.0	9	0	0	0	0	0
08:00	7.8	5.4	10	0	0	0	0	0
09:00	8.6	6.7	20	12	12	24	0	0
10:00	9.4	7.8	20	11	11	22	0	0
11:00	10.7	9.5	20	10	10	20	0	0
12:00	11.2	10.2	20	12	12	24	0	0
13:00	12.5	10.9	21	6	6	12	0	0
14:00	13.2	11.1	22	6	6	12	0	0
15:00	13.4	11.1	22	10	9	19	0	0
16:00	12.9	11.1	21	10	9	19	0	0
17:00	12.2	10.4	20	10	9	19	0	0
18:00	11.9	10.0	20	0	0	0	0	0
19:00	11.5	9.5	19	0	0	0	0	0
20:00	11.1	9.1	16	0	0	0	0	0
21:00	10.8	8.6	13	0	0	0	0	0
22:00	10.4	8.2	10	0	0	0	0	0
23:00	10.0	7.7	8	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.35: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

5.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
01:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
02:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
03:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
04:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
05:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
06:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
07:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
08:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
09:00	0.140	0.078	6.480	1.960	0.336	0.086	4.239	0.848
10:00	0.233	0.156	10.800	3.920	0.560	0.172	4.239	0.848
11:00	0.209	0.137	9.720	3.430	0.504	0.151	4.239	0.848
12:00	0.279	0.195	12.960	4.900	0.672	0.215	4.239	0.848
13:00	0.209	0.137	9.720	3.430	0.504	0.151	4.239	0.848
14:00	0.209	0.137	9.720	3.430	0.504	0.151	4.239	0.848
15:00	0.209	0.137	9.720	3.430	0.504	0.151	4.239	0.848
16:00	0.116	0.059	5.400	1.470	0.280	0.065	4.239	0.848
17:00	0.116	0.059	5.400	1.470	0.280	0.065	4.239	0.848
18:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
19:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
20:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
21:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
22:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
23:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848

Πίνακας 5.36: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.3.2.2 Β.Φυσικός αερισμός

Στη δεύτερη προσομοίωση χρησιμοποιούμε αποκλειστικά φυσικό αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί, μόνο τα παράθυρα ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	8.8	9.7	8	0	0	0	0	0
01:00	8.7	9.2	8	0	0	0	0	0
02:00	8.5	8.6	8	0	0	0	0	0
03:00	8.4	8.1	7	0	0	0	0	0
04:00	8.3	7.6	7	0	0	0	0	0
05:00	8.2	7.0	7	0	0	0	0	0
06:00	8.0	6.5	8	0	0	0	0	0
07:00	7.9	6.0	9	0	0	0	0	0
08:00	7.8	5.4	10	0	0	0	0	0
09:00	8.6	6.7	20	12	12	24	0	0
10:00	9.4	7.8	20	11	11	22	0	0
11:00	10.7	9.5	20	10	10	20	0.10	0
12:00	11.2	10.2	20	12	12	24	0.15	0
13:00	12.5	10.9	21	6	6	12	0.15	0
14:00	13.2	11.1	22	6	6	12	0.20	0
15:00	13.4	11.1	22	10	9	19	0.20	0
16:00	12.9	11.1	21	10	9	19	0.15	0
17:00	12.2	10.4	20	10	9	19	0.10	0
18:00	11.9	10.0	20	0	0	0	0	0
19:00	11.5	9.5	19	0	0	0	0	0
20:00	11.1	9.1	16	0	0	0	0	0
21:00	10.8	8.6	13	0	0	0	0	0
22:00	10.4	8.2	10	0	0	0	0	0
23:00	10.0	7.7	8	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.37: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

5.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
01:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
02:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
03:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
04:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
05:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
06:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
07:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
08:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
09:00	0.140	0.078	6.480	1.960	0.336	0.086	4.239	0.848
10:00	0.233	0.156	10.800	3.920	0.560	0.172	4.239	0.848
11:00	0.209	0.137	9.720	3.430	0.504	0.151	4.239	0.848
12:00	0.279	0.195	12.960	4.900	0.672	0.215	4.239	0.848
13:00	0.209	0.137	9.720	3.430	0.504	0.151	4.239	0.848
14:00	0.209	0.137	9.720	3.430	0.504	0.151	4.239	0.848
15:00	0.209	0.137	9.720	3.430	0.504	0.151	4.239	0.848
16:00	0.116	0.059	5.400	1.470	0.280	0.065	4.239	0.848
17:00	0.116	0.059	5.400	1.470	0.280	0.065	4.239	0.848
18:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
19:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
20:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
21:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
22:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
23:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848

Πίνακας 5.38: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.3.2.3 Γ.Συνδυαστικός αερισμός

Στην τρίτη προσομοίωση χρησιμοποιούμε συνδυαστικό αερισμό, δηλαδή συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού. Ο ανεμιστήρας λειτουργεί και το παράθυρο ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	8.8	9.7	8	0	0	0	0	0
01:00	8.7	9.2	8	0	0	0	0	0
02:00	8.5	8.6	8	0	0	0	0	0
03:00	8.4	8.1	7	0	0	0	0	0
04:00	8.3	7.6	7	0	0	0	0	0
05:00	8.2	7.0	7	0	0	0	0	0
06:00	8.0	6.5	8	0	0	0	0	0
07:00	7.9	6.0	9	0	0	0	0	0
08:00	7.8	5.4	10	0	0	0	0	0
09:00	8.6	6.7	20	12	12	24	0	0
10:00	9.4	7.8	20	11	11	22	0	0
11:00	10.7	9.5	20	10	10	20	0.10	0.5
12:00	11.2	10.2	20	12	12	24	0.15	0.6
13:00	12.5	10.9	21	6	6	12	0.15	0.6
14:00	13.2	11.1	22	6	6	12	0.20	0.7
15:00	13.4	11.1	22	10	9	19	0.20	0.7
16:00	12.9	11.1	21	10	9	19	0.15	0.6
17:00	12.2	10.4	20	10	9	19	0.10	0.5
18:00	11.9	10.0	20	0	0	0	0	0
19:00	11.5	9.5	19	0	0	0	0	0
20:00	11.1	9.1	16	0	0	0	0	0
21:00	10.8	8.6	13	0	0	0	0	0
22:00	10.4	8.2	10	0	0	0	0	0
23:00	10.0	7.7	8	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.39: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

5.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
01:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
02:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
03:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
04:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
05:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
06:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
07:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
08:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
09:00	0.140	0.078	6.480	1.960	0.336	0.086	4.239	0.848
10:00	0.233	0.156	10.800	3.920	0.560	0.172	4.239	0.848
11:00	0.209	0.137	9.720	3.430	0.504	0.151	4.239	0.848
12:00	0.279	0.195	12.960	4.900	0.672	0.215	4.239	0.848
13:00	0.209	0.137	9.720	3.430	0.504	0.151	4.239	0.848
14:00	0.209	0.137	9.720	3.430	0.504	0.151	4.239	0.848
15:00	0.209	0.137	9.720	3.430	0.504	0.151	4.239	0.848
16:00	0.116	0.059	5.400	1.470	0.280	0.065	4.239	0.848
17:00	0.116	0.059	5.400	1.470	0.280	0.065	4.239	0.848
18:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
19:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
20:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
21:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
22:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848
23:00	0.070	0.039	3.240	0.980	0.168	0.043	4.239	0.848

Πίνακας 5.40: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.3.3 3η περίπτωση - 3-6-13.5 μέτρα και 21 χρήστες

5.3.3.1 Α.Μηδενικός αερισμός

Στην πρώτη προσομοίωση δεν χρησιμοποιούμε αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί και το παράθυρο δεν ανοίγουν. Ο μόνος «αερισμός» είναι η διαρροή από τους τοίχους και τα κλειστά παράθυρα. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	8.8	9.7	8	0	0	0	0	0
01:00	8.7	9.2	8	0	0	0	0	0
02:00	8.5	8.6	8	0	0	0	0	0
03:00	8.4	8.1	7	0	0	0	0	0
04:00	8.3	7.6	7	0	0	0	0	0
05:00	8.2	7.0	7	0	0	0	0	0
06:00	8.0	6.5	8	0	0	0	0	0
07:00	7.9	6.0	9	0	0	0	0	0
08:00	7.8	5.4	10	0	0	0	0	0
09:00	8.6	6.7	20	11	10	21	0	0
10:00	9.4	7.8	20	10	9	19	0	0
11:00	10.7	9.5	20	9	8	17	0	0
12:00	11.2	10.2	20	11	10	21	0	0
13:00	12.5	10.9	21	6	5	11	0	0
14:00	13.2	11.1	22	5	5	10	0	0
15:00	13.4	11.1	22	8	7	15	0	0
16:00	12.9	11.1	21	8	7	15	0	0
17:00	12.2	10.4	20	8	7	15	0	0
18:00	11.9	10.0	20	0	0	0	0	0
19:00	11.5	9.5	19	0	0	0	0	0
20:00	11.1	9.1	16	0	0	0	0	0
21:00	10.8	8.6	13	0	0	0	0	0
22:00	10.4	8.2	10	0	0	0	0	0
23:00	10.0	7.7	8	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.41: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

5.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
01:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
02:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
03:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
04:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
05:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
06:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
07:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
08:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
09:00	0.120	0.066	5.580	1.680	0.293	0.075	3.533	0.717
10:00	0.200	0.132	9.300	3.360	0.488	0.150	3.533	0.717
11:00	0.180	0.116	8.370	2.940	0.439	0.131	3.533	0.717
12:00	0.240	0.165	11.160	4.200	0.585	0.188	3.533	0.717
13:00	0.180	0.116	8.370	2.940	0.439	0.131	3.533	0.717
14:00	0.180	0.116	8.370	2.940	0.439	0.131	3.533	0.717
15:00	0.180	0.116	8.370	2.940	0.439	0.131	3.533	0.717
16:00	0.100	0.050	4.650	1.260	0.244	0.056	3.533	0.717
17:00	0.100	0.050	4.650	1.260	0.244	0.056	3.533	0.717
18:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
19:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
20:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
21:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
22:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
23:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717

Πίνακας 5.42: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.3.3.2 Β.Φυσικός αερισμός

Στη δεύτερη προσομοίωση χρησιμοποιούμε αποκλειστικά φυσικό αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί, μόνο τα παράθυρα ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	8.8	9.7	8	0	0	0	0	0
01:00	8.7	9.2	8	0	0	0	0	0
02:00	8.5	8.6	8	0	0	0	0	0
03:00	8.4	8.1	7	0	0	0	0	0
04:00	8.3	7.6	7	0	0	0	0	0
05:00	8.2	7.0	7	0	0	0	0	0
06:00	8.0	6.5	8	0	0	0	0	0
07:00	7.9	6.0	9	0	0	0	0	0
08:00	7.8	5.4	10	0	0	0	0	0
09:00	8.6	6.7	20	11	10	21	0	0
10:00	9.4	7.8	20	10	9	19	0	0
11:00	10.7	9.5	20	9	8	17	0.10	0
12:00	11.2	10.2	20	11	10	21	0.15	0
13:00	12.5	10.9	21	6	5	11	0.15	0
14:00	13.2	11.1	22	5	5	10	0.20	0
15:00	13.4	11.1	22	8	7	15	0.20	0
16:00	12.9	11.1	21	8	7	15	0.15	0
17:00	12.2	10.4	20	8	7	15	0.10	0
18:00	11.9	10.0	20	0	0	0	0	0
19:00	11.5	9.5	19	0	0	0	0	0
20:00	11.1	9.1	16	0	0	0	0	0
21:00	10.8	8.6	13	0	0	0	0	0
22:00	10.4	8.2	10	0	0	0	0	0
23:00	10.0	7.7	8	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.43: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

5.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
01:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
02:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
03:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
04:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
05:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
06:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
07:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
08:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
09:00	0.120	0.066	5.580	1.680	0.293	0.075	3.533	0.717
10:00	0.200	0.132	9.300	3.360	0.488	0.150	3.533	0.717
11:00	0.180	0.116	8.370	2.940	0.439	0.131	3.533	0.717
12:00	0.240	0.165	11.160	4.200	0.585	0.188	3.533	0.717
13:00	0.180	0.116	8.370	2.940	0.439	0.131	3.533	0.717
14:00	0.180	0.116	8.370	2.940	0.439	0.131	3.533	0.717
15:00	0.180	0.116	8.370	2.940	0.439	0.131	3.533	0.717
16:00	0.100	0.050	4.650	1.260	0.244	0.056	3.533	0.717
17:00	0.100	0.050	4.650	1.260	0.244	0.056	3.533	0.717
18:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
19:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
20:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
21:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
22:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
23:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717

Πίνακας 5.44: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.3.3.3 Γ.Συνδυαστικός αερισμός

Στην τρίτη προσομοίωση χρησιμοποιούμε συνδυαστικό αερισμό, δηλαδή συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού. Ο ανεμιστήρας λειτουργεί και το παράθυρο ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	8.8	9.7	8	0	0	0	0	0
01:00	8.7	9.2	8	0	0	0	0	0
02:00	8.5	8.6	8	0	0	0	0	0
03:00	8.4	8.1	7	0	0	0	0	0
04:00	8.3	7.6	7	0	0	0	0	0
05:00	8.2	7.0	7	0	0	0	0	0
06:00	8.0	6.5	8	0	0	0	0	0
07:00	7.9	6.0	9	0	0	0	0	0
08:00	7.8	5.4	10	0	0	0	0	0
09:00	8.6	6.7	20	11	10	21	0	0
10:00	9.4	7.8	20	10	9	19	0	0
11:00	10.7	9.5	20	9	8	17	0.10	0.5
12:00	11.2	10.2	20	11	10	21	0.15	0.6
13:00	12.5	10.9	21	6	5	11	0.15	0.6
14:00	13.2	11.1	22	5	5	10	0.20	0.7
15:00	13.4	11.1	22	8	7	15	0.20	0.7
16:00	12.9	11.1	21	8	7	15	0.15	0.6
17:00	12.2	10.4	20	8	7	15	0.10	0.5
18:00	11.9	10.0	20	0	0	0	0	0
19:00	11.5	9.5	19	0	0	0	0	0
20:00	11.1	9.1	16	0	0	0	0	0
21:00	10.8	8.6	13	0	0	0	0	0
22:00	10.4	8.2	10	0	0	0	0	0
23:00	10.0	7.7	8	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.45: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

5.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
01:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
02:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
03:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
04:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
05:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
06:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
07:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
08:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
09:00	0.120	0.066	5.580	1.680	0.293	0.075	3.533	0.717
10:00	0.200	0.132	9.300	3.360	0.488	0.150	3.533	0.717
11:00	0.180	0.116	8.370	2.940	0.439	0.131	3.533	0.717
12:00	0.240	0.165	11.160	4.200	0.585	0.188	3.533	0.717
13:00	0.180	0.116	8.370	2.940	0.439	0.131	3.533	0.717
14:00	0.180	0.116	8.370	2.940	0.439	0.131	3.533	0.717
15:00	0.180	0.116	8.370	2.940	0.439	0.131	3.533	0.717
16:00	0.100	0.050	4.650	1.260	0.244	0.056	3.533	0.717
17:00	0.100	0.050	4.650	1.260	0.244	0.056	3.533	0.717
18:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
19:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
20:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
21:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
22:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717
23:00	0.060	0.033	2.790	0.840	0.146	0.038	3.533	0.717

Πίνακας 5.46: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.3.4 4η περίπτωση - 3-6-12 μέτρα και 18 χρήστες

5.3.4.1 Α.Μηδενικός αερισμός

Στην πρώτη προσομοίωση δεν χρησιμοποιούμε αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί και το παράθυρο δεν ανοίγουν. Ο μόνος «αερισμός» είναι η διαρροή από τους τοίχους και τα κλειστά παράθυρα. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	8.8	9.7	8	0	0	0	0	0
01:00	8.7	9.2	8	0	0	0	0	0
02:00	8.5	8.6	8	0	0	0	0	0
03:00	8.4	8.1	7	0	0	0	0	0
04:00	8.3	7.6	7	0	0	0	0	0
05:00	8.2	7.0	7	0	0	0	0	0
06:00	8.0	6.5	8	0	0	0	0	0
07:00	7.9	6.0	9	0	0	0	0	0
08:00	7.8	5.4	10	0	0	0	0	0
09:00	8.6	6.7	20	9	9	18	0	0
10:00	9.4	7.8	20	8	8	16	0	0
11:00	10.7	9.5	20	7	7	14	0	0
12:00	11.2	10.2	20	9	9	18	0	0
13:00	12.5	10.9	21	5	4	9	0	0
14:00	13.2	11.1	22	4	5	9	0	0
15:00	13.4	11.1	22	6	6	12	0	0
16:00	12.9	11.1	21	6	6	12	0	0
17:00	12.2	10.4	20	6	6	12	0	0
18:00	11.9	10.0	20	0	0	0	0	0
19:00	11.5	9.5	19	0	0	0	0	0
20:00	11.1	9.1	16	0	0	0	0	0
21:00	10.8	8.6	13	0	0	0	0	0
22:00	10.4	8.2	10	0	0	0	0	0
23:00	10.0	7.7	8	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.47: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

5.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
01:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
02:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
03:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
04:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
05:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
06:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
07:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
08:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
09:00	0.108	0.060	5.040	1.520	0.261	0.067	3.179	0.652
10:00	0.180	0.120	8.400	3.040	0.435	0.134	3.179	0.652
11:00	0.162	0.105	7.560	2.660	0.392	0.117	3.179	0.652
12:00	0.216	0.150	10.080	3.800	0.522	0.168	3.179	0.652
13:00	0.162	0.105	7.560	2.660	0.392	0.117	3.179	0.652
14:00	0.162	0.105	7.560	2.660	0.392	0.117	3.179	0.652
15:00	0.162	0.105	7.560	2.660	0.392	0.117	3.179	0.652
16:00	0.090	0.045	4.200	1.140	0.218	0.050	3.179	0.652
17:00	0.090	0.045	4.200	1.140	0.218	0.050	3.179	0.652
18:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
19:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
20:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
21:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
22:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
23:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652

Πίνακας 5.48: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.3.4.2 Β.Φυσικός αερισμός

Στη δεύτερη προσομοίωση χρησιμοποιούμε αποκλειστικά φυσικό αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί, μόνο τα παράθυρα ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	8.8	9.7	8	0	0	0	0	0
01:00	8.7	9.2	8	0	0	0	0	0
02:00	8.5	8.6	8	0	0	0	0	0
03:00	8.4	8.1	7	0	0	0	0	0
04:00	8.3	7.6	7	0	0	0	0	0
05:00	8.2	7.0	7	0	0	0	0	0
06:00	8.0	6.5	8	0	0	0	0	0
07:00	7.9	6.0	9	0	0	0	0	0
08:00	7.8	5.4	10	0	0	0	0	0
09:00	8.6	6.7	20	9	9	18	0	0
10:00	9.4	7.8	20	8	8	16	0	0
11:00	10.7	9.5	20	7	7	14	0.10	0
12:00	11.2	10.2	20	9	9	18	0.15	0
13:00	12.5	10.9	21	5	4	9	0.15	0
14:00	13.2	11.1	22	4	5	9	0.20	0
15:00	13.4	11.1	22	6	6	12	0.20	0
16:00	12.9	11.1	21	6	6	12	0.15	0
17:00	12.2	10.4	20	6	6	12	0.10	0
18:00	11.9	10.0	20	0	0	0	0	0
19:00	11.5	9.5	19	0	0	0	0	0
20:00	11.1	9.1	16	0	0	0	0	0
21:00	10.8	8.6	13	0	0	0	0	0
22:00	10.4	8.2	10	0	0	0	0	0
23:00	10.0	7.7	8	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.49: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

5.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
01:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
02:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
03:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
04:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
05:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
06:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
07:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
08:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
09:00	0.108	0.060	5.040	1.520	0.261	0.067	3.179	0.652
10:00	0.180	0.120	8.400	3.040	0.435	0.134	3.179	0.652
11:00	0.162	0.105	7.560	2.660	0.392	0.117	3.179	0.652
12:00	0.216	0.150	10.080	3.800	0.522	0.168	3.179	0.652
13:00	0.162	0.105	7.560	2.660	0.392	0.117	3.179	0.652
14:00	0.162	0.105	7.560	2.660	0.392	0.117	3.179	0.652
15:00	0.162	0.105	7.560	2.660	0.392	0.117	3.179	0.652
16:00	0.090	0.045	4.200	1.140	0.218	0.050	3.179	0.652
17:00	0.090	0.045	4.200	1.140	0.218	0.050	3.179	0.652
18:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
19:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
20:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
21:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
22:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
23:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652

Πίνακας 5.50: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.3.4.3 Γ.Συνδυαστικός αερισμός

Στην τρίτη προσομοίωση χρησιμοποιούμε συνδυαστικό αερισμό, δηλαδή συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού. Ο ανεμιστήρας λειτουργεί και το παράθυρο ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ώρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	8.8	9.7	8	0	0	0	0	0
01:00	8.7	9.2	8	0	0	0	0	0
02:00	8.5	8.6	8	0	0	0	0	0
03:00	8.4	8.1	7	0	0	0	0	0
04:00	8.3	7.6	7	0	0	0	0	0
05:00	8.2	7.0	7	0	0	0	0	0
06:00	8.0	6.5	8	0	0	0	0	0
07:00	7.9	6.0	9	0	0	0	0	0
08:00	7.8	5.4	10	0	0	0	0	0
09:00	8.6	6.7	20	9	9	18	0	0
10:00	9.4	7.8	20	8	8	16	0	0
11:00	10.7	9.5	20	7	7	14	0.10	0.5
12:00	11.2	10.2	20	9	9	18	0.15	0.6
13:00	12.5	10.9	21	5	4	9	0.15	0.6
14:00	13.2	11.1	22	4	5	9	0.20	0.7
15:00	13.4	11.1	22	6	6	12	0.20	0.7
16:00	12.9	11.1	21	6	6	12	0.15	0.6
17:00	12.2	10.4	20	6	6	12	0.10	0.5
18:00	11.9	10.0	20	0	0	0	0	0
19:00	11.5	9.5	19	0	0	0	0	0
20:00	11.1	9.1	16	0	0	0	0	0
21:00	10.8	8.6	13	0	0	0	0	0
22:00	10.4	8.2	10	0	0	0	0	0
23:00	10.0	7.7	8	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.51: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

5.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
01:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
02:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
03:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
04:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
05:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
06:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
07:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
08:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
09:00	0.108	0.060	5.040	1.520	0.261	0.067	3.179	0.652
10:00	0.180	0.120	8.400	3.040	0.435	0.134	3.179	0.652
11:00	0.162	0.105	7.560	2.660	0.392	0.117	3.179	0.652
12:00	0.216	0.150	10.080	3.800	0.522	0.168	3.179	0.652
13:00	0.162	0.105	7.560	2.660	0.392	0.117	3.179	0.652
14:00	0.162	0.105	7.560	2.660	0.392	0.117	3.179	0.652
15:00	0.162	0.105	7.560	2.660	0.392	0.117	3.179	0.652
16:00	0.090	0.045	4.200	1.140	0.218	0.050	3.179	0.652
17:00	0.090	0.045	4.200	1.140	0.218	0.050	3.179	0.652
18:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
19:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
20:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
21:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
22:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652
23:00	0.054	0.030	2.520	0.760	0.131	0.034	3.179	0.652

Πίνακας 5.52: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.4 Τρίτο πείραμα

Στο τρίτο πείραμα, ο χώρος είναι μία μονοζωνική αίθουσα γραφείου, με αρχικές διαστάσεις (Ύψος-Πλάτος-Μήκος) 3-18-18 μέτρα. Σταδιακά μειώνουμε τη διάσταση του μήκους ως τα 12 μέτρα. Η περίοδος της προσομοίωσης είναι από τις 8 έως και τις 9 Νοεμβρίου, από τις 00:00 ως τις 23:00 της άλλης μέρας (48 ώρες). Πρόκειται για δύο εργάσιμες μέρες. Οι υπάλληλοι πιάνουν δουλειά στις 09:00 και σχολούν στις 18:00. Τώρα είναι φθινόπωρο και οι θερμοκρασίες είναι τέτοιες που επιτρέπουν τον ισορροπημένο συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού. Έχουμε δύο παράθυρα αντικριστά (διαμετρής αερισμός) με πλάτος 2.5 μέτρα και ύψος 1 μέτρο, στους τοίχους που έχουν διαστάσεις 18 μέτρα. Τα παράθυρα είναι όμοια μεταξύ τους και ανοίγουν ακριβώς στον ίδιο βαθμό και τις ίδιες χρονικές στιγμές για να εκμεταλλευτούμε το φαινόμενο του διαμετρούς αερισμού. Οι εξωτερικές συγκεντρώσεις και οι αρχικές εσωτερικές συγκεντρώσεις φαίνονται στον πίνακα που ακολουθεί:

Ρυπαντές	Εξωτερικές συγκεντρώσεις	Εσωτερικές συγκεντρώσεις (αρχικές)
Αναλογία υγρασίας (μάζα υδρατμών ανά μάζα ξηρού αέρα)	8.43 g/kg	8 g/kg
Διοξείδιο άνθρακα	400 ppm	400 ppm
Μονοξείδιο άνθρακα	0.1 ppm	0.1 ppm
Ραδόνιο	0	100 Bq/m ³

Πίνακας 5.53: Εξωτερικές και αρχικές εσωτερικές συγκεντρώσεις

5.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.4.1 1η περίπτωση - 3-18-18 μέτρα και 63 χρήστες

5.4.1.1 Α.Μηδενικός αερισμός

Στην πρώτη προσομοίωση δεν χρησιμοποιούμε αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί και το παράθυρο δεν ανοίγουν. Ο μόνος «αερισμός» είναι η διαρροή από τους τοίχους και τα κλειστά παράθυρα. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	14.3	16.4	12.0	0	0	0	0	0
01:00	14.2	16.0	12.0	0	0	0	0	0
02:00	14.1	15.6	11.5	0	0	0	0	0
03:00	14.1	15.2	11.0	0	0	0	0	0
04:00	14.0	14.7	10.0	0	0	0	0	0
05:00	13.9	14.3	10.0	0	0	0	0	0
06:00	13.9	13.9	10.5	0	0	0	0	0
07:00	13.8	13.5	11.5	0	0	0	0	0
08:00	14.1	14.7	13.0	0	0	0	0	0
09:00	14.9	16.1	15.0	32	31	63	0	0
10:00	16.5	17.5	20.0	28	27	55	0	0
11:00	17.5	19.0	22.0	26	24	50	0	0
12:00	18.7	19.8	23.0	32	31	63	0	0
13:00	19.7	20.8	24.0	16	16	32	0	0
14:00	19.1	21.0	24.0	16	15	31	0	0
15:00	19.3	21.0	23.0	24	25	49	0	0
16:00	19.3	20.9	23.0	24	25	49	0	0
17:00	18.8	20.1	22.0	24	25	49	0	0
18:00	18.4	19.5	21.0	0	0	0	0	0
19:00	18.1	19.0	17.0	0	0	0	0	0
20:00	17.8	18.4	16.0	0	0	0	0	0
21:00	17.4	17.9	15.0	0	0	0	0	0
22:00	17.1	17.3	13.0	0	0	0	0	0
23:00	16.8	16.8	12.0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.54: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
01:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
02:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
03:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
04:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
05:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
06:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
07:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
08:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
09:00	0.405	0.270	17.5	8	1.50	0.300	26.413	6.530
10:00	0.664	0.540	28.7	16	2.46	0.600	26.413	6.530
11:00	0.616	0.473	26.6	14	2.28	0.525	26.413	6.530
12:00	0.697	0.540	30.1	16	2.58	0.600	26.413	6.530
13:00	0.599	0.473	25.9	14	2.22	0.525	26.413	6.530
14:00	0.599	0.473	25.9	14	2.22	0.525	26.413	6.530
15:00	0.599	0.473	25.9	14	2.22	0.525	26.413	6.530
16:00	0.324	0.135	14.0	4	1.20	0.150	26.413	6.530
17:00	0.324	0.135	14.0	4	1.20	0.150	26.413	6.530
18:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
19:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
20:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
21:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
22:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
23:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530

Πίνακας 5.55: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.4.1.2 Β.Φυσικός αερισμός

Στη δεύτερη προσομοίωση χρησιμοποιούμε αποκλειστικά φυσικό αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί, μόνο τα παράθυρα ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	14.3	16.4	12.0	0	0	0	0	0
01:00	14.2	16.0	12.0	0	0	0	0	0
02:00	14.1	15.6	11.5	0	0	0	0	0
03:00	14.1	15.2	11.0	0	0	0	0	0
04:00	14.0	14.7	10.0	0	0	0	0	0
05:00	13.9	14.3	10.0	0	0	0	0	0
06:00	13.9	13.9	10.5	0	0	0	0	0
07:00	13.8	13.5	11.5	0	0	0	0	0
08:00	14.1	14.7	13.0	0	0	0	0	0
09:00	14.9	16.1	15.0	32	31	63	0.20	0
10:00	16.5	17.5	20.0	28	27	55	0.20	0
11:00	17.5	19.0	22.0	26	24	50	0.20	0
12:00	18.7	19.8	23.0	32	31	63	0.30	0
13:00	19.7	20.8	24.0	16	16	32	0.30	0
14:00	19.1	21.0	24.0	16	15	31	0.40	0
15:00	19.3	21.0	23.0	24	25	49	0.40	0
16:00	19.3	20.9	23.0	24	25	49	0.30	0
17:00	18.8	20.1	22.0	24	25	49	0.15	0
18:00	18.4	19.5	21.0	0	0	0	0	0
19:00	18.1	19.0	17.0	0	0	0	0	0
20:00	17.8	18.4	16.0	0	0	0	0	0
21:00	17.4	17.9	15.0	0	0	0	0	0
22:00	17.1	17.3	13.0	0	0	0	0	0
23:00	16.8	16.8	12.0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.56: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
01:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
02:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
03:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
04:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
05:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
06:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
07:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
08:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
09:00	0.405	0.270	17.5	8	1.50	0.300	26.413	6.530
10:00	0.664	0.540	28.7	16	2.46	0.600	26.413	6.530
11:00	0.616	0.473	26.6	14	2.28	0.525	26.413	6.530
12:00	0.697	0.540	30.1	16	2.58	0.600	26.413	6.530
13:00	0.599	0.473	25.9	14	2.22	0.525	26.413	6.530
14:00	0.599	0.473	25.9	14	2.22	0.525	26.413	6.530
15:00	0.599	0.473	25.9	14	2.22	0.525	26.413	6.530
16:00	0.324	0.135	14.0	4	1.20	0.150	26.413	6.530
17:00	0.324	0.135	14.0	4	1.20	0.150	26.413	6.530
18:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
19:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
20:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
21:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
22:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
23:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530

Πίνακας 5.57: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.4.1.3 Γ.Συνδυαστικός αερισμός

Στην τρίτη προσομοίωση χρησιμοποιούμε συνδυαστικό αερισμό, δηλαδή συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού. Ο ανεμιστήρας λειτουργεί και το παράθυρο ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	14.3	16.4	12.0	0	0	0	0	0
01:00	14.2	16.0	12.0	0	0	0	0	0
02:00	14.1	15.6	11.5	0	0	0	0	0
03:00	14.1	15.2	11.0	0	0	0	0	0
04:00	14.0	14.7	10.0	0	0	0	0	0
05:00	13.9	14.3	10.0	0	0	0	0	0
06:00	13.9	13.9	10.5	0	0	0	0	0
07:00	13.8	13.5	11.5	0	0	0	0	0
08:00	14.1	14.7	13.0	0	0	0	0	0
09:00	14.9	16.1	15.0	32	31	63	0.20	0.30
10:00	16.5	17.5	20.0	28	27	55	0.20	0.30
11:00	17.5	19.0	22.0	26	24	50	0.20	0.30
12:00	18.7	19.8	23.0	32	31	63	0.30	0.40
13:00	19.7	20.8	24.0	16	16	32	0.30	0.40
14:00	19.1	21.0	24.0	16	15	31	0.40	0.50
15:00	19.3	21.0	23.0	24	25	49	0.40	0.50
16:00	19.3	20.9	23.0	24	25	49	0.30	0.40
17:00	18.8	20.1	22.0	24	25	49	0.15	0.30
18:00	18.4	19.5	21.0	0	0	0	0	0
19:00	18.1	19.0	17.0	0	0	0	0	0
20:00	17.8	18.4	16.0	0	0	0	0	0
21:00	17.4	17.9	15.0	0	0	0	0	0
22:00	17.1	17.3	13.0	0	0	0	0	0
23:00	16.8	16.8	12.0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.58: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
01:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
02:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
03:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
04:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
05:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
06:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
07:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
08:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
09:00	0.405	0.270	17.5	8	1.50	0.300	26.413	6.530
10:00	0.664	0.540	28.7	16	2.46	0.600	26.413	6.530
11:00	0.616	0.473	26.6	14	2.28	0.525	26.413	6.530
12:00	0.697	0.540	30.1	16	2.58	0.600	26.413	6.530
13:00	0.599	0.473	25.9	14	2.22	0.525	26.413	6.530
14:00	0.599	0.473	25.9	14	2.22	0.525	26.413	6.530
15:00	0.599	0.473	25.9	14	2.22	0.525	26.413	6.530
16:00	0.324	0.135	14.0	4	1.20	0.150	26.413	6.530
17:00	0.324	0.135	14.0	4	1.20	0.150	26.413	6.530
18:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
19:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
20:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
21:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
22:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530
23:00	0.194	0.135	8.4	4	0.72	0.150	26.413	6.530

Πίνακας 5.59: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.4.2 2η περίπτωση - 3-18-15.5 μέτρα και 56 χρήστες

5.4.2.1 Α.Μηδενικός αερισμός

Στην πρώτη προσομοίωση δεν χρησιμοποιούμε αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί και το παράθυρο δεν ανοίγουν. Ο μόνος «αερισμός» είναι η διαρροή από τους τοίχους και τα κλειστά παράθυρα. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	14.3	16.4	12.0	0	0	0	0	0
01:00	14.2	16.0	12.0	0	0	0	0	0
02:00	14.1	15.6	11.5	0	0	0	0	0
03:00	14.1	15.2	11.0	0	0	0	0	0
04:00	14.0	14.7	10.0	0	0	0	0	0
05:00	13.9	14.3	10.0	0	0	0	0	0
06:00	13.9	13.9	10.5	0	0	0	0	0
07:00	13.8	13.5	11.5	0	0	0	0	0
08:00	14.1	14.7	13.0	0	0	0	0	0
09:00	14.9	16.1	15.0	28	28	56	0	0
10:00	16.5	17.5	20.0	25	25	50	0	0
11:00	17.5	19.0	22.0	22	22	44	0	0
12:00	18.7	19.8	23.0	28	28	56	0	0
13:00	19.7	20.8	24.0	14	14	28	0	0
14:00	19.1	21.0	24.0	14	14	28	0	0
15:00	19.3	21.0	23.0	24	23	47	0	0
16:00	19.3	20.9	23.0	24	23	47	0	0
17:00	18.8	20.1	22.0	24	23	47	0	0
18:00	18.4	19.5	21.0	0	0	0	0	0
19:00	18.1	19.0	17.0	0	0	0	0	0
20:00	17.8	18.4	16.0	0	0	0	0	0
21:00	17.4	17.9	15.0	0	0	0	0	0
22:00	17.1	17.3	13.0	0	0	0	0	0
23:00	16.8	16.8	12.0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.60: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
01:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
02:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
03:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
04:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
05:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
06:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
07:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
08:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
09:00	0.300	0.20	13.925	5.16	1.25	0.20	19.565	4.892
10:00	0.492	0.40	22.837	10.32	2.05	0.40	19.565	4.892
11:00	0.456	0.35	21.166	9.03	1.90	0.35	19.565	4.892
12:00	0.516	0.40	23.951	10.32	2.15	0.40	19.565	4.892
13:00	0.444	0.35	20.609	9.03	1.85	0.35	19.565	4.892
14:00	0.444	0.35	20.609	9.03	1.85	0.35	19.565	4.892
15:00	0.444	0.35	20.609	9.03	1.85	0.35	19.565	4.892
16:00	0.240	0.10	11.140	2.58	1.00	0.10	19.565	4.892
17:00	0.240	0.10	11.140	2.58	1.00	0.10	19.565	4.892
18:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
19:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
20:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
21:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
22:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
23:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892

Πίνακας 5.61: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.4.2.2 Β.Φυσικός αερισμός

Στη δεύτερη προσομοίωση χρησιμοποιούμε αποκλειστικά φυσικό αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί, μόνο τα παράθυρα ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	14.3	16.4	12.0	0	0	0	0	0
01:00	14.2	16.0	12.0	0	0	0	0	0
02:00	14.1	15.6	11.5	0	0	0	0	0
03:00	14.1	15.2	11.0	0	0	0	0	0
04:00	14.0	14.7	10.0	0	0	0	0	0
05:00	13.9	14.3	10.0	0	0	0	0	0
06:00	13.9	13.9	10.5	0	0	0	0	0
07:00	13.8	13.5	11.5	0	0	0	0	0
08:00	14.1	14.7	13.0	0	0	0	0	0
09:00	14.9	16.1	15.0	28	28	56	0.20	0
10:00	16.5	17.5	20.0	25	25	50	0.20	0
11:00	17.5	19.0	22.0	22	22	44	0.20	0
12:00	18.7	19.8	23.0	28	28	56	0.30	0
13:00	19.7	20.8	24.0	14	14	28	0.30	0
14:00	19.1	21.0	24.0	14	14	28	0.40	0
15:00	19.3	21.0	23.0	24	23	47	0.40	0
16:00	19.3	20.9	23.0	24	23	47	0.30	0
17:00	18.8	20.1	22.0	24	23	47	0.15	0
18:00	18.4	19.5	21.0	0	0	0	0	0
19:00	18.1	19.0	17.0	0	0	0	0	0
20:00	17.8	18.4	16.0	0	0	0	0	0
21:00	17.4	17.9	15.0	0	0	0	0	0
22:00	17.1	17.3	13.0	0	0	0	0	0
23:00	16.8	16.8	12.0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.62: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
01:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
02:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
03:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
04:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
05:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
06:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
07:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
08:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
09:00	0.300	0.20	13.925	5.16	1.25	0.20	19.565	4.892
10:00	0.492	0.40	22.837	10.32	2.05	0.40	19.565	4.892
11:00	0.456	0.35	21.166	9.03	1.90	0.35	19.565	4.892
12:00	0.516	0.40	23.951	10.32	2.15	0.40	19.565	4.892
13:00	0.444	0.35	20.609	9.03	1.85	0.35	19.565	4.892
14:00	0.444	0.35	20.609	9.03	1.85	0.35	19.565	4.892
15:00	0.444	0.35	20.609	9.03	1.85	0.35	19.565	4.892
16:00	0.240	0.10	11.140	2.58	1.00	0.10	19.565	4.892
17:00	0.240	0.10	11.140	2.58	1.00	0.10	19.565	4.892
18:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
19:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
20:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
21:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
22:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
23:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892

Πίνακας 5.63: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.4.2.3 Γ.Συνδυαστικός αερισμός

Στην τρίτη προσομοίωση χρησιμοποιούμε συνδυαστικό αερισμό, δηλαδή συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού. Ο ανεμιστήρας λειτουργεί και το παράθυρα ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	14.3	16.4	12.0	0	0	0	0	0
01:00	14.2	16.0	12.0	0	0	0	0	0
02:00	14.1	15.6	11.5	0	0	0	0	0
03:00	14.1	15.2	11.0	0	0	0	0	0
04:00	14.0	14.7	10.0	0	0	0	0	0
05:00	13.9	14.3	10.0	0	0	0	0	0
06:00	13.9	13.9	10.5	0	0	0	0	0
07:00	13.8	13.5	11.5	0	0	0	0	0
08:00	14.1	14.7	13.0	0	0	0	0	0
09:00	14.9	16.1	15.0	28	28	56	0.20	0.3
10:00	16.5	17.5	20.0	25	25	50	0.20	0.3
11:00	17.5	19.0	22.0	22	22	44	0.20	0.3
12:00	18.7	19.8	23.0	28	28	56	0.30	0.4
13:00	19.7	20.8	24.0	14	14	28	0.30	0.4
14:00	19.1	21.0	24.0	14	14	28	0.40	0.5
15:00	19.3	21.0	23.0	24	23	47	0.40	0.5
16:00	19.3	20.9	23.0	24	23	47	0.30	0.4
17:00	18.8	20.1	22.0	24	23	47	0.15	0.3
18:00	18.4	19.5	21.0	0	0	0	0	0
19:00	18.1	19.0	17.0	0	0	0	0	0
20:00	17.8	18.4	16.0	0	0	0	0	0
21:00	17.4	17.9	15.0	0	0	0	0	0
22:00	17.1	17.3	13.0	0	0	0	0	0
23:00	16.8	16.8	12.0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.64: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
01:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
02:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
03:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
04:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
05:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
06:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
07:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
08:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
09:00	0.300	0.20	13.925	5.16	1.25	0.20	19.565	4.892
10:00	0.492	0.40	22.837	10.32	2.05	0.40	19.565	4.892
11:00	0.456	0.35	21.166	9.03	1.90	0.35	19.565	4.892
12:00	0.516	0.40	23.951	10.32	2.15	0.40	19.565	4.892
13:00	0.444	0.35	20.609	9.03	1.85	0.35	19.565	4.892
14:00	0.444	0.35	20.609	9.03	1.85	0.35	19.565	4.892
15:00	0.444	0.35	20.609	9.03	1.85	0.35	19.565	4.892
16:00	0.240	0.10	11.140	2.58	1.00	0.10	19.565	4.892
17:00	0.240	0.10	11.140	2.58	1.00	0.10	19.565	4.892
18:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
19:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
20:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
21:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
22:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892
23:00	0.144	0.10	6.684	2.58	0.60	0.10	19.565	4.892

Πίνακας 5.65: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.4.3 3η περίπτωση - 3-18-13.5 μέτρα και 49 χρήστες

5.4.3.1 Α.Μηδενικός αερισμός

Στην πρώτη προσομοίωση δεν χρησιμοποιούμε αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί και το παράθυρο δεν ανοίγουν. Ο μόνος «αερισμός» είναι η διαρροή από τους τοίχους και τα κλειστά παράθυρα. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	14.3	16.4	12.0	0	0	0	0	0
01:00	14.2	16.0	12.0	0	0	0	0	0
02:00	14.1	15.6	11.5	0	0	0	0	0
03:00	14.1	15.2	11.0	0	0	0	0	0
04:00	14.0	14.7	10.0	0	0	0	0	0
05:00	13.9	14.3	10.0	0	0	0	0	0
06:00	13.9	13.9	10.5	0	0	0	0	0
07:00	13.8	13.5	11.5	0	0	0	0	0
08:00	14.1	14.7	13.0	0	0	0	0	0
09:00	14.9	16.1	15.0	25	24	49	0	0
10:00	16.5	17.5	20.0	22	21	43	0	0
11:00	17.5	19.0	22.0	20	19	39	0	0
12:00	18.7	19.8	23.0	25	24	49	0	0
13:00	19.7	20.8	24.0	13	12	25	0	0
14:00	19.1	21.0	24.0	12	12	24	0	0
15:00	19.3	21.0	23.0	22	21	43	0	0
16:00	19.3	20.9	23.0	22	21	43	0	0
17:00	18.8	20.1	22.0	22	21	43	0	0
18:00	18.4	19.5	21.0	0	0	0	0	0
19:00	18.1	19.0	17.0	0	0	0	0	0
20:00	17.8	18.4	16.0	0	0	0	0	0
21:00	17.4	17.9	15.0	0	0	0	0	0
22:00	17.1	17.3	13.0	0	0	0	0	0
23:00	16.8	16.8	12.0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.66: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ωρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
01:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
02:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
03:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
04:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
05:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
06:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
07:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
08:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
09:00	0.225	0.148	10.450	3.780	0.925	0.140	14.674	3.619
10:00	0.369	0.296	17.138	7.560	1.517	0.280	14.674	3.619
11:00	0.342	0.259	15.884	6.615	1.406	0.245	14.674	3.619
12:00	0.387	0.296	17.974	7.560	1.591	0.280	14.674	3.619
13:00	0.333	0.259	15.466	6.615	1.369	0.245	14.674	3.619
14:00	0.333	0.259	15.466	6.615	1.369	0.245	14.674	3.619
15:00	0.333	0.259	15.466	6.615	1.369	0.245	14.674	3.619
16:00	0.180	0.074	8.360	1.890	0.740	0.070	14.674	3.619
17:00	0.180	0.074	8.360	1.890	0.740	0.070	14.674	3.619
18:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
19:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
20:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
21:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
22:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
23:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619

Πίνακας 5.67: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.4.3.2 Β.Φυσικός αερισμός

Στη δεύτερη προσομοίωση χρησιμοποιούμε αποκλειστικά φυσικό αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί, μόνο τα παράθυρα ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	14.3	16.4	12.0	0	0	0	0	0
01:00	14.2	16.0	12.0	0	0	0	0	0
02:00	14.1	15.6	11.5	0	0	0	0	0
03:00	14.1	15.2	11.0	0	0	0	0	0
04:00	14.0	14.7	10.0	0	0	0	0	0
05:00	13.9	14.3	10.0	0	0	0	0	0
06:00	13.9	13.9	10.5	0	0	0	0	0
07:00	13.8	13.5	11.5	0	0	0	0	0
08:00	14.1	14.7	13.0	0	0	0	0	0
09:00	14.9	16.1	15.0	25	24	49	0.20	0
10:00	16.5	17.5	20.0	22	21	43	0.20	0
11:00	17.5	19.0	22.0	20	19	39	0.20	0
12:00	18.7	19.8	23.0	25	24	49	0.30	0
13:00	19.7	20.8	24.0	13	12	25	0.30	0
14:00	19.1	21.0	24.0	12	12	24	0.40	0
15:00	19.3	21.0	23.0	22	21	43	0.40	0
16:00	19.3	20.9	23.0	22	21	43	0.30	0
17:00	18.8	20.1	22.0	22	21	43	0.15	0
18:00	18.4	19.5	21.0	0	0	0	0	0
19:00	18.1	19.0	17.0	0	0	0	0	0
20:00	17.8	18.4	16.0	0	0	0	0	0
21:00	17.4	17.9	15.0	0	0	0	0	0
22:00	17.1	17.3	13.0	0	0	0	0	0
23:00	16.8	16.8	12.0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.68: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
01:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
02:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
03:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
04:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
05:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
06:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
07:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
08:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
09:00	0.225	0.148	10.450	3.780	0.925	0.140	14.674	3.619
10:00	0.369	0.296	17.138	7.560	1.517	0.280	14.674	3.619
11:00	0.342	0.259	15.884	6.615	1.406	0.245	14.674	3.619
12:00	0.387	0.296	17.974	7.560	1.591	0.280	14.674	3.619
13:00	0.333	0.259	15.466	6.615	1.369	0.245	14.674	3.619
14:00	0.333	0.259	15.466	6.615	1.369	0.245	14.674	3.619
15:00	0.333	0.259	15.466	6.615	1.369	0.245	14.674	3.619
16:00	0.180	0.074	8.360	1.890	0.740	0.070	14.674	3.619
17:00	0.180	0.074	8.360	1.890	0.740	0.070	14.674	3.619
18:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
19:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
20:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
21:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
22:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
23:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619

Πίνακας 5.69: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.4.3.3 Γ.Συνδυαστικός αερισμός

Στην τρίτη προσομοίωση χρησιμοποιούμε συνδυαστικό αερισμό, δηλαδή συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού. Ο ανεμιστήρας λειτουργεί και το παράθυρο ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	14.3	16.4	12.0	0	0	0	0	0
01:00	14.2	16.0	12.0	0	0	0	0	0
02:00	14.1	15.6	11.5	0	0	0	0	0
03:00	14.1	15.2	11.0	0	0	0	0	0
04:00	14.0	14.7	10.0	0	0	0	0	0
05:00	13.9	14.3	10.0	0	0	0	0	0
06:00	13.9	13.9	10.5	0	0	0	0	0
07:00	13.8	13.5	11.5	0	0	0	0	0
08:00	14.1	14.7	13.0	0	0	0	0	0
09:00	14.9	16.1	15.0	25	24	49	0.20	0.3
10:00	16.5	17.5	20.0	22	21	43	0.20	0.3
11:00	17.5	19.0	22.0	20	19	39	0.20	0.3
12:00	18.7	19.8	23.0	25	24	49	0.30	0.4
13:00	19.7	20.8	24.0	13	12	25	0.30	0.4
14:00	19.1	21.0	24.0	12	12	24	0.40	0.5
15:00	19.3	21.0	23.0	22	21	43	0.40	0.5
16:00	19.3	20.9	23.0	22	21	43	0.30	0.4
17:00	18.8	20.1	22.0	22	21	43	0.15	0.3
18:00	18.4	19.5	21.0	0	0	0	0	0
19:00	18.1	19.0	17.0	0	0	0	0	0
20:00	17.8	18.4	16.0	0	0	0	0	0
21:00	17.4	17.9	15.0	0	0	0	0	0
22:00	17.1	17.3	13.0	0	0	0	0	0
23:00	16.8	16.8	12.0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.70: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
01:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
02:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
03:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
04:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
05:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
06:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
07:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
08:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
09:00	0.225	0.148	10.450	3.780	0.925	0.140	14.674	3.619
10:00	0.369	0.296	17.138	7.560	1.517	0.280	14.674	3.619
11:00	0.342	0.259	15.884	6.615	1.406	0.245	14.674	3.619
12:00	0.387	0.296	17.974	7.560	1.591	0.280	14.674	3.619
13:00	0.333	0.259	15.466	6.615	1.369	0.245	14.674	3.619
14:00	0.333	0.259	15.466	6.615	1.369	0.245	14.674	3.619
15:00	0.333	0.259	15.466	6.615	1.369	0.245	14.674	3.619
16:00	0.180	0.074	8.360	1.890	0.740	0.070	14.674	3.619
17:00	0.180	0.074	8.360	1.890	0.740	0.070	14.674	3.619
18:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
19:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
20:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
21:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
22:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619
23:00	0.108	0.074	5.016	1.890	0.444	0.070	14.674	3.619

Πίνακας 5.71: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.4.4 4η περίπτωση - 3-18-12 μέτρα και 42 χρήστες

5.4.4.1 Α.Μηδενικός αερισμός

Στην πρώτη προσομοίωση δεν χρησιμοποιούμε αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί και το παράθυρο δεν ανοίγουν. Ο μόνος «αερισμός» είναι η διαρροή από τους τοίχους και τα κλειστά παράθυρα. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	14.3	16.4	12.0	0	0	0	0	0
01:00	14.2	16.0	12.0	0	0	0	0	0
02:00	14.1	15.6	11.5	0	0	0	0	0
03:00	14.1	15.2	11.0	0	0	0	0	0
04:00	14.0	14.7	10.0	0	0	0	0	0
05:00	13.9	14.3	10.0	0	0	0	0	0
06:00	13.9	13.9	10.5	0	0	0	0	0
07:00	13.8	13.5	11.5	0	0	0	0	0
08:00	14.1	14.7	13.0	0	0	0	0	0
09:00	14.9	16.1	15.0	21	21	42	0	0
10:00	16.5	17.5	20.0	19	19	38	0	0
11:00	17.5	19.0	22.0	16	16	32	0	0
12:00	18.7	19.8	23.0	21	21	42	0	0
13:00	19.7	20.8	24.0	11	10	21	0	0
14:00	19.1	21.0	24.0	10	11	21	0	0
15:00	19.3	21.0	23.0	18	16	34	0	0
16:00	19.3	20.9	23.0	18	16	34	0	0
17:00	18.8	20.1	22.0	18	16	34	0	0
18:00	18.4	19.5	21.0	0	0	0	0	0
19:00	18.1	19.0	17.0	0	0	0	0	0
20:00	17.8	18.4	16.0	0	0	0	0	0
21:00	17.4	17.9	15.0	0	0	0	0	0
22:00	17.1	17.3	13.0	0	0	0	0	0
23:00	16.8	16.8	12.0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.72: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
01:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
02:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
03:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
04:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
05:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
06:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
07:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
08:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
09:00	0.180	0.120	8.400	3.04	0.75	0.12	11.739	2.935
10:00	0.295	0.240	13.776	6.08	1.23	0.24	11.739	2.935
11:00	0.274	0.210	12.768	5.32	1.14	0.21	11.739	2.935
12:00	0.310	0.240	14.448	6.08	1.29	0.24	11.739	2.935
13:00	0.266	0.210	12.432	5.32	1.11	0.21	11.739	2.935
14:00	0.266	0.210	12.432	5.32	1.11	0.21	11.739	2.935
15:00	0.266	0.210	12.432	5.32	1.11	0.21	11.739	2.935
16:00	0.144	0.060	6.720	1.52	0.60	0.06	11.739	2.935
17:00	0.144	0.060	6.720	1.52	0.60	0.06	11.739	2.935
18:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
19:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
20:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
21:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
22:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
23:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935

Πίνακας 5.73: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.4.4.2 Β.Φυσικός αερισμός

Στη δεύτερη προσομοίωση χρησιμοποιούμε αποκλειστικά φυσικό αερισμό. Ο ανεμιστήρας δεν λειτουργεί, μόνο τα παράθυρα ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	14.3	16.4	12.0	0	0	0	0	0
01:00	14.2	16.0	12.0	0	0	0	0	0
02:00	14.1	15.6	11.5	0	0	0	0	0
03:00	14.1	15.2	11.0	0	0	0	0	0
04:00	14.0	14.7	10.0	0	0	0	0	0
05:00	13.9	14.3	10.0	0	0	0	0	0
06:00	13.9	13.9	10.5	0	0	0	0	0
07:00	13.8	13.5	11.5	0	0	0	0	0
08:00	14.1	14.7	13.0	0	0	0	0	0
09:00	14.9	16.1	15.0	21	21	42	0.20	0
10:00	16.5	17.5	20.0	19	19	38	0.20	0
11:00	17.5	19.0	22.0	16	16	32	0.20	0
12:00	18.7	19.8	23.0	21	21	42	0.30	0
13:00	19.7	20.8	24.0	11	10	21	0.30	0
14:00	19.1	21.0	24.0	10	11	21	0.40	0
15:00	19.3	21.0	23.0	18	16	34	0.40	0
16:00	19.3	20.9	23.0	18	16	34	0.30	0
17:00	18.8	20.1	22.0	18	16	34	0.15	0
18:00	18.4	19.5	21.0	0	0	0	0	0
19:00	18.1	19.0	17.0	0	0	0	0	0
20:00	17.8	18.4	16.0	0	0	0	0	0
21:00	17.4	17.9	15.0	0	0	0	0	0
22:00	17.1	17.3	13.0	0	0	0	0	0
23:00	16.8	16.8	12.0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.74: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ώρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
01:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
02:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
03:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
04:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
05:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
06:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
07:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
08:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
09:00	0.180	0.120	8.400	3.04	0.75	0.12	11.739	2.935
10:00	0.295	0.240	13.776	6.08	1.23	0.24	11.739	2.935
11:00	0.274	0.210	12.768	5.32	1.14	0.21	11.739	2.935
12:00	0.310	0.240	14.448	6.08	1.29	0.24	11.739	2.935
13:00	0.266	0.210	12.432	5.32	1.11	0.21	11.739	2.935
14:00	0.266	0.210	12.432	5.32	1.11	0.21	11.739	2.935
15:00	0.266	0.210	12.432	5.32	1.11	0.21	11.739	2.935
16:00	0.144	0.060	6.720	1.52	0.60	0.06	11.739	2.935
17:00	0.144	0.060	6.720	1.52	0.60	0.06	11.739	2.935
18:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
19:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
20:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
21:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
22:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
23:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935

Πίνακας 5.75: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

5.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

5.4.4.3 Γ.Συνδυαστικός αερισμός

Στην τρίτη προσομοίωση χρησιμοποιούμε συνδυαστικό αερισμό, δηλαδή συνδυασμό φυσικού και μηχανικού αερισμού. Ο ανεμιστήρας λειτουργεί και το παράθυρα ανοίγουν. Ακολουθεί πίνακας που δείχνει τα διαγράμματα με τις θερμοκρασίες (εξωτερική-εσωτερική), την παρουσία των χρηστών στο χώρο και τη λειτουργία παραθύρων-ανεμιστήρα.

Ωρα	Θερμοκρασίες (°C)			Χρήστες			Παράθ.	Ανεμ.
	Εξ. ημέρα 1η	Εξ. ημέρα 2η	Εσωτερική	Άνδρες	Γυναίκες	Σύνολο		
00:00	14.3	16.4	12.0	0	0	0	0	0
01:00	14.2	16.0	12.0	0	0	0	0	0
02:00	14.1	15.6	11.5	0	0	0	0	0
03:00	14.1	15.2	11.0	0	0	0	0	0
04:00	14.0	14.7	10.0	0	0	0	0	0
05:00	13.9	14.3	10.0	0	0	0	0	0
06:00	13.9	13.9	10.5	0	0	0	0	0
07:00	13.8	13.5	11.5	0	0	0	0	0
08:00	14.1	14.7	13.0	0	0	0	0	0
09:00	14.9	16.1	15.0	21	21	42	0.20	0.3
10:00	16.5	17.5	20.0	19	19	38	0.20	0.3
11:00	17.5	19.0	22.0	16	16	32	0.20	0.3
12:00	18.7	19.8	23.0	21	21	42	0.30	0.4
13:00	19.7	20.8	24.0	11	10	21	0.30	0.4
14:00	19.1	21.0	24.0	10	11	21	0.40	0.5
15:00	19.3	21.0	23.0	18	16	34	0.40	0.5
16:00	19.3	20.9	23.0	18	16	34	0.30	0.4
17:00	18.8	20.1	22.0	18	16	34	0.15	0.3
18:00	18.4	19.5	21.0	0	0	0	0	0
19:00	18.1	19.0	17.0	0	0	0	0	0
20:00	17.8	18.4	16.0	0	0	0	0	0
21:00	17.4	17.9	15.0	0	0	0	0	0
22:00	17.1	17.3	13.0	0	0	0	0	0
23:00	16.8	16.8	12.0	0	0	0	0	0

Πίνακας 5.76: Θερμοκρασίες, χρήστες, παράθυρο, ανεμιστήρας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5. ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα φαίνονται τα διαγράμματα που έχουν να κάνουν με τους ρυθμούς εισροής-εκροής των ρυπαντών. Πρόκειται για ποσοστά που πολλαπλασιάζονται με τις εξωτερικές συγκεντρώσεις. Η εισροή συμβολίζεται με το γράμμα «Q», ενώ η εκροή με το γράμμα «S», ακριβώς με τα ίδια σύμβολα που χρησιμοποιεί και το ίδιο το COMIS.

Ωρα	Υγρασία		Διοξείδιο άνθρακα		Μονοξείδιο άνθρακα		Ραδόνιο	
	Q(g/sec)	S(g/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(mg/sec)	S(mg/sec)	Q(Bq/sec)	S(Bq/sec)
00:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
01:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
02:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
03:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
04:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
05:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
06:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
07:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
08:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
09:00	0.180	0.120	8.400	3.04	0.75	0.12	11.739	2.935
10:00	0.295	0.240	13.776	6.08	1.23	0.24	11.739	2.935
11:00	0.274	0.210	12.768	5.32	1.14	0.21	11.739	2.935
12:00	0.310	0.240	14.448	6.08	1.29	0.24	11.739	2.935
13:00	0.266	0.210	12.432	5.32	1.11	0.21	11.739	2.935
14:00	0.266	0.210	12.432	5.32	1.11	0.21	11.739	2.935
15:00	0.266	0.210	12.432	5.32	1.11	0.21	11.739	2.935
16:00	0.144	0.060	6.720	1.52	0.60	0.06	11.739	2.935
17:00	0.144	0.060	6.720	1.52	0.60	0.06	11.739	2.935
18:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
19:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
20:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
21:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
22:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935
23:00	0.086	0.060	4.032	1.52	0.36	0.06	11.739	2.935

Πίνακας 5.77: Ρυθμοί εισροής(Q)-εκροής(S) των 4 ρυπαντών

Κεφάλαιο 6

Αποτελέσματα

6.1 Εισαγωγή-Περιγραφή

Με την εκτέλεση των προσομοιώσεων, που είχαν ως είσοδο τα δεδομένα που παρουσιάστηκαν στο 5ο κεφάλαιο, το COMIS μας δίνει τα αποτελέσματα, δηλαδή τις συγκεντρώσεις των τεσσάρων ρυπαντών. Θα καταγράψουμε επίσης ως αποτέλεσμα και τον αερισμό (μηδενικό, φυσικό και συνδυαστικό) ο οποίος μετράται με air change per hour (ach), δηλαδή πόσες φορές ανανεώνεται πλήρως ο αέρας του χώρου μέσα σε μια ώρα. Όπως είδαμε και στο 2ο κεφάλαιο (2.3.4.6.2), για κτίρια γραφείων καλός αερισμός θεωρείται αυτός που κυμαίνεται από 4 έως 8 ach. Επίσης καταγράφεται και η κατανάλωση ενέργειας του ανεμιστήρα σε watt επί ώρα (wh). Ο ανεμιστήρας έχει ισχύ 100 watt και με βάση τα προγράμματα λειτουργίας του που περιγράφονται στο 5ο κεφάλαιο, υπολογίζουμε την κατανάλωση ενέργειας που «κοστίζει» ο μηχανικός αερισμός.

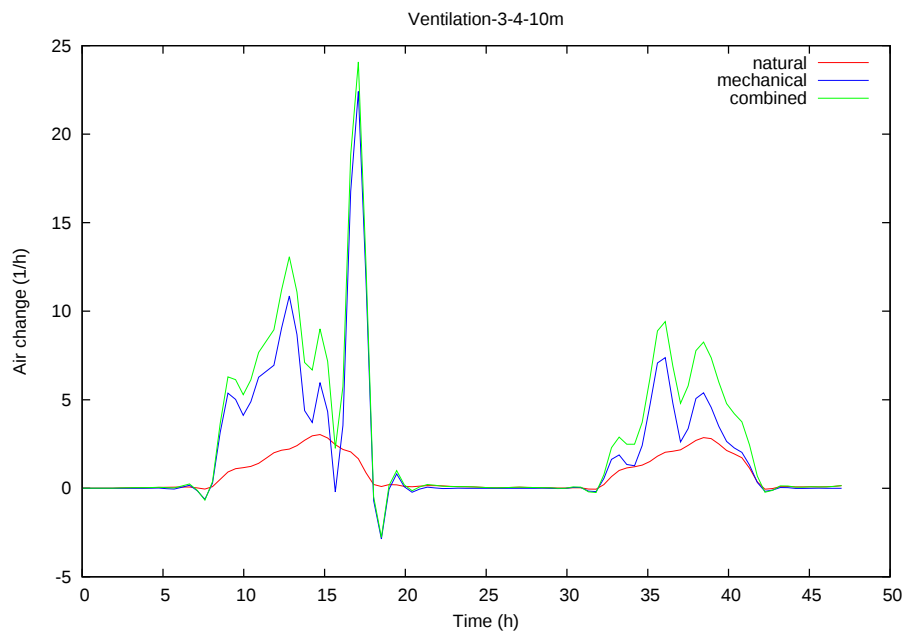
Τα αποτελέσματα παρατίθενται σε μορφή γραφικών παραστάσεων και όχι πινάκων. Σε κάθε πείραμα υπάρχουν 4 περιπτώσεις, ανάλογα με τις διαστάσεις του χώρου, όπως περιγράφηκε στο 5ο κεφάλαιο. Σε κάθε περίπτωση λοιπόν παρατίθεται μια γραφική παράσταση για κάθε ένα από τους τέσσερις ρυπαντές καθώς και μια γραφική παράσταση για τον αερισμό. Σε κάθε γραφική παράσταση των ρυπαντών, υπάρχουν τρεις καμπύλες: για μηδενικό αερισμό (no ventilation), για φυσικό αερισμό (natural ventilation) και για συνδυαστικό αερισμό (combined ventilation), έτσι ώστε να είναι και πιο ευκρινής η σύγκρισή τους. Στη γραφική παράσταση του αερισμού, υπάρχουν τρεις καμπύλες: για φυσικό αερισμό (natural), για μηχανικό αερισμό (mechanical) και για συνδυαστικό αερισμό (combined), που είναι το άθροισμα των δύο πρώτων.

Τέλος, αναφέρουμε ότι ο αερισμός μετράται σε ωριαίες εναλλαγές - air change per hour (ach), το ποσοστό υγρασίας σε γραμμάρια υδρατμών ανά χιλιόγραμμο ξηρού αέρα (g/kg), οι συγκεντρώσεις CO₂ και CO σε εκατομμυριοστά μάζας, δηλαδή mg ουσίας ανά χιλιόγραμμο αέρα - parts per million (ppm) και η συγκέντρωση του ραδονίου σε Becquerel ανά κυβικό μέτρο (Bq/m³).

6.2 Πρώτο πείραμα

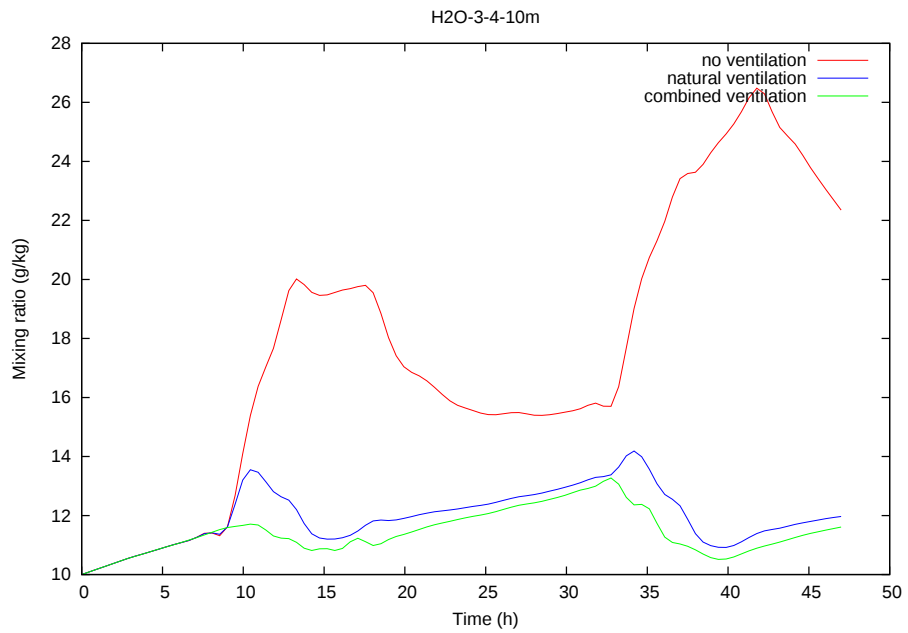
Για όλες τις περιπτώσεις ισχύει ότι δεδομένου πως ο ανεμιστήρας είναι ισχύος 100 watt, με βάση το πρόγραμμα λειτουργίας του, που παρατίθεται στο προηγούμενο κεφάλαιο, η κατανάλωση ενέργειας στην περίπτωση του συνδυαστικού αερισμού, είναι 190 wh ανά ημέρα.

6.2.1 1η περίπτωση - 3-4-10 μέτρα

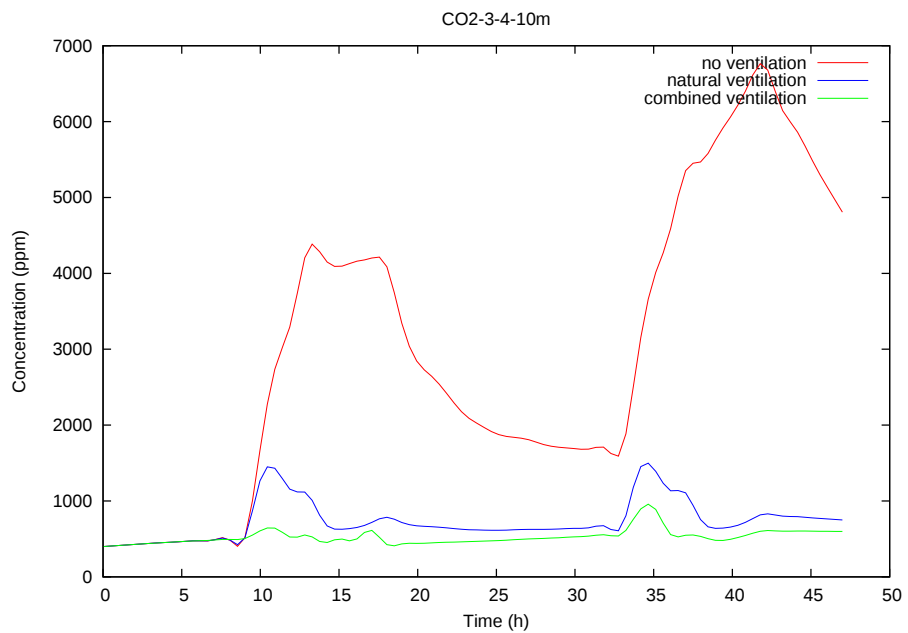


Σχήμα 6.1: Αερισμός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

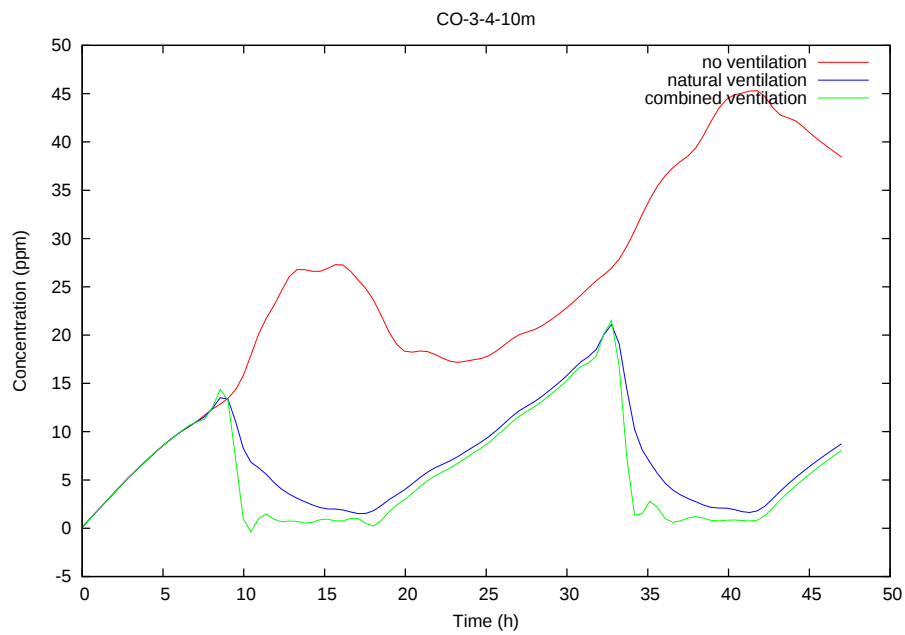


Σχήμα 6.2: Ποσοστό υγρασίας

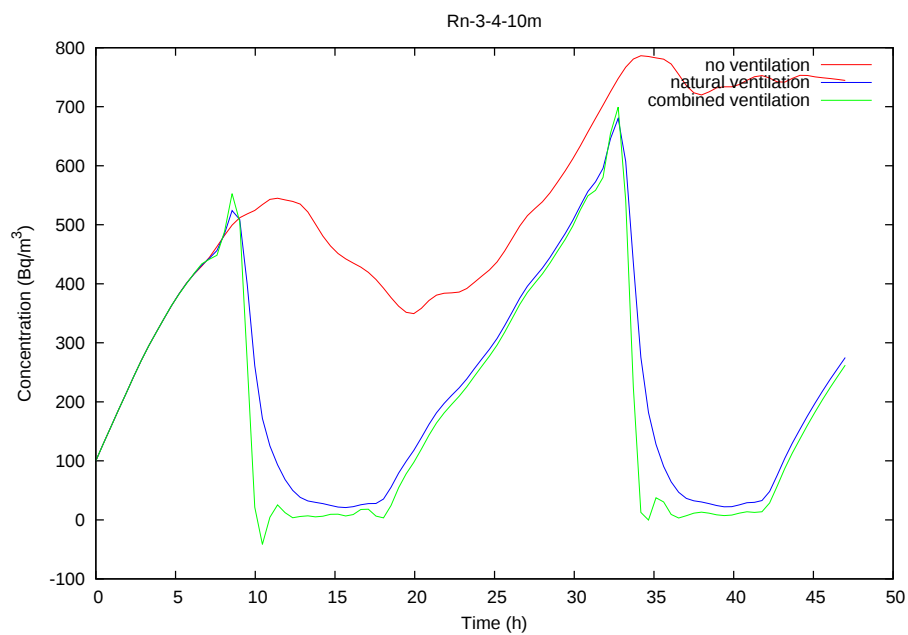


Σχήμα 6.3: Διοξείδιο του άνθρακα

6.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

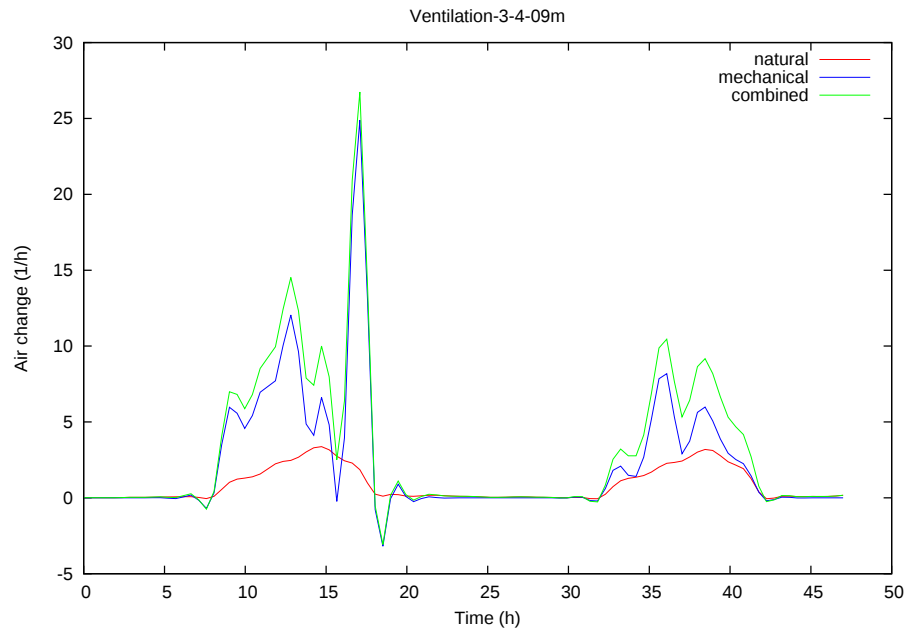


Σχήμα 6.4: Μονοξείδιο του άνθρακα



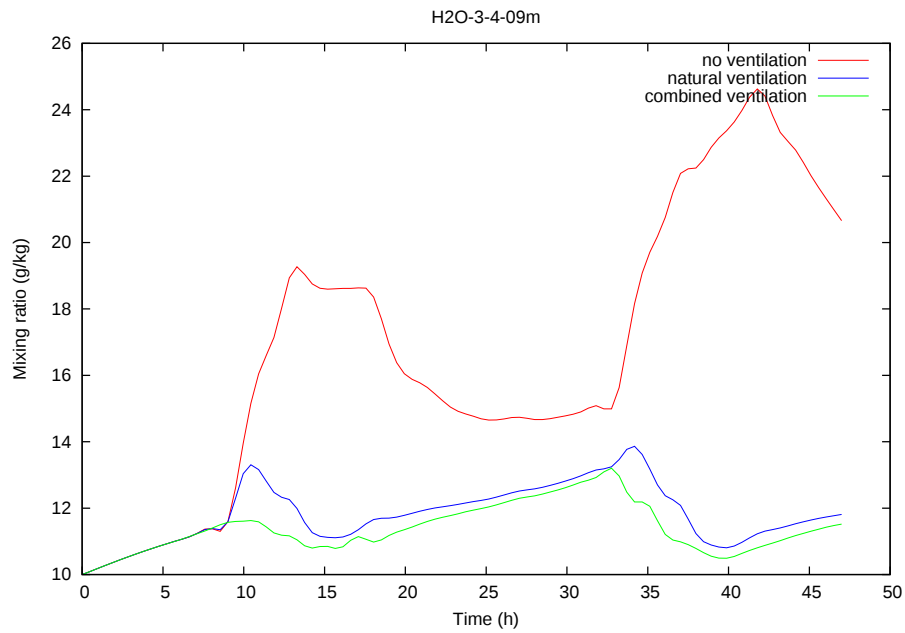
Σχήμα 6.5: Ραδόνιο

6.2.2 2η περίπτωση - 3-4-9 μέτρα

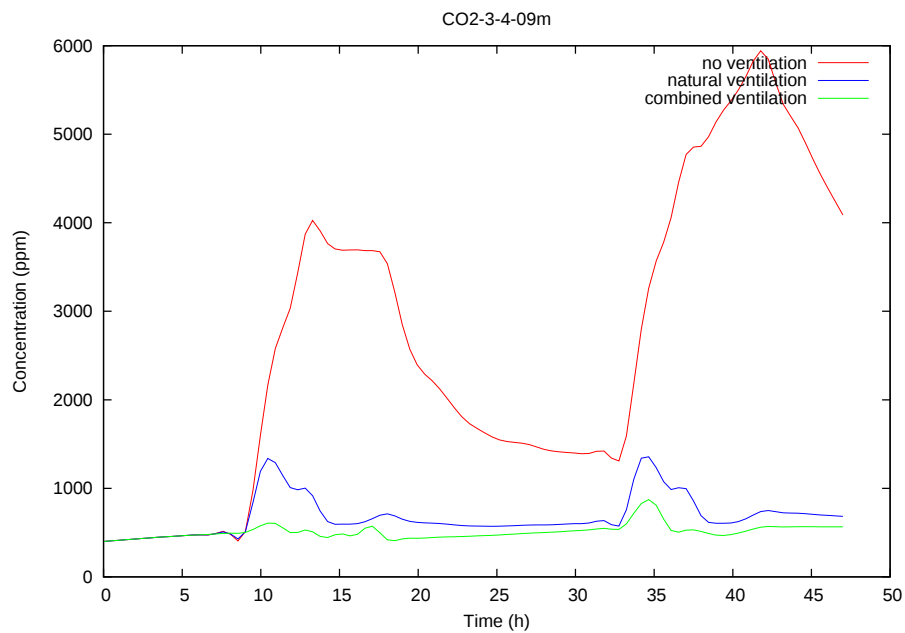


Σχήμα 6.6: Αερισμός

6.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

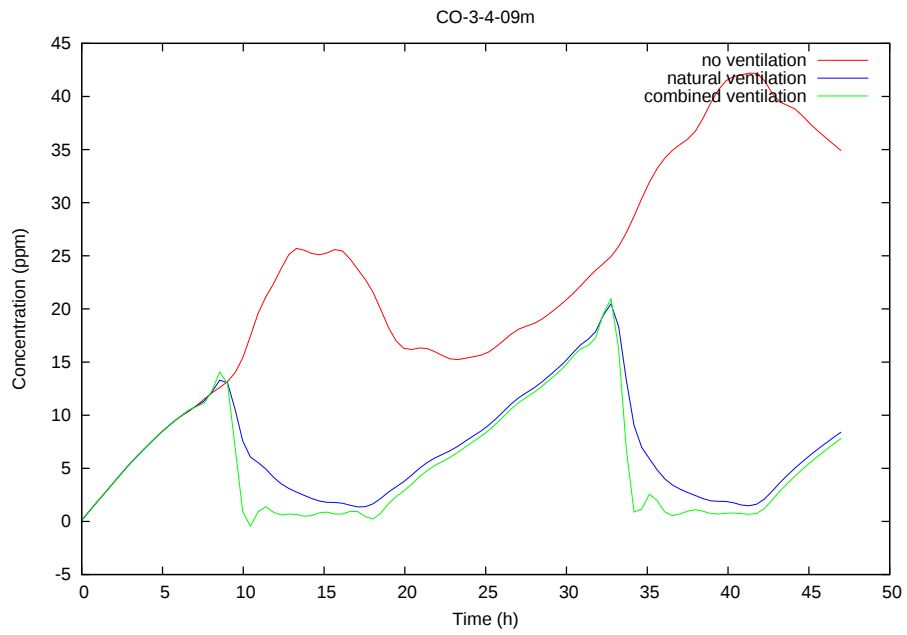


Σχήμα 6.7: Ποσοστό υγρασίας

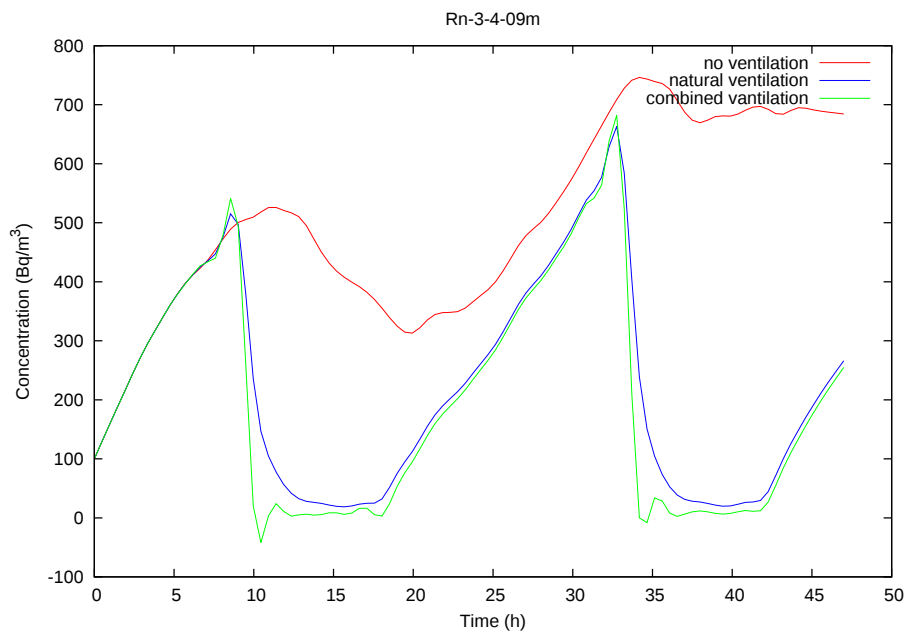


Σχήμα 6.8: Διοξείδιο του άνθρακα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

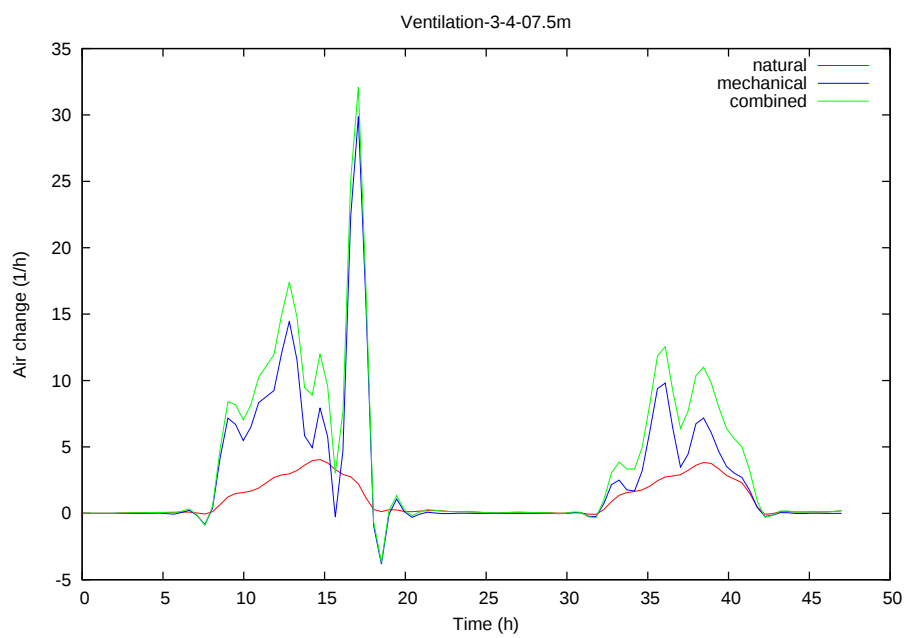


Σχήμα 6.9: Μονοξείδιο του άνθρακα



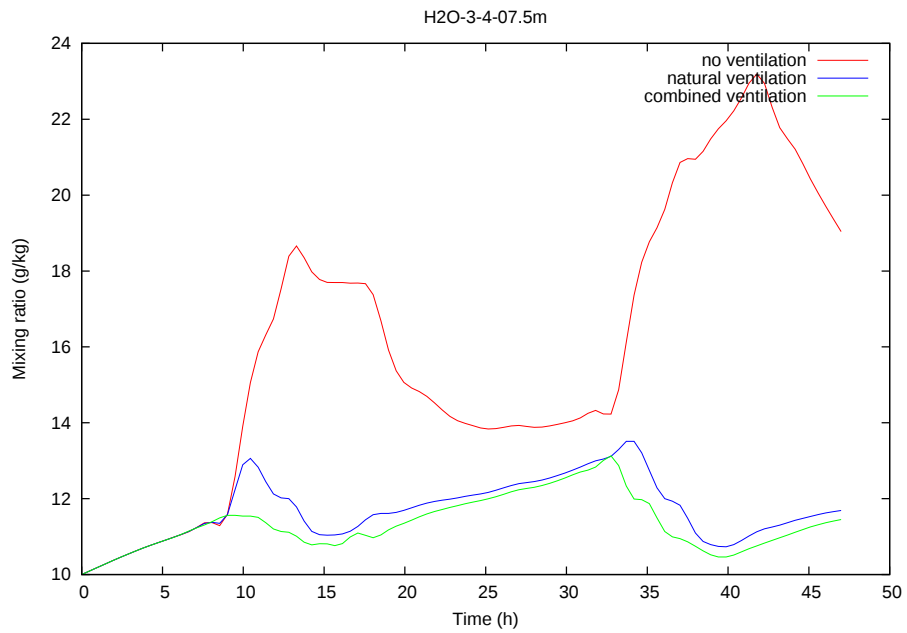
Σχήμα 6.10: Ραδόνιο

6.2.3 3η περίπτωση - 3-4-7.5 μέτρα

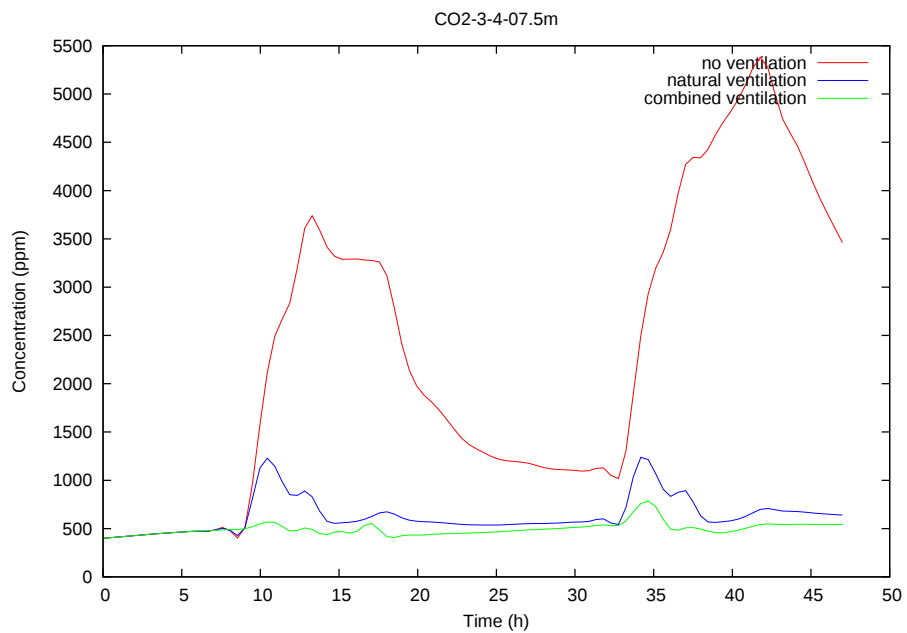


Σχήμα 6.11: Αερισμός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

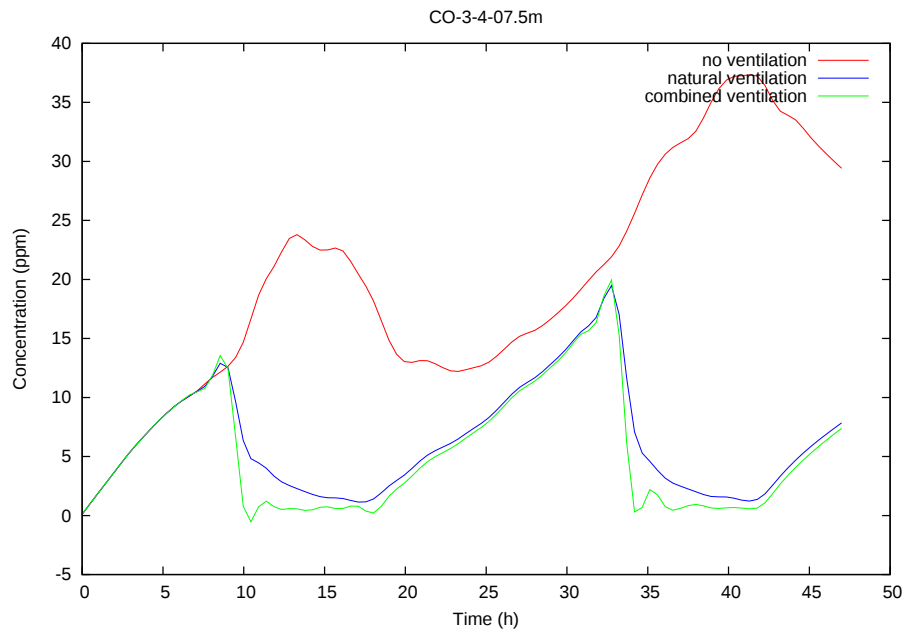


Σχήμα 6.12: Ποσοστό υγρασίας

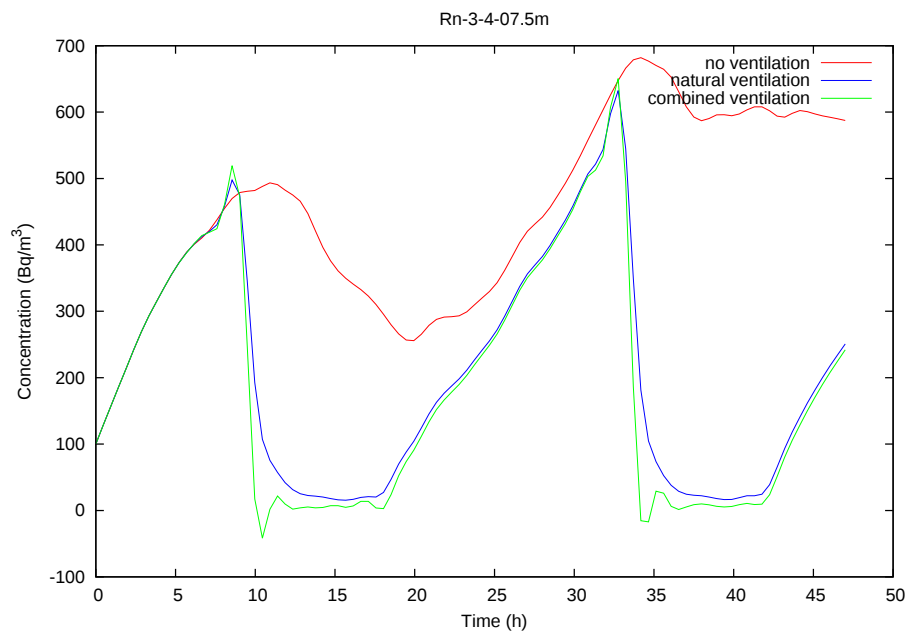


Σχήμα 6.13: Διοξείδιο του άνθρακα

6.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

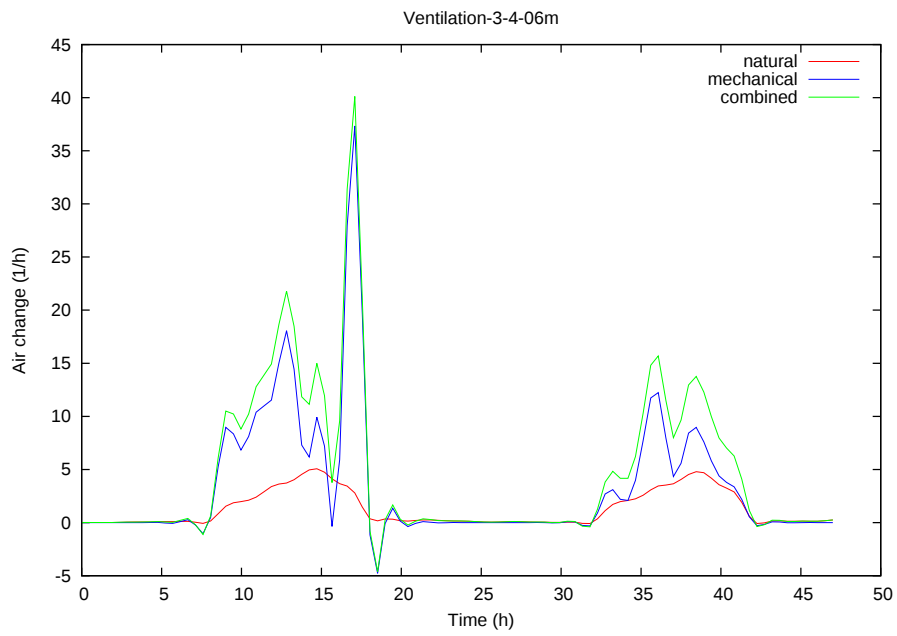


Σχήμα 6.14: Μονοξείδιο του άνθρακα



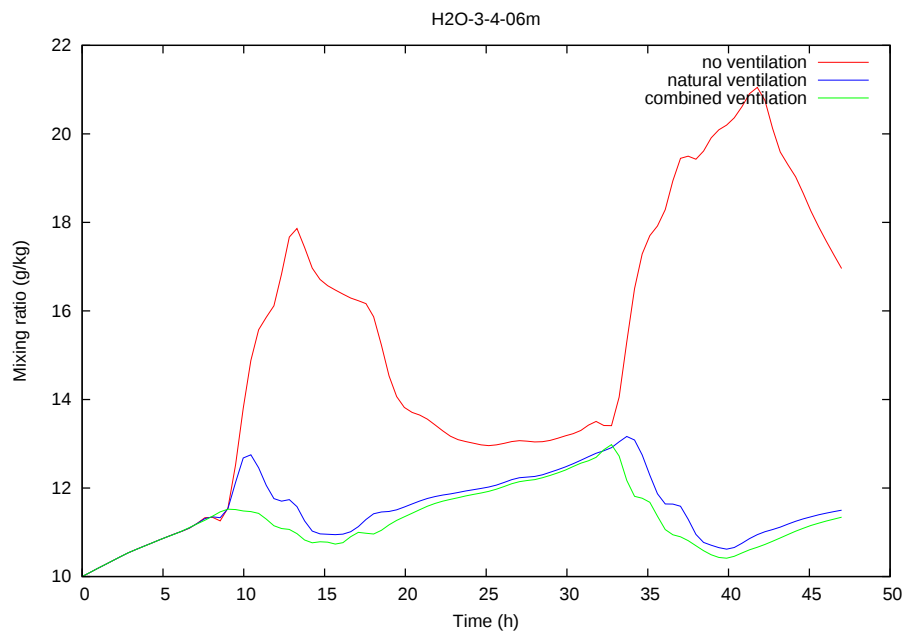
Σχήμα 6.15: Ραδόνιο

6.2.4 4η περίπτωση - 3-4-6 μέτρα

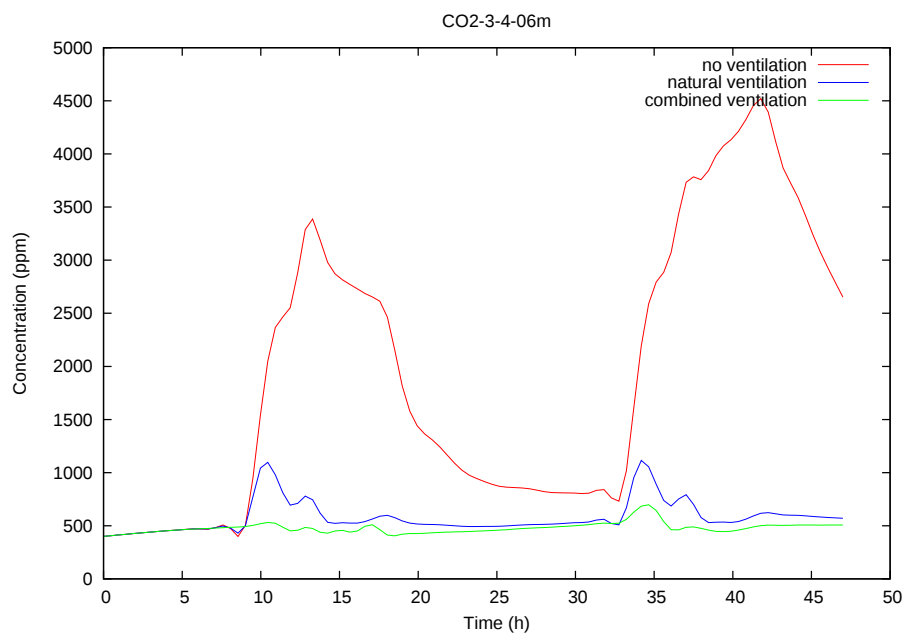


Σχήμα 6.16: Αερισμός

6.2. ΠΡΩΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

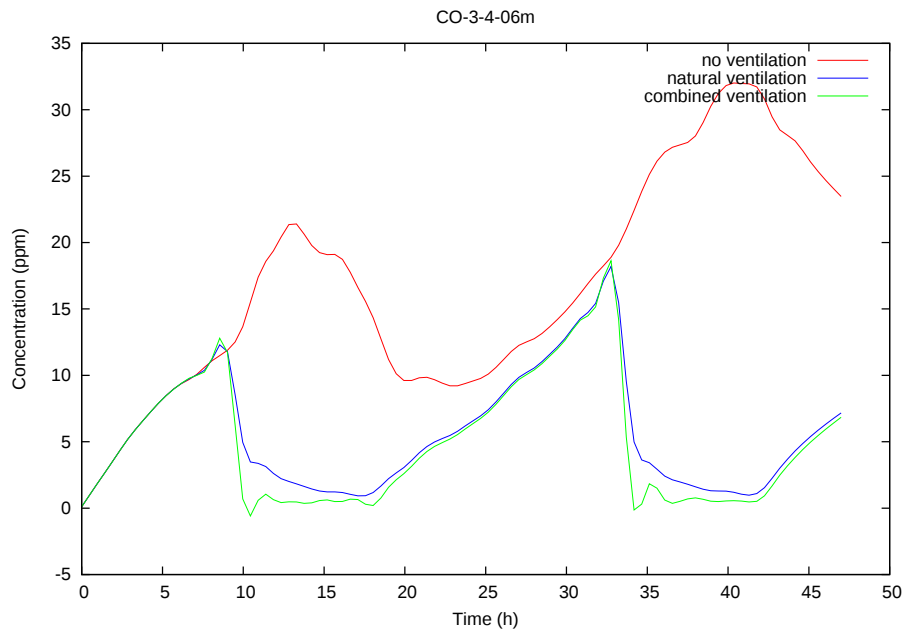


Σχήμα 6.17: Ποσοστό υγρασίας

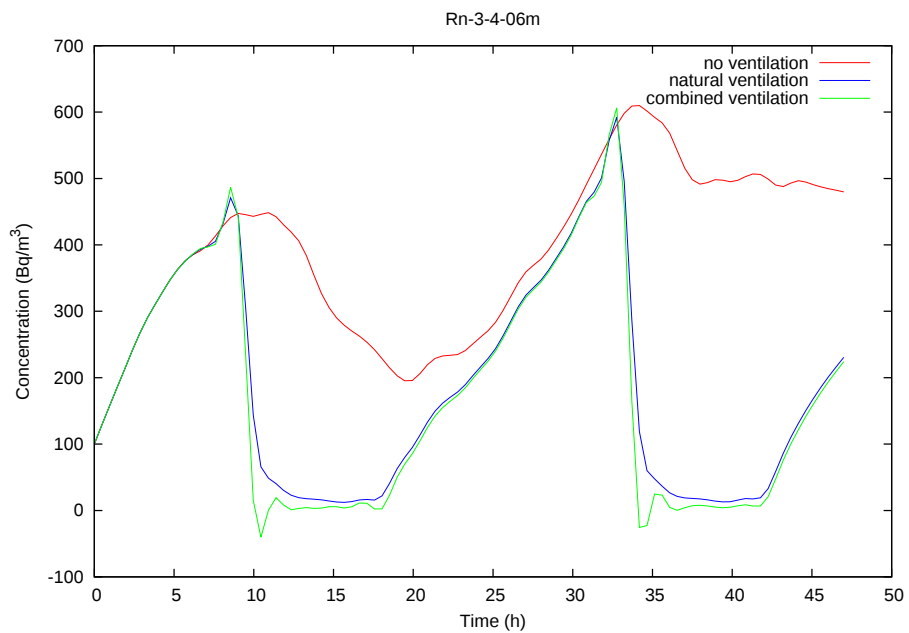


Σχήμα 6.18: Διοξείδιο του άνθρακα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Σχήμα 6.19: Μονοξείδιο του άνθρακα

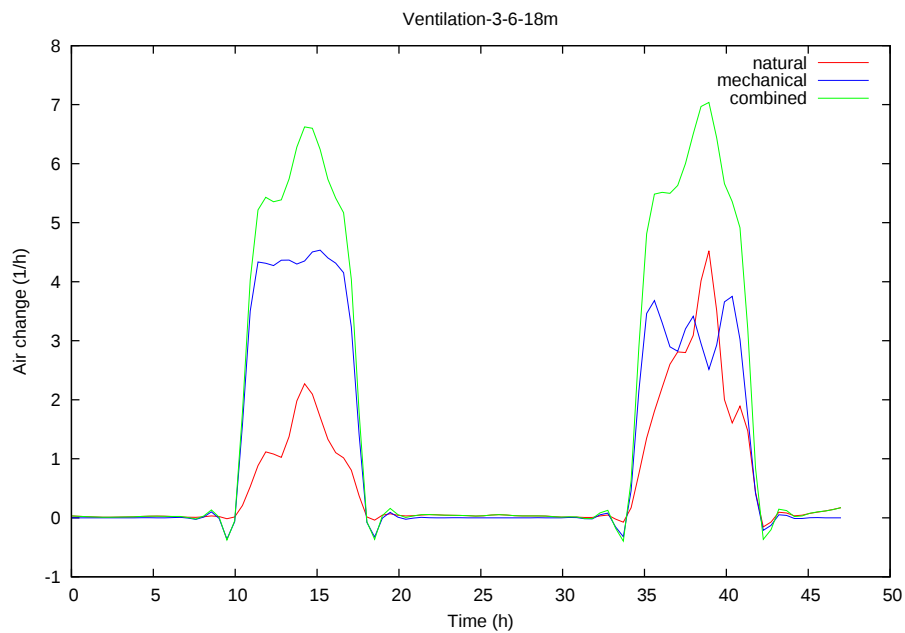


Σχήμα 6.20: Ραδόνιο

6.3 Δεύτερο πείραμα

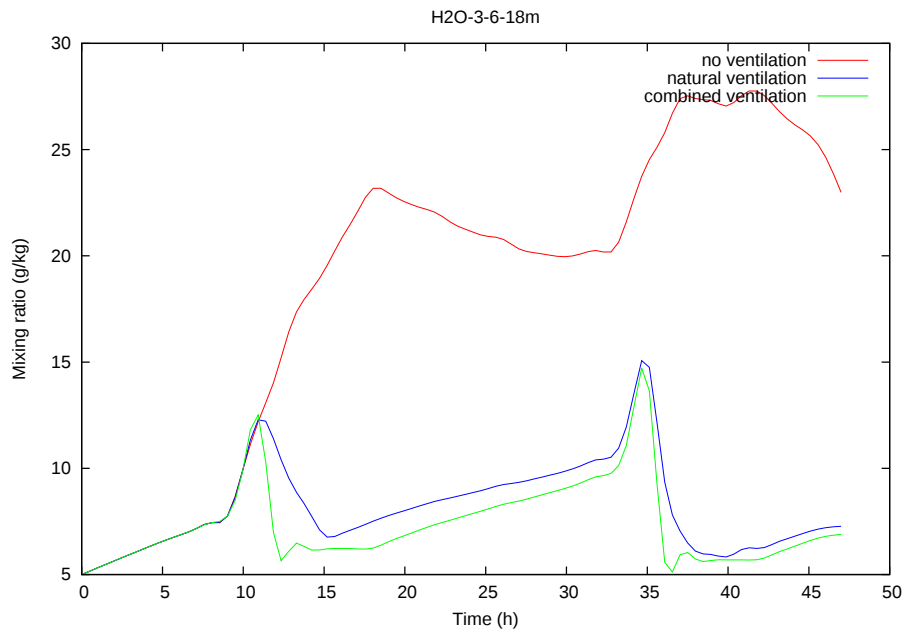
Για όλες τις περιπτώσεις ισχύει ότι δεδομένου πως ο ανεμιστήρας είναι ισχύος 100 watt, με βάση το πρόγραμμα λειτουργίας του, που παρατίθεται στο προηγούμενο κεφάλαιο, η κατανάλωση ενέργειας στην περίπτωση του συνδυαστικού αερισμού, είναι 420 wh ανά ημέρα.

6.3.1 1η περίπτωση - 3-6-18 μέτρα

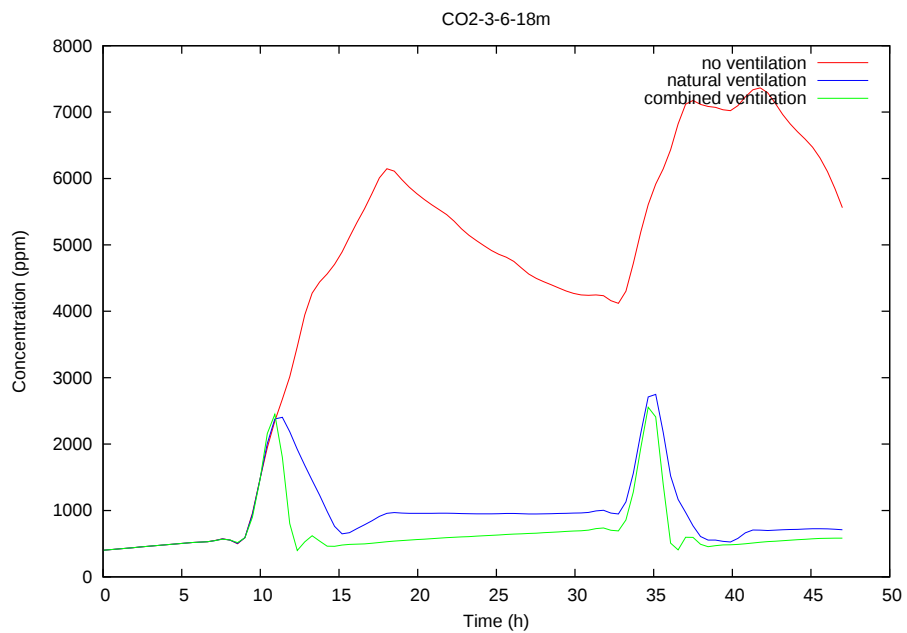


Σχήμα 6.21: Αερισμός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

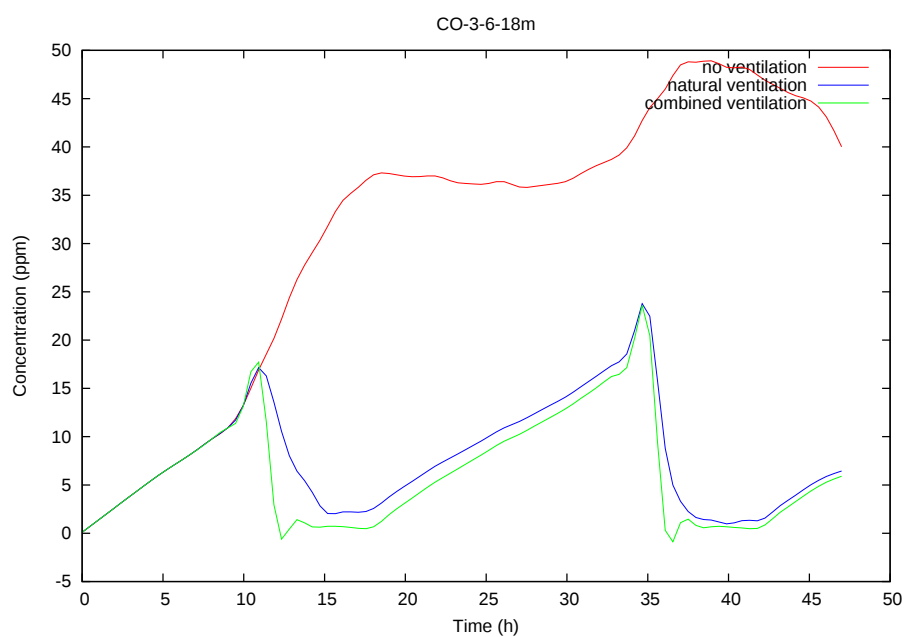


Σχήμα 6.22: Ποσοστό υγρασίας

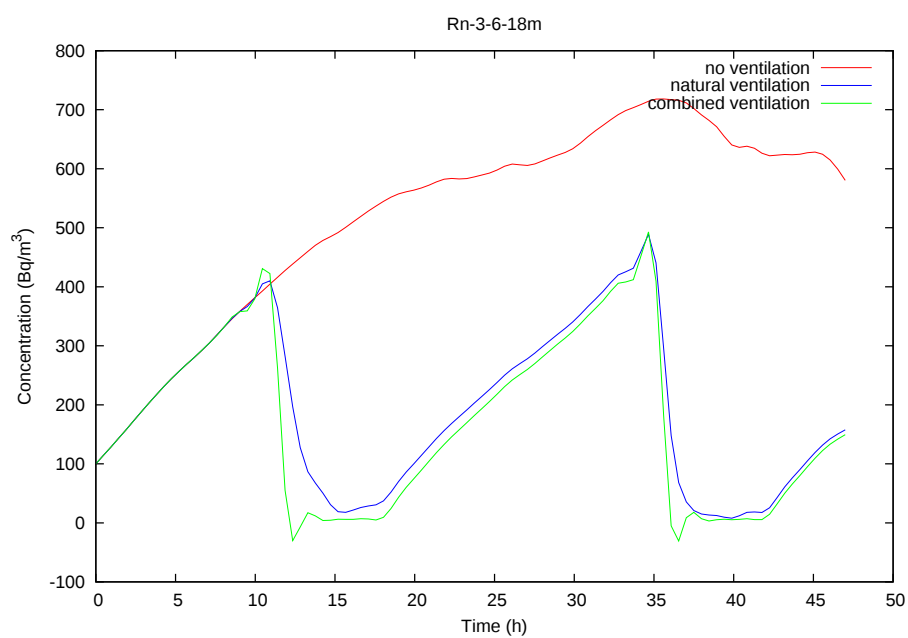


Σχήμα 6.23: Διοξείδιο του άνθρακα

6.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

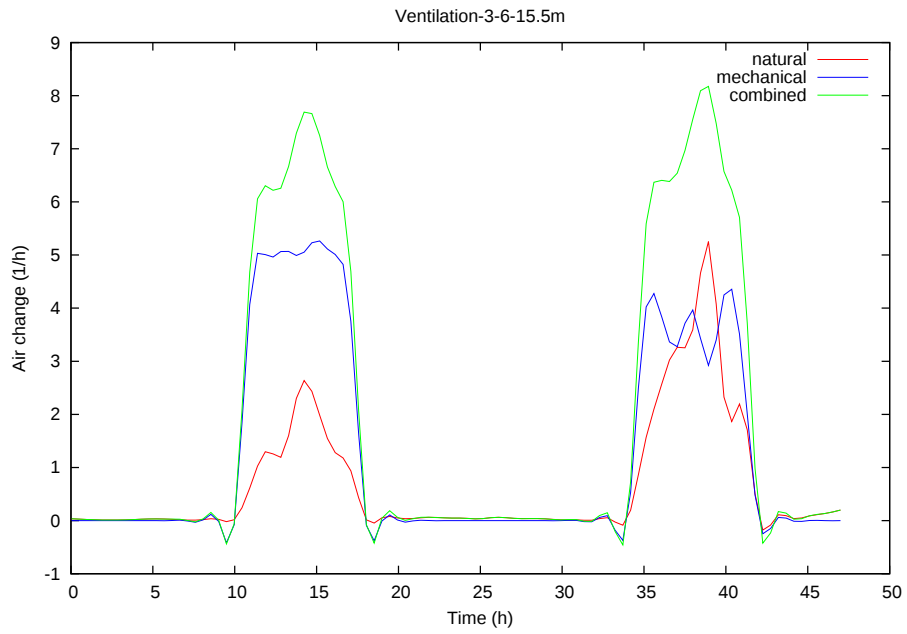


Σχήμα 6.24: Μονοξείδιο του άνθρακα



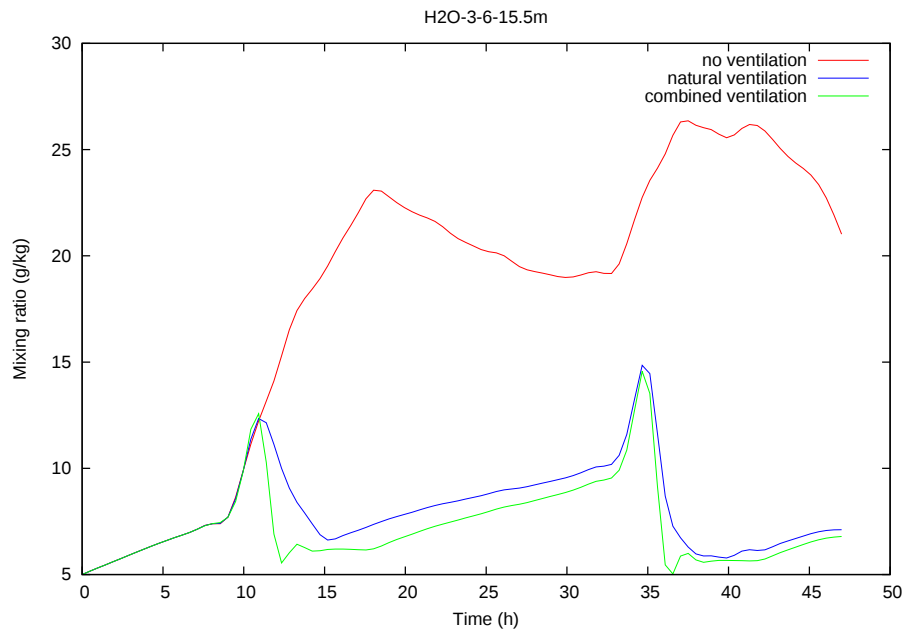
Σχήμα 6.25: Ραδόνιο

6.3.2 2η περίπτωση - 3-6-15.5 μέτρα

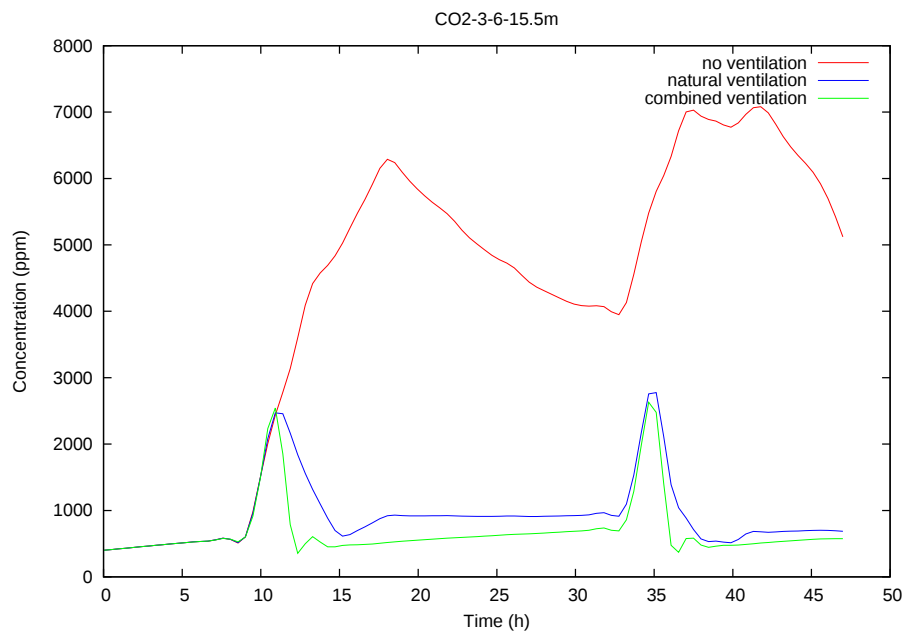


Σχήμα 6.26: Αερισμός

6.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

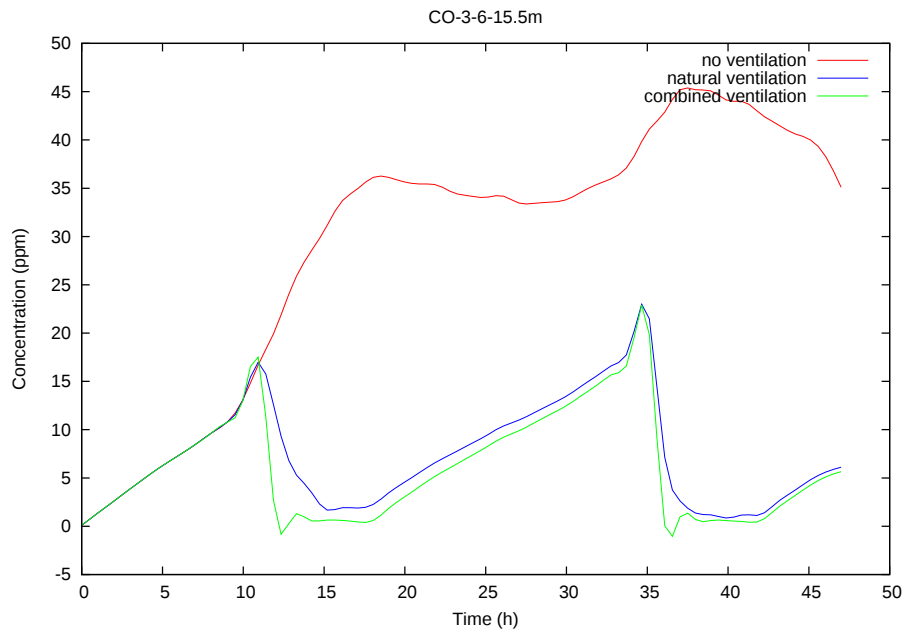


Σχήμα 6.27: Ποσοστό υγρασίας

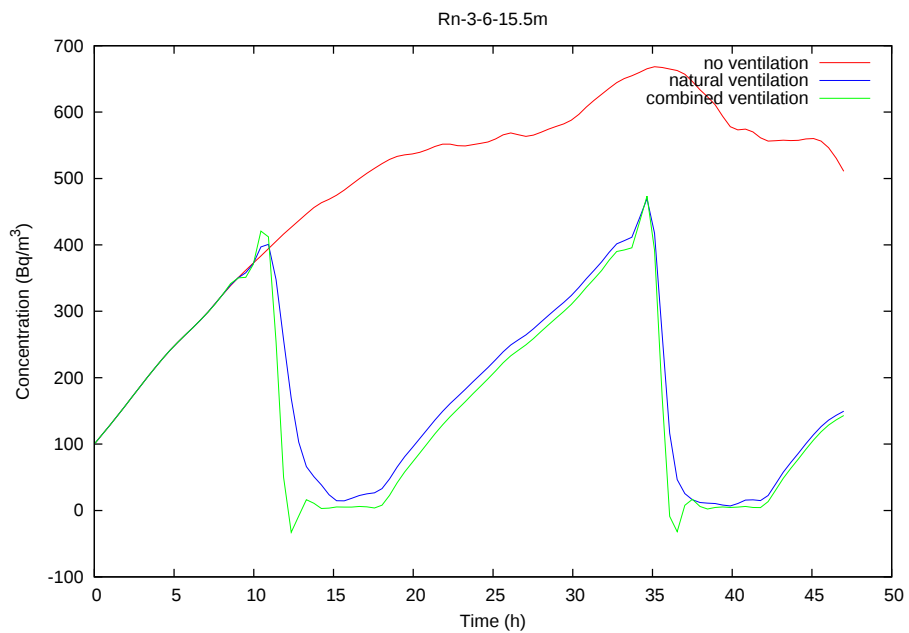


Σχήμα 6.28: Διοξείδιο του άνθρακα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

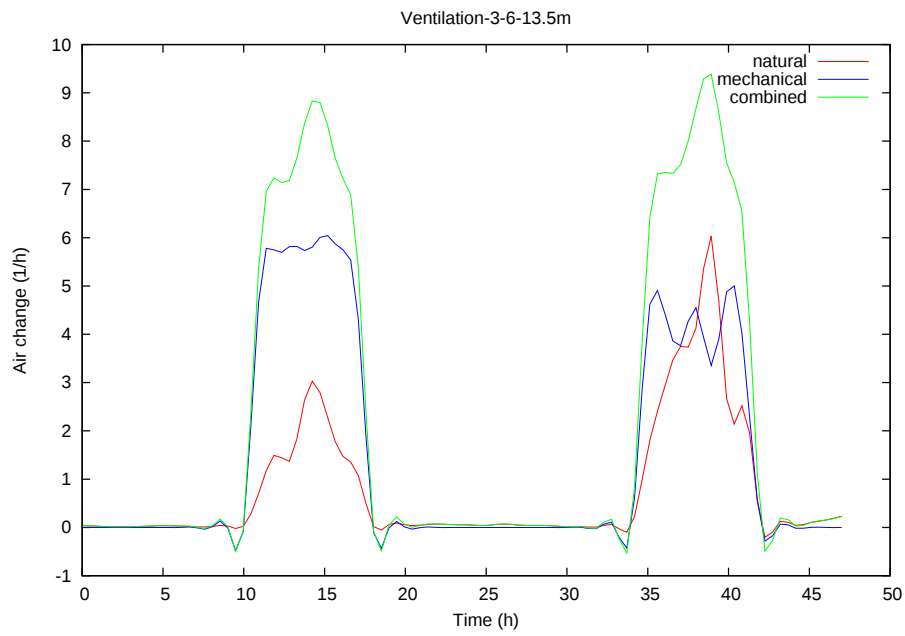


Σχήμα 6.29: Μονοξείδιο του άνθρακα



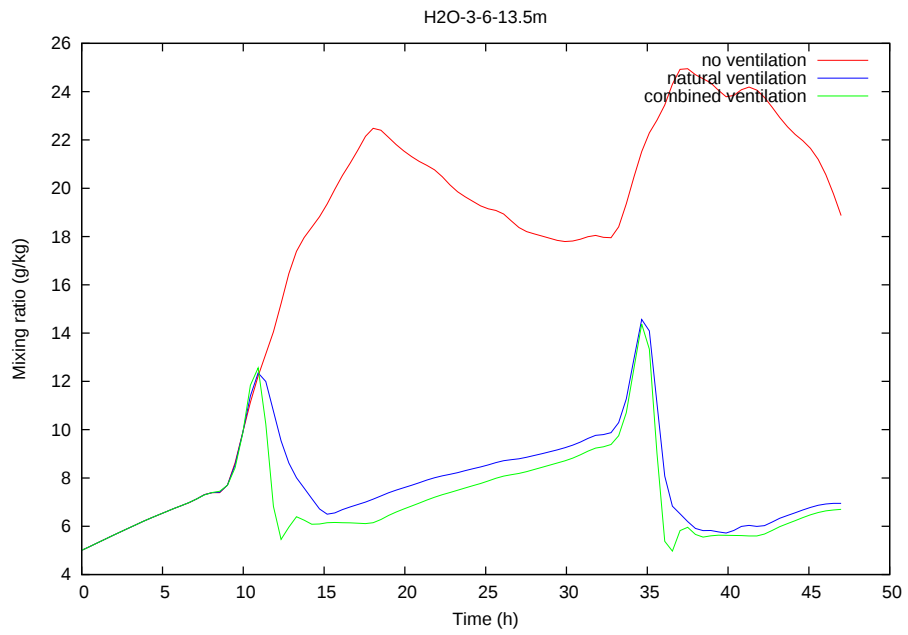
Σχήμα 6.30: Ραδόνιο

6.3.3 3η περίπτωση - 3-6-13.5 μέτρα

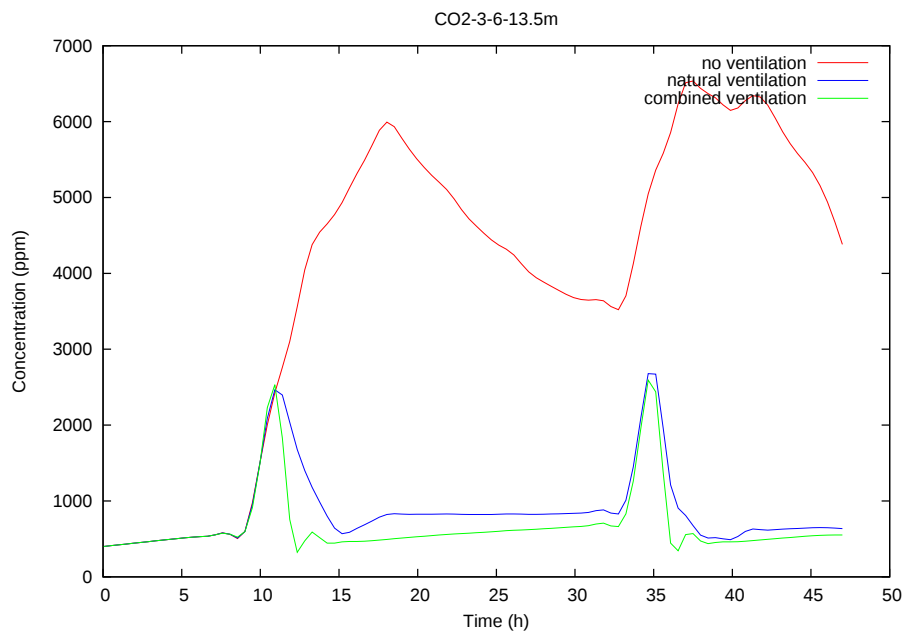


Σχήμα 6.31: Αερισμός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

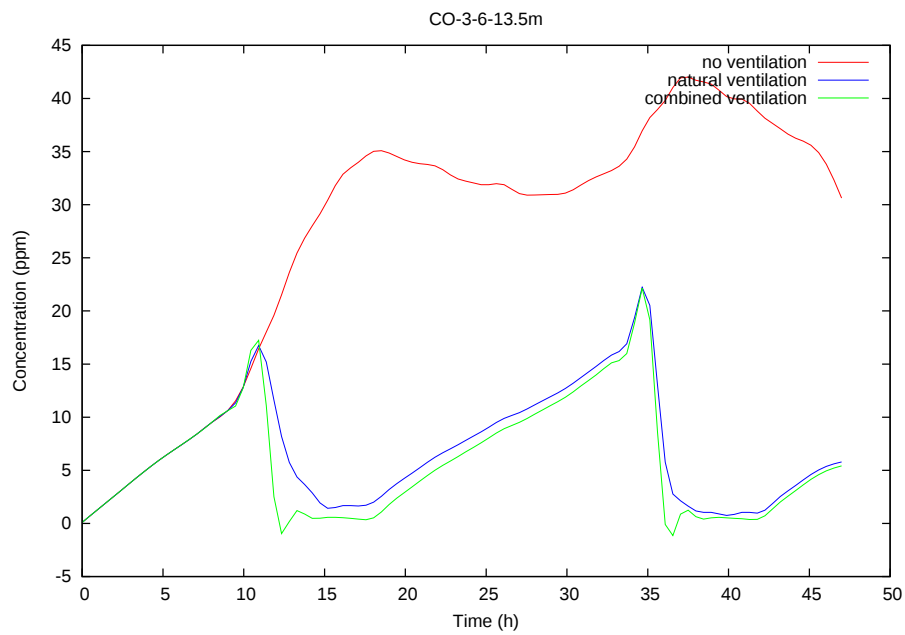


Σχήμα 6.32: Ποσοστό υγρασίας

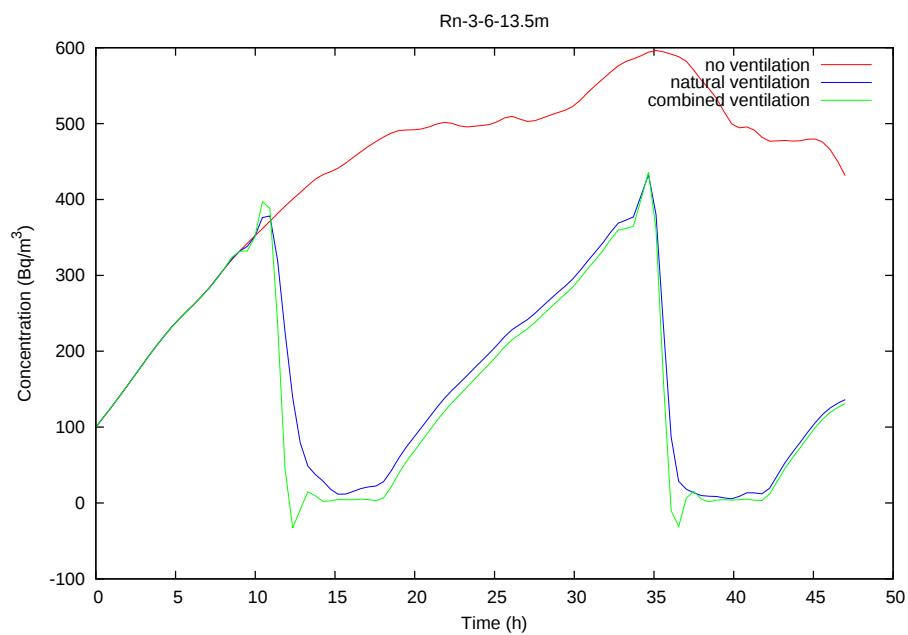


Σχήμα 6.33: Διοξείδιο του άνθρακα

6.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

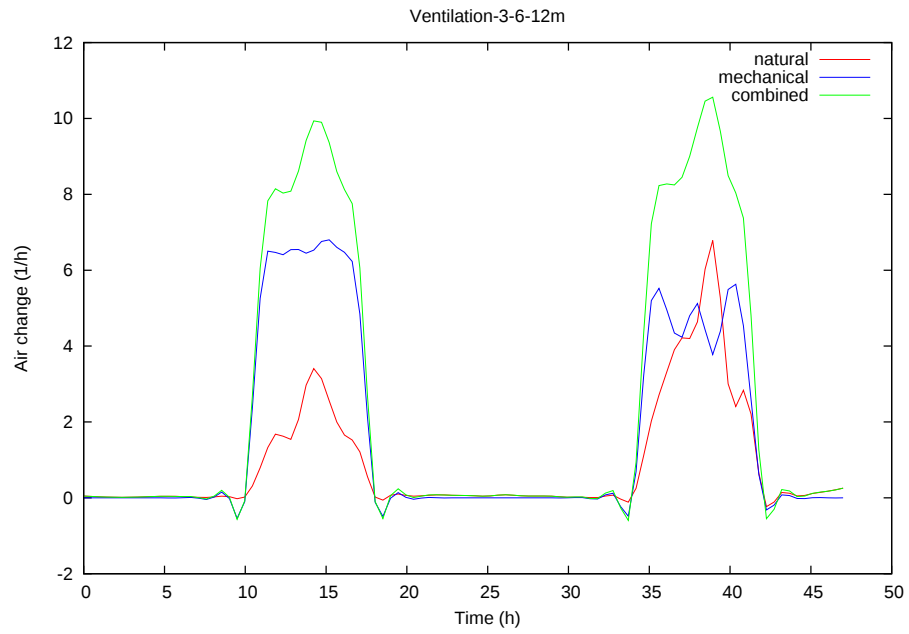


Σχήμα 6.34: Μονοξείδιο του άνθρακα



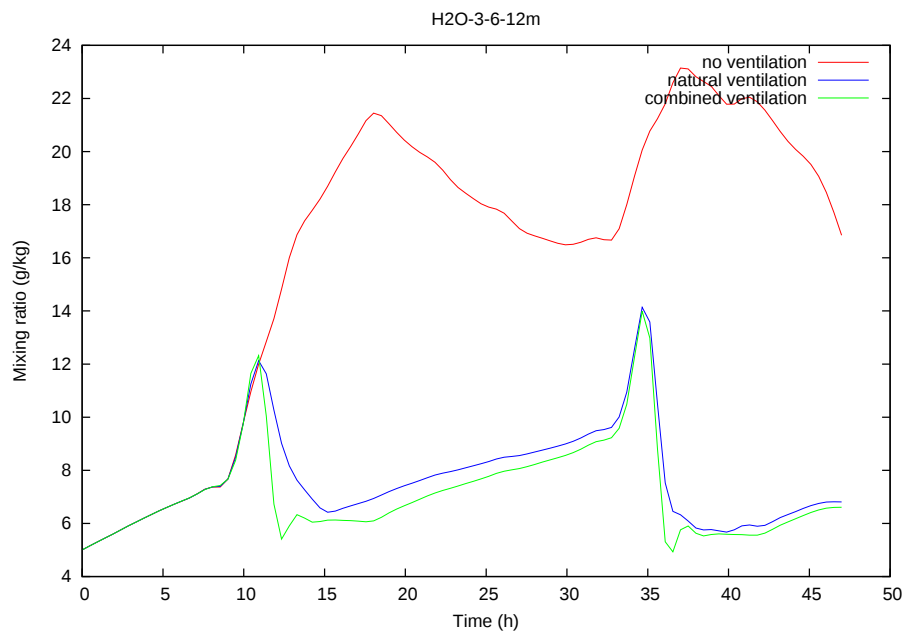
Σχήμα 6.35: Ραδόνιο

6.3.4 4η περίπτωση - 3-6-12 μέτρα

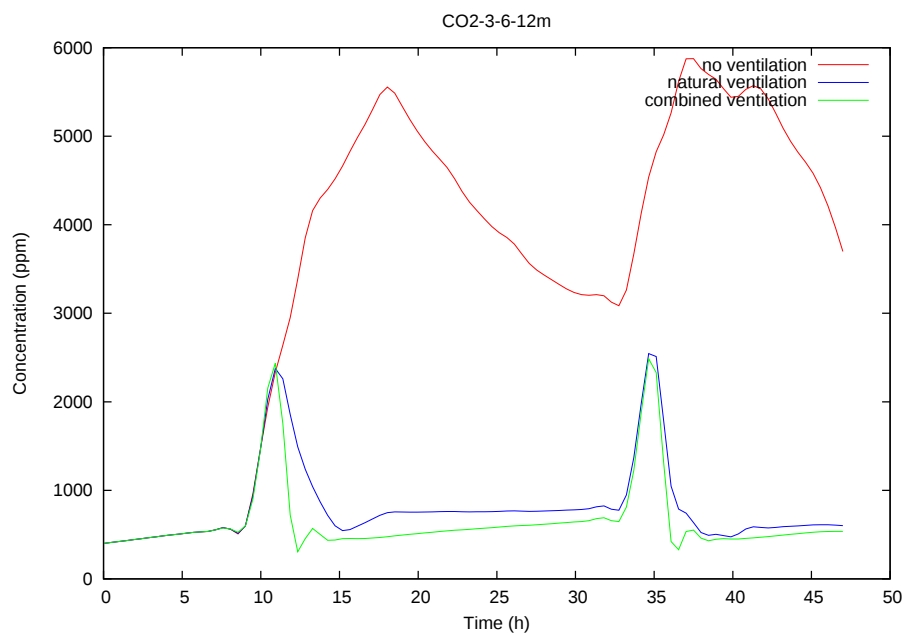


Σχήμα 6.36: Αερισμός

6.3. ΔΕΥΤΕΡΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

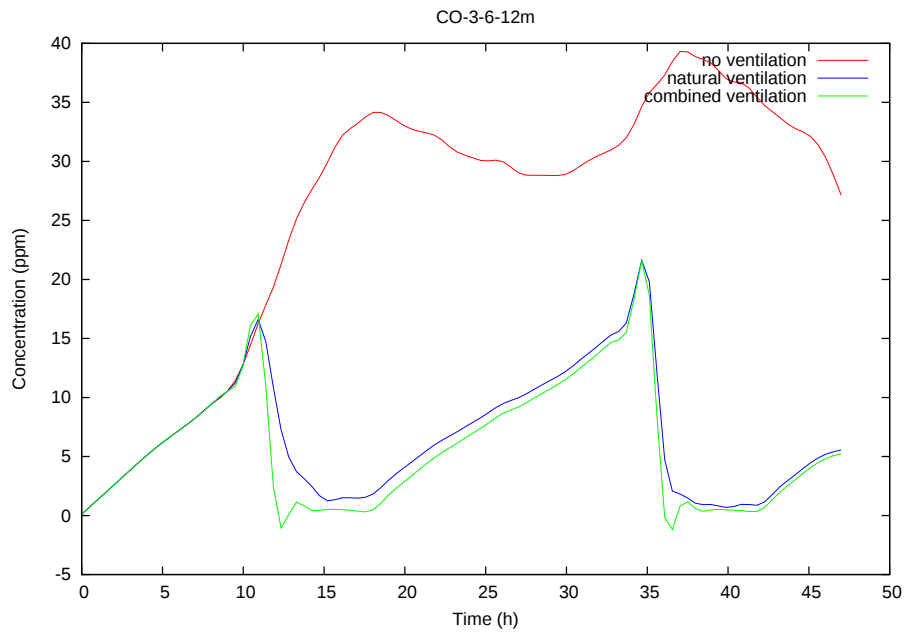


Σχήμα 6.37: Ποσοστό υγρασίας

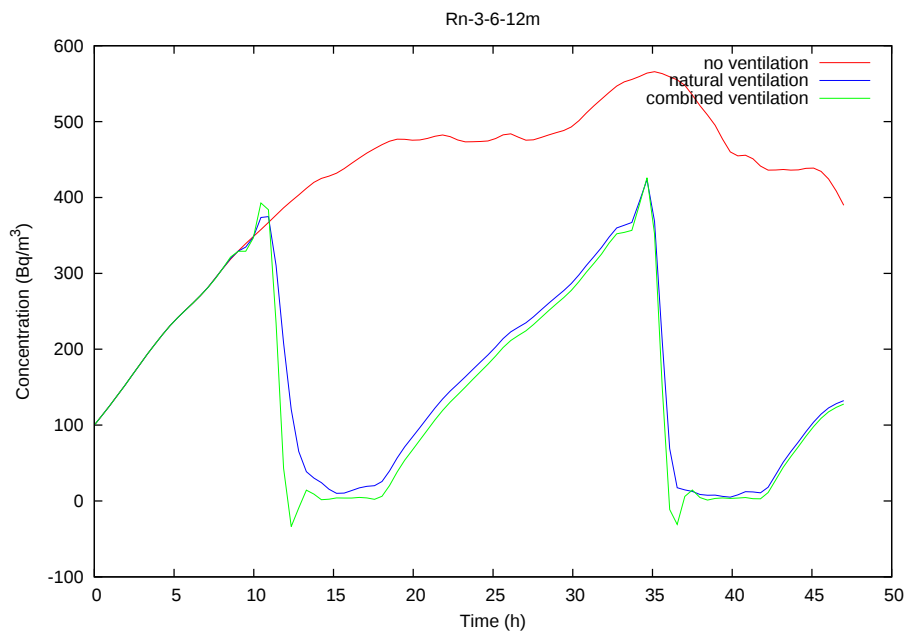


Σχήμα 6.38: Διοξείδιο του άνθρακα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Σχήμα 6.39: Μονοξείδιο του άνθρακα

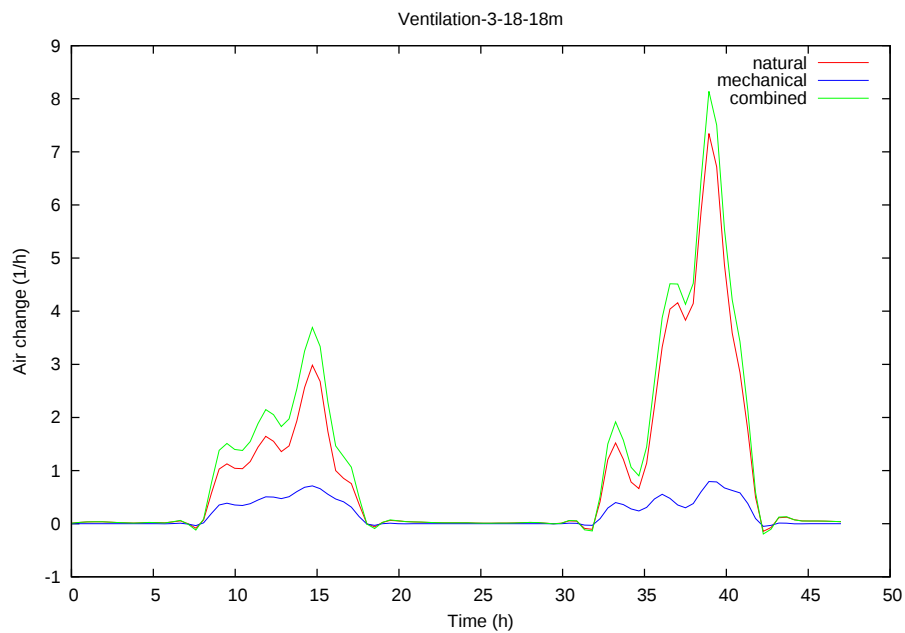


Σχήμα 6.40: Ραδόνιο

6.4 Τρίτο πείραμα

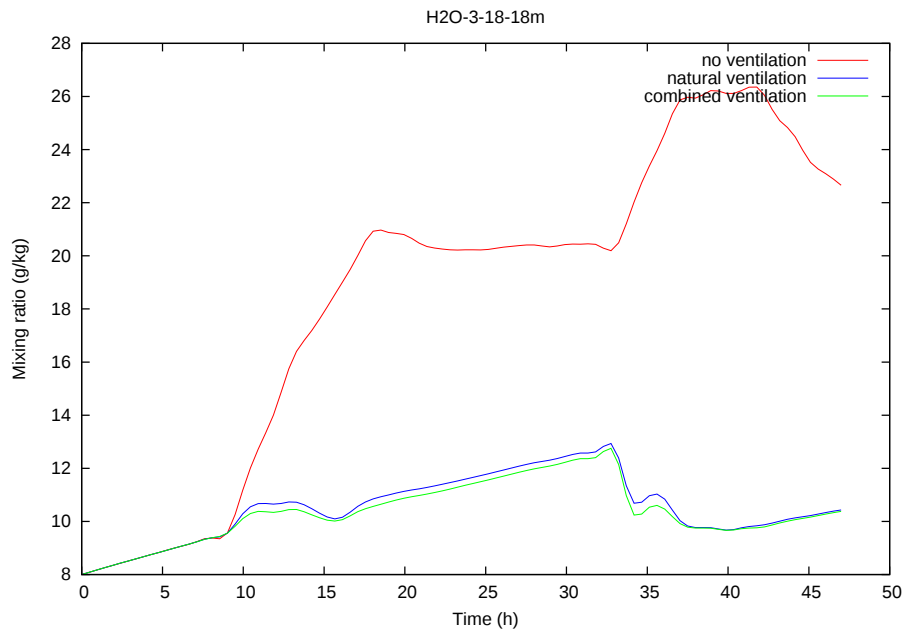
Για όλες τις περιπτώσεις ισχύει ότι δεδομένου πως ο ανεμιστήρας είναι ισχύος 100 watt, με βάση το πρόγραμμα λειτουργίας του, που παρατίθεται στο προηγούμενο κεφάλαιο, η κατανάλωση ενέργειας στην περίπτωση του συνδυαστικού αερισμού, είναι 340 wh ανά ημέρα.

6.4.1 1η περίπτωση - 3-18-18 μέτρα

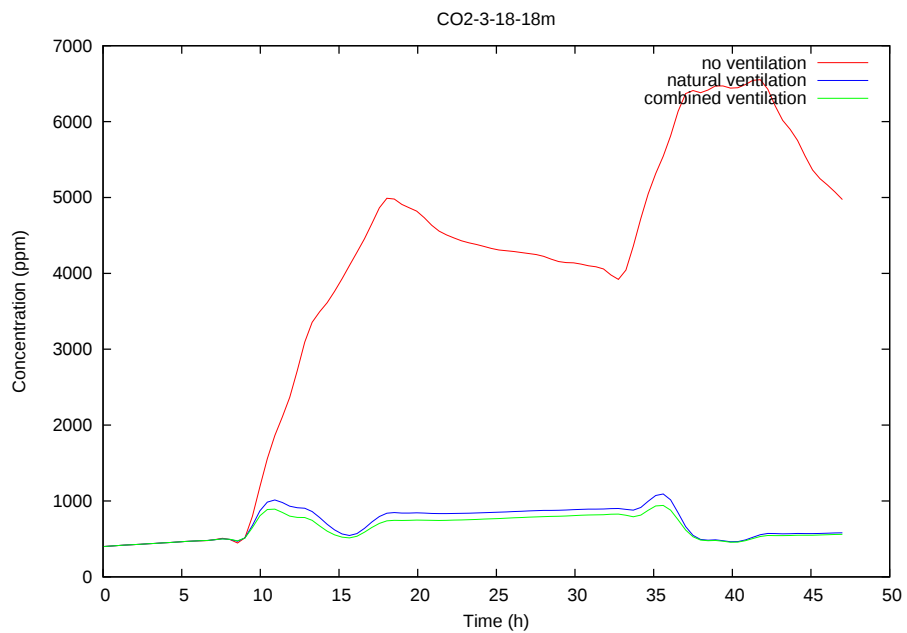


Σχήμα 6.41: Αερισμός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

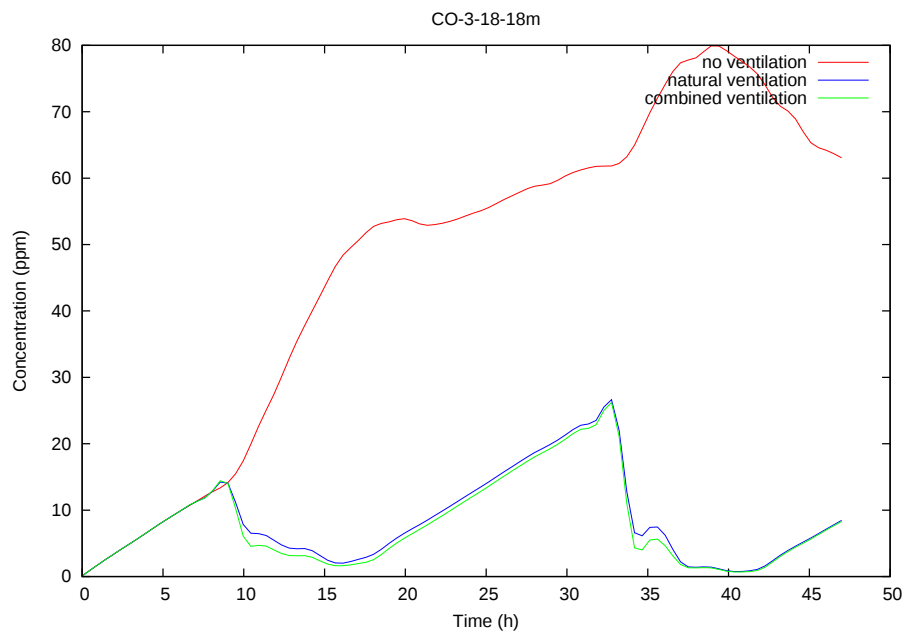


Σχήμα 6.42: Ποσοστό υγρασίας

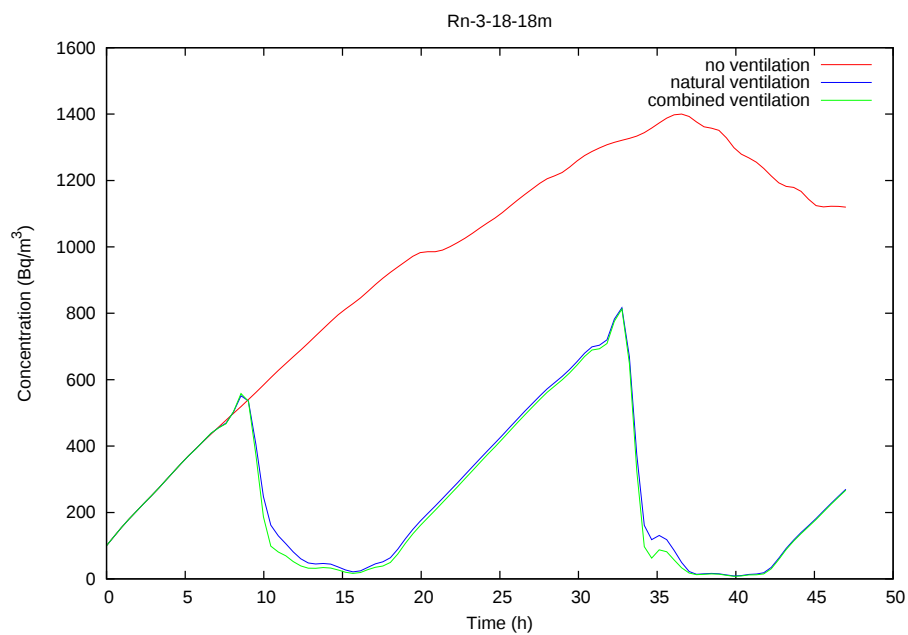


Σχήμα 6.43: Διοξείδιο του άνθρακα

6.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

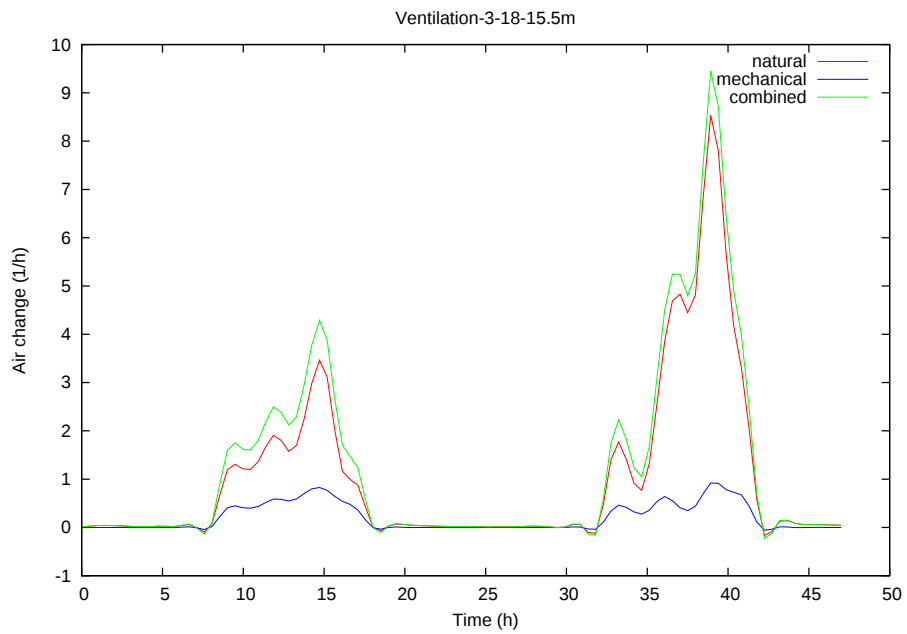


Σχήμα 6.44: Μονοξείδιο του άνθρακα



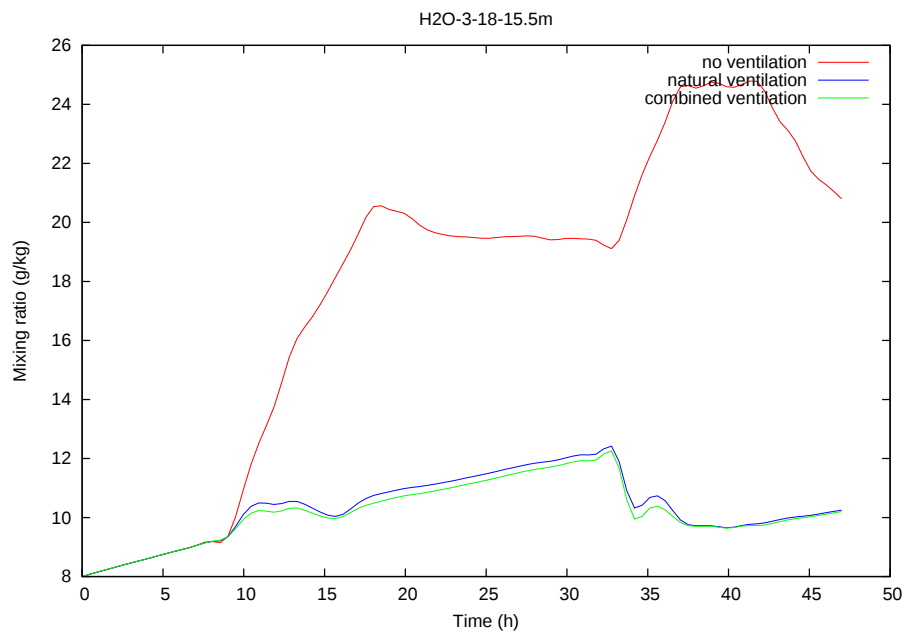
Σχήμα 6.45: Ραδόνιο

6.4.2 2η περίπτωση - 3-18-15.5 μέτρα

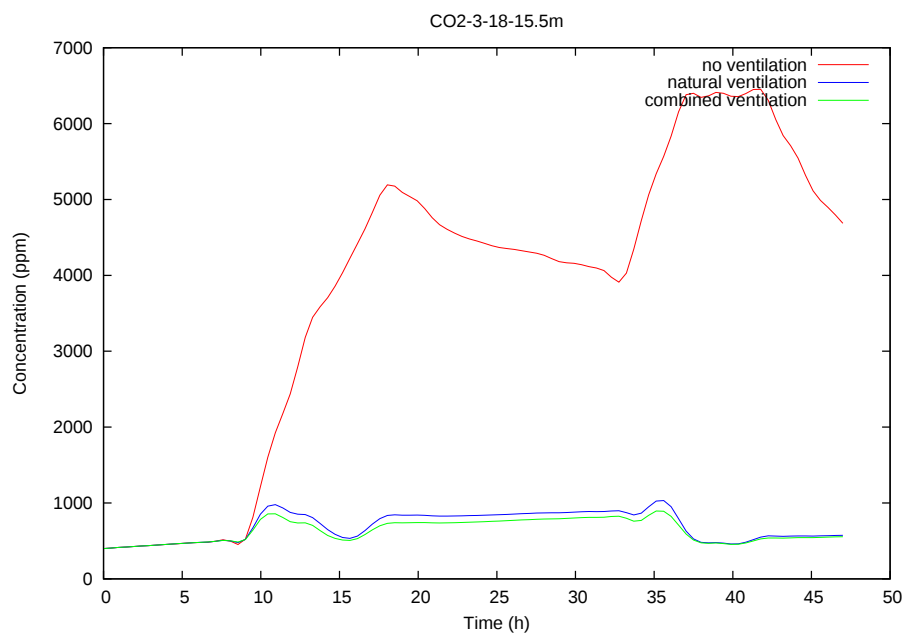


Σχήμα 6.46: Αερισμός

6.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

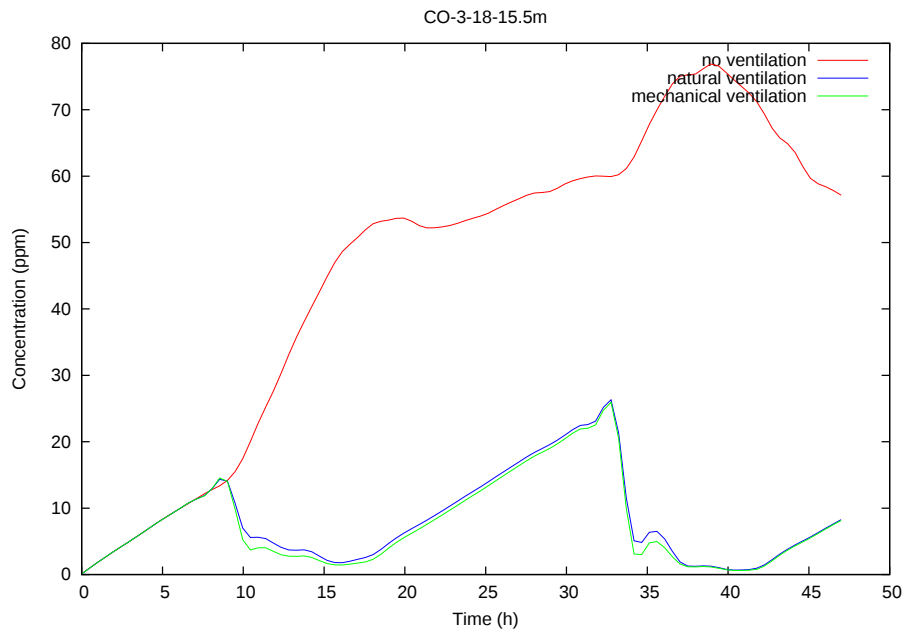


Σχήμα 6.47: Ποσοστό υγρασίας

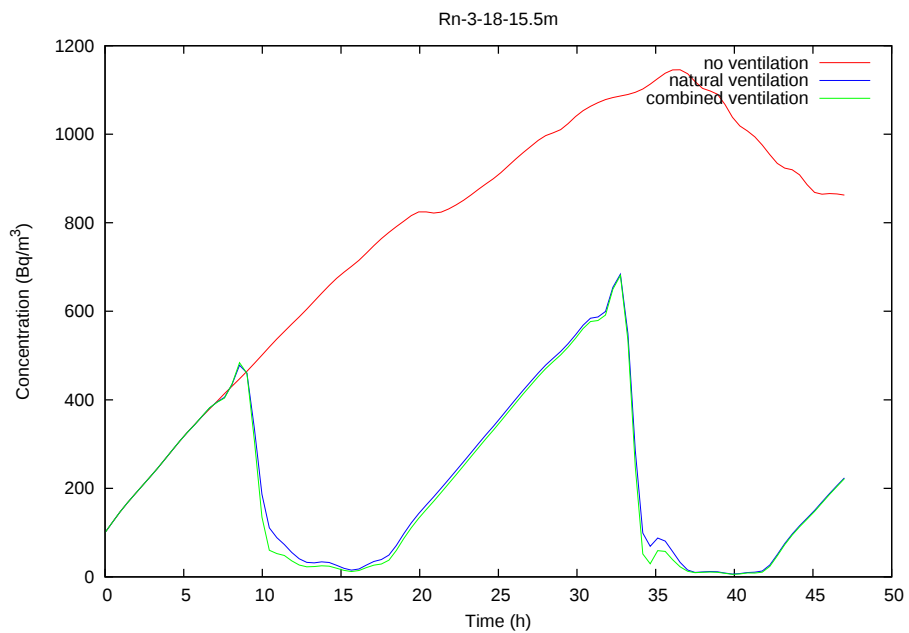


Σχήμα 6.48: Διοξείδιο του άνθρακα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

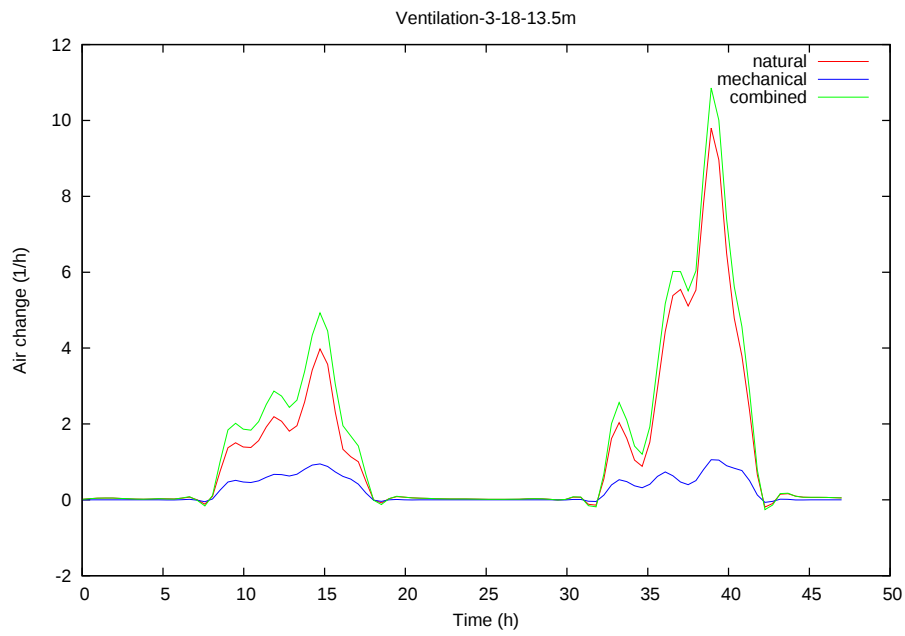


Σχήμα 6.49: Μονοξείδιο του άνθρακα



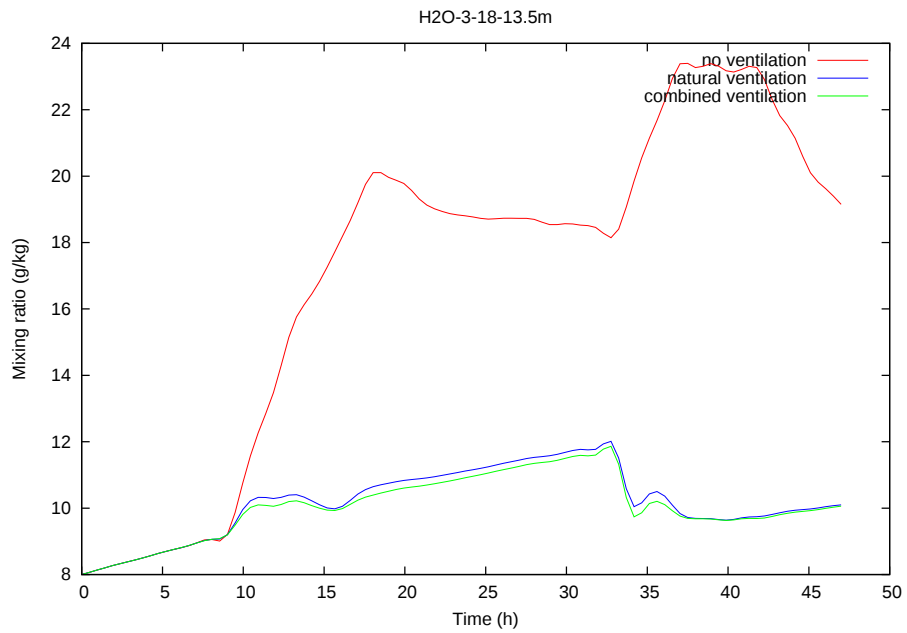
Σχήμα 6.50: Ραδόνιο

6.4.3 3η περίπτωση - 3-18-13.5 μέτρα

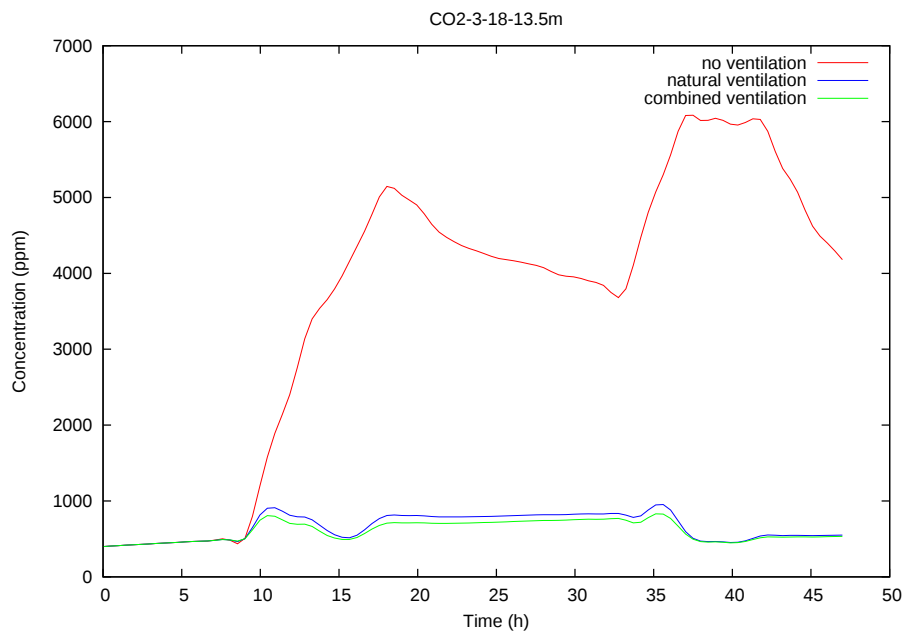


Σχήμα 6.51: Αερισμός

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

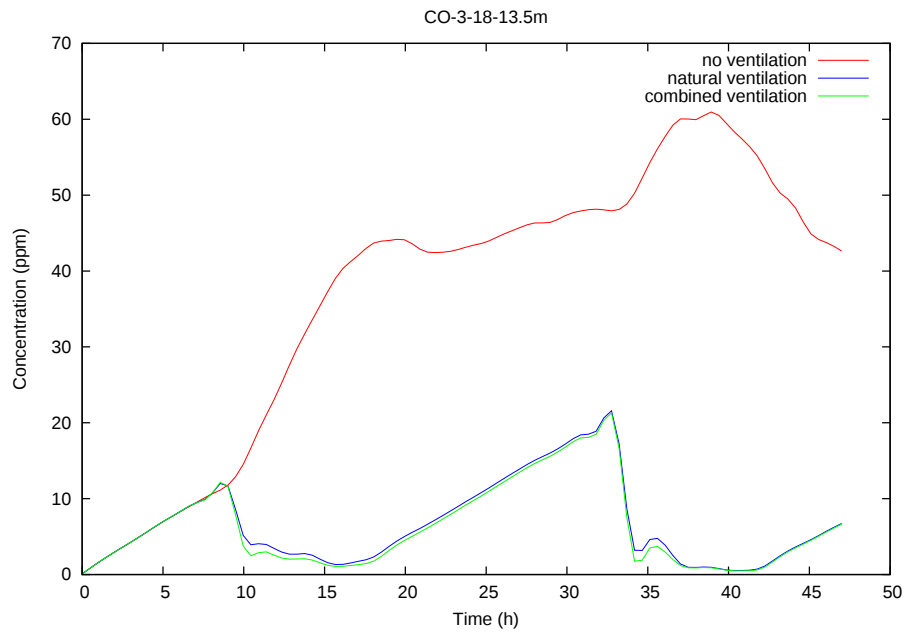


Σχήμα 6.52: Ποσοστό υγρασίας

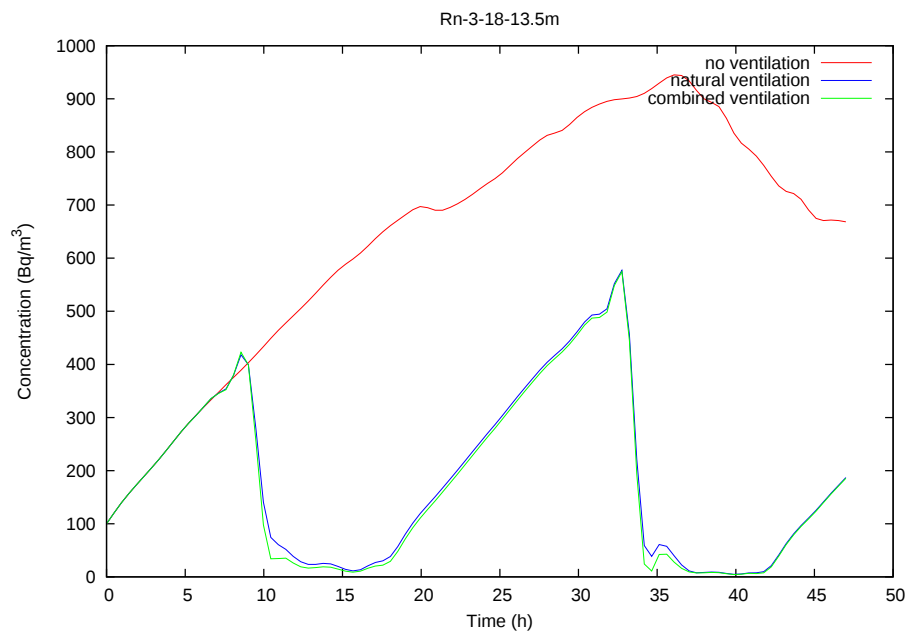


Σχήμα 6.53: Διοξείδιο του άνθρακα

6.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

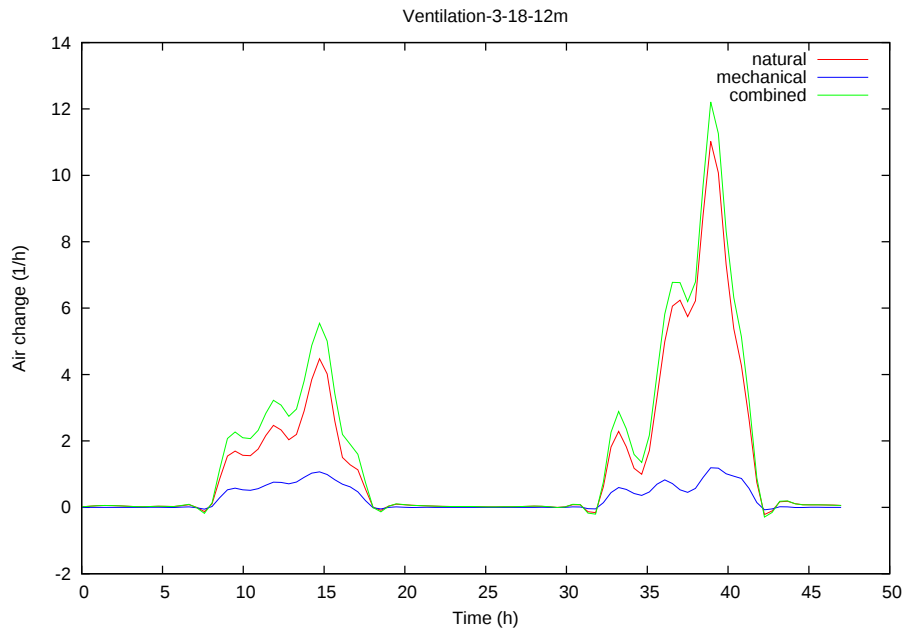


Σχήμα 6.54: Μονοξείδιο του άνθρακα



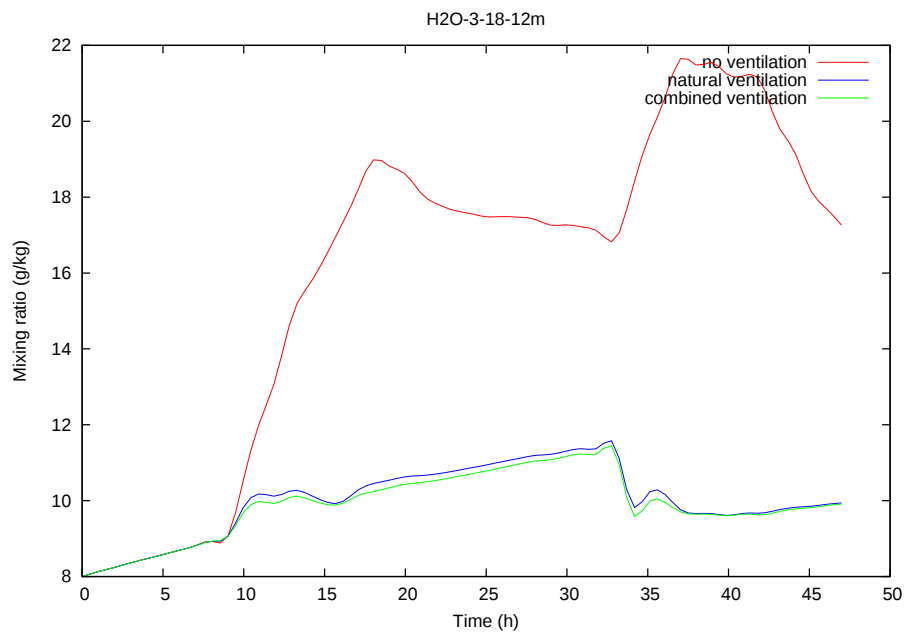
Σχήμα 6.55: Ραδόνιο

6.4.4 4η περίπτωση - 3-18-12 μέτρα

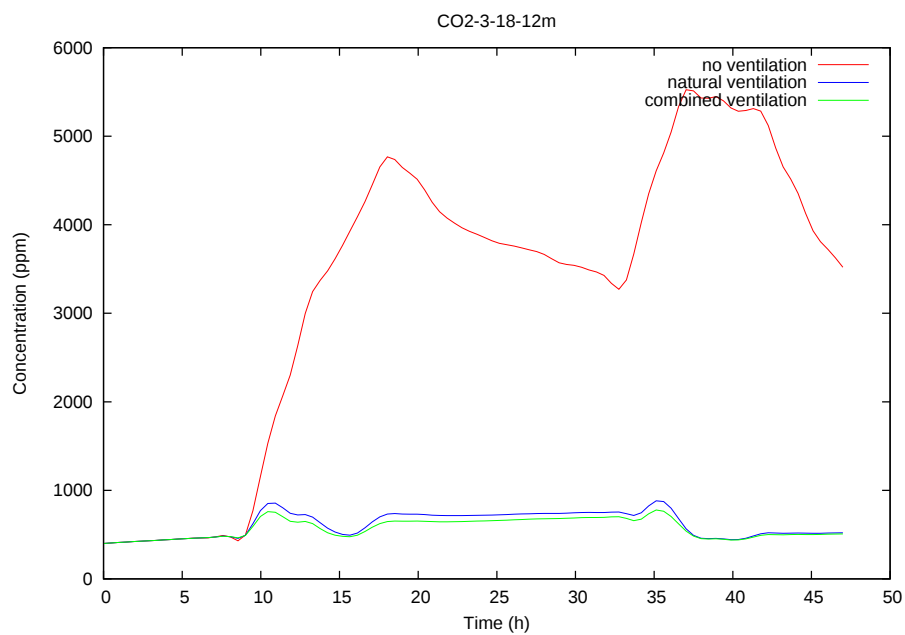


Σχήμα 6.56: Αερισμός

6.4. ΤΡΙΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

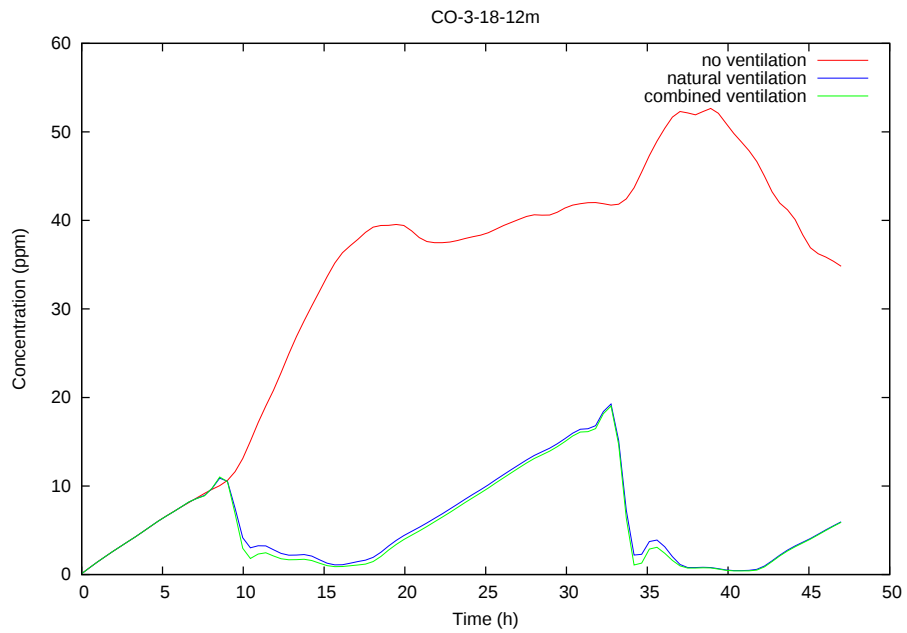


Σχήμα 6.57: Ποσοστό υγρασίας

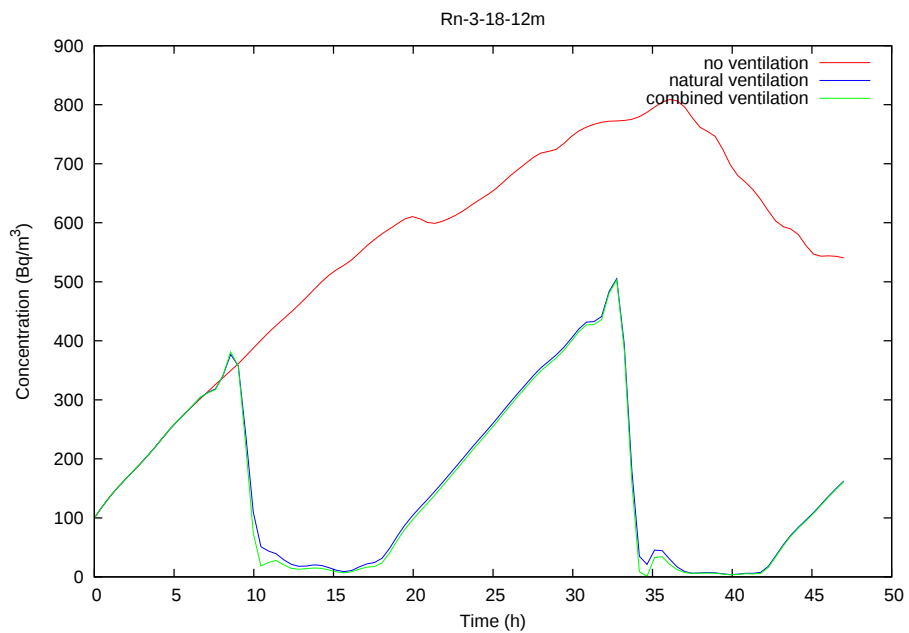


Σχήμα 6.58: Διοξείδιο του άνθρακα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ



Σχήμα 6.59: Μονοξείδιο του άνθρακα



Σχήμα 6.60: Ραδόνιο

Κεφάλαιο 7

Συμπεράσματα

7.1 Γενικός στόχος - Μέθοδοι

Ο σκοπός των πειραμάτων ήταν να ξεκινήσουμε από χώρους μεγάλων διαστάσεων και σιγά-σιγά να μειώνουμε τη μία διάσταση, ώστε να βλέπουμε με κάθε μείωση την καλύτερη λειτουργία του φυσικού αερισμού. Φυσικά σε κάθε βήμα, οι διαστάσεις του παραθύρου, όπως και η λειτουργία του, μένουν ίδιες. Προσπαθούμε να συνταιριάξουμε διαστάσεις χώρου (με τον ανάλογο αριθμό χρηστών) και διαστάσεις παραθύρου, μια και τα πάντα είναι θέμα ισορροπίας. Ένα υπέρμετρα μεγάλο παράθυρο θα δημιουργούσε προβλήματα, ακόμα και κλειστό. Το ελάχιστον θα ήταν η απώλεια χώρου στο εσωτερικό του δωματίου και το μείζον η απώλεια ενέργειας λόγω μεγάλης γυάλινης επιφάνειας, ειδικά σε μία περιοχή με την ηλιοφάνεια της Αττικής.

Σε κάθε βήμα κάνουμε σύγκριση μηδενικού, φυσικού και συνδυαστικού αερισμού. Όσο μικραίνει ο χώρος, τόσο καλύτερα λειτουργεί ο φυσικός αερισμός. Στο μηδενικό αερισμό έχουμε τεράστιες συγκεντρώσεις, αλλά έτσι και αλλιώς πρόκειται για μη ρεαλιστικό σενάριο (δεν θα υποβάλλαμε ποτέ ανθρώπους σε τέτοιες συνθήκες). Το μόνο που θέλουμε να δούμε είναι σε τι βαθμό μειώνει τις συγκεντρώσεις ο αερισμός.

Όπως είπαμε και σε προηγούμενο κεφάλαιο, στο καλοκαιρινό πείραμα δίνουμε προτεραιότητα στο φυσικό αερισμό, στο χειμερινό πείραμα στο μηχανικό και στο φθινοπωρινό σε έναν ισορροπημένο συνδυασμό. Το καλοκαίρι και το χειμώνα, η εσωτερική θερμοκρασία ρυθμίζεται τεχνητά. Αυτό δημιουργεί περιορισμούς ως προς τη χρήση του παραθύρου, γιατί όσο περισσότερο το ανοίγουμε, τόσο περισσότερη ενέργεια καταναλώνει ο κλιματισμός.

7.2 Πρώτο πείραμα

Αερισμός Στο καλοκαιρινό μας πείραμα, προτεραιότητα δίνουμε στο φυσικό αερισμό. Για αυτό το λόγο, ο μηχανικός αερισμός δεν παίζει ιδιαίτερο ρόλο, απλώς βοηθάει στην περαιτέρω μείωση των συγκεντρώσεων.

Υγρασία Εδώ παρατηρούμε ότι στις αρχικές διαστάσεις, οι συγκεντρώσεις δεν μειώνονται επαρκώς απλά και μόνο με το φυσικό αερισμό. Το ποσοστό υγρασίας ξεπερνά για αρκετό διάστημα τα 11.9 g/kg που αντιστοιχούν υπό τις παρούσες συνθήκες πίεσης και θερμοκρασίας ($P=1010$ hPa και $T=25^{\circ}\text{C}$) σε 60% σχετική υγρασία. Η κατάσταση βελτιώνεται σταδιακά, ο μηχανικός αερισμός βοηθάει αλλά όχι ουσιαστικά. Γενικά, η υγρασία είναι το μεγαλύτερό μας πρόβλημα και αυτό οφείλεται και στην αυξημένη υγρασία του εξωτερικού περιβάλλοντος.

Διοξείδιο άνθρακα Στις αρχικές διαστάσεις, οι συγκεντρώσεις στο φυσικό αερισμό ξεπερνούν τα 1100 ppm, αλλά μετά πέφτουν σε αρκετά καλά επίπεδα. Ο μηχανικός αερισμός τις ρίχνει ακόμα χαμηλότερα αλλά δεν μπορούμε να πούμε ότι είναι και απαραίτητος.

Μονοξείδιο άνθρακα Λίγο πολύ ισχύει ότι και για το διοξείδιο του άνθρακα. Ο φυσικός αερισμός τα καταφέρνει καλά και ο μηχανικός αερισμός σχεδόν μηδενίζει τις συγκεντρώσεις, χωρίς βέβαια αυτό να είναι απαραίτητο.

Ραδόνιο Το ραδόνιο έχει τις ιδιαιτερότητές του. Είναι ραδιενεργό, απορροφάται από αντικείμενα του χώρου είτε κινητά (έπιπλα) είτε ακίνητα (τοίχους) και μας απειλεί με διαφορετικό τρόπο από τους υπόλοιπους ρυπαντές. Είναι ο μόνος ρυπαντής για τον οποίο αξίζει να μηδενίσουμε τη συγκέντρωσή του, και ουσιαστικά το πετυχαίνουμε με το μηχανικό αερισμό, έστω και αν η συμβολή του είναι μικρή.

7.3 Δεύτερο πείραμα

Αερισμός Στο χειμερινό μας πείραμα, προτεραιότητα δίνουμε στο μηχανικό αερισμό. Για αυτό το λόγο, ο φυσικός αερισμός δεν καταφέρνει να μειώσει επαρκώς τις συγκεντρώσεις και ο μηχανικός αερισμός έχει καθοριστική συμβολή. Η ωριαία εναλλαγή εσωτερικού αέρα πολλαπλασιάζεται με τη συμβολή του μηχανικού αερισμού.

Υγρασία Παρόλο που με φυσικό και συνδυαστικό αερισμό φτάνουμε περίπου στις ίδιες μέγιστες τιμές, με συνδυαστικό αερισμό αυτές οι τιμές πέφτουν γρηγορότερα.

Διοξείδιο άνθρακα Οι συγκεντρώσεις μπορεί να πιάνουν υψηλά μέγιστα αλλά πέφτουν γρήγορα, ειδικά με τη συμβολή του μηχανικού αερισμού. Όπως και με την υγρασία, το πρόβλημα υπάρχει μόνο για τις πρώτες 2-3 ώρες της εργάσιμης ημέρας.

Μονοξείδιο άνθρακα Ουσιαστικά ισχύουν τα ίδια με το διοξείδιο του άνθρακα.

Ραδόνιο Με τη βοήθεια του μηχανικού αερισμού μηδενίζουμε τη συγκέντρωση.

7.4 Τρίτο πείραμα

Αερισμός Στο φθινοπωρινό μας πείραμα, χρησιμοποιούμε έναν ισορροπημένο συνδυασμό φυσικού-μηχανικού αερισμού. Εδώ παρατηρούμε πως ο μηχανικός αερισμός είναι χαμηλότερος από το φυσικό! Αυτό οφείλεται στον ανορθολογικό τρόπο με τον οποίο ελαττώνεται η μια διάσταση του χώρου (περαιτέρω ανάλυση παρακάτω στα «Σημεία ενδιαφέροντος»). Το φαινόμενο αυτό έχει σαν αποτέλεσμα όπως θα δούμε παρακάτω να είναι πρακτικά μηδενική η συμβολή του μηχανικού αερισμού στην ελάττωση των συγκεντρώσεων.

Υγρασία Μικρή η συμβολή του μηχανικού αερισμού. Το ποσοστό υγρασίας είναι μονίμως πάνω από 9.74 g/kg που αντιστοιχεί σε 60% αλλά έχουμε γενικά μεγάλη υγρασία και στον εξωτερικό χώρο.

Διοξείδιο άνθρακα Οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται σε χαμηλές τιμές ακόμα και μόνο με το φυσικό αερισμό.

Μονοξείδιο άνθρακα Και εδώ οι συγκεντρώσεις περιορίζονται σε χαμηλά επίπεδα.

Ραδόνιο Και εδώ οι συγκεντρώσεις κυμαίνονται σε χαμηλά επίπεδα χάρη στο φυσικό αερισμό.

7.5 Σημεία ενδιαφέροντος

Αντί επιλόγου σε αυτό το κεφάλαιο παρατίθεται μια λίστα με ερωτήματα που προκύπτουν από τα πειράματα.

Γιατί δεν υπάρχει εαρινό πείραμα; Ο σκοπός ήταν να δούμε δύο ακραίες καιρικά συνθήκες (χειμώνας-καλοκαίρι) και μια ενδιάμεση (φθινόπωρο). Τα καιρικά δεδομένα της άνοιξης (θερμοκρασία, άνεμος, υγρασία κλπ.) δεν διαφέρουν από του φθινοπώρου, έτσι δεν θα είχε νόημα ένα εαρινό πείραμα.

Γιατί στο τρίτο πείραμα δεν ελαττώνεται η απόσταση των παραθύρων; Στα δύο πρώτα πειράματα, η διάσταση που ελαττώνεται είναι κάθετη στον άξονα του (ή των) παραθύρου (-ων). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα τη βελτίωση του αερισμού γιατί το ρεύμα αέρα που εισέρχεται στο χώρο κινείται παράλληλα με τη διάταξη παραθύρου-ανεμιστήρα ή παραθύρου-παραθύρου. Στο τρίτο πείραμα ελαττώνουμε την άλλη διάσταση. Στην πράξη αυτό δεν έχει νόημα, γιατί εμποδίζουμε τον αερισμό αλλά θέλουμε να δούμε τη συμπεριφορά του αερισμού σε αυτήν την περίπτωση. Και το αποτέλεσμα είναι ότι ο μηχανικός αερισμός είναι μικρότερος από το φυσικό! Οι περίεργες αυτές διαστάσεις δεν εμποδίζουν μόνο το φυσικό αλλά και το μηχανικό αερισμό.

Είναι δυνατόν να πετύχουμε χαμηλότερη εσωτερική από εξωτερική συγκέντρωση; Θεωρητικά, μόνο με τη χρήση αερισμού, δεν μπορούμε να πετύχουμε κάτι τέτοιο μακροπρόθεσμα. Είναι πιθανό όμως σε κάποιες χρονικές στιγμές να παρατηρηθεί όντως κάτι τέτοιο. Στην καλύτερη περίπτωση πάντως, θα επέλθει μια ισορροπία μεταξύ εσωτερικής-εξωτερικής συγκέντρωσης. Αν θέλουμε να μειώσουμε περαιτέρω τη συγκέντρωση, μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε φίλτρα, αφυγραντές κλπ.

Με τόσο μικρή διαφορά μερικές φορές μεταξύ φυσικού-μηχανικού αερισμού, γιατί χρησιμοποιούμε το δεύτερο; Το καλοκαίρι που χρησιμοποιούμε αρκετά το φυσικό αερισμό, ο μηχανικός δεν παίζει μεγάλο ρόλο στην ελάττωση των συγκεντρώσεων. Παίζει όμως ρόλο στη διατήρηση της εσωτερικής θερμότητας. Το φθινόπωρο ο μηχανικός αερισμός είναι χαμηλότερος από το φυσικό και φυσικά δε χρειάζεται (τουλάχιστον για το συγκεκριμένο πείραμα), αλλά θέλαμε να δούμε τη συμπεριφορά του αερισμού σε ένα χώρο του οποίου οι διαστάσεις δεν μεταβάλλονται κατά τον ορθό τρόπο.

Η ελάττωση των συγκεντρώσεων έχει νόημα μόνο κατά τις εργάσιμες ώρες; Ο πρωταρχικός μας στόχος είναι αυτός, να έχουμε χαμηλές συγκεντρώσεις κατά τις ώρες που εργάζονται οι υπάλληλοι. Υπάρχει βέβαια και το ζήτημα της φθοράς των υλικών αντικειμένων του χώρου από υψηλές τιμές υγρασίας για παράδειγμα, αλλά ενδιαφερόμαστε κυρίως για την υγεία των ανθρώπων.

Γιατί να μη χρησιμοποιήσουμε αισθητήρες αντί για μοντελοποίηση; Για οικονομικούς λόγους. Ακόμα και για πιο σύνθετους χώρους, με πολλές ζώνες, πολλά στρώματα ζωνών, πολύπλοκα προγράμματα χρήσης κλπ, απλά θα χρειαζόμασταν περισσότερη δουλειά στο σχεδιασμό και στη μοντελοποίηση. Το κόστος όμως δεν

αυξάνεται, το λογισμικό μόνο κοστίζει κάποιο ποσό αλλά ακόμα και αυτό παρέχεται και σε δωρεάν έκδοση με κάποιους περιορισμούς (αυτό χρησιμοποιήθηκε και στη συγκεκριμένη εργασία). Το κόστος των αισθητήρων όμως μπορεί να φτάσει σε μεγάλα επίπεδα. Επίσης, με το COMIS μπορούμε να εξετάσουμε όποιο ρυπαντή θέλουμε, αρκεί να γνωρίζουμε την ταυτότητά του (μοριακή μάζα κλπ.). Αν χρησιμοποιούσαμε αισθητήρες, για κάθε ρυπαντή θα χρειαζόμασταν περαιτέρω (και σπάνιο μερικές φορές) εξοπλισμό.

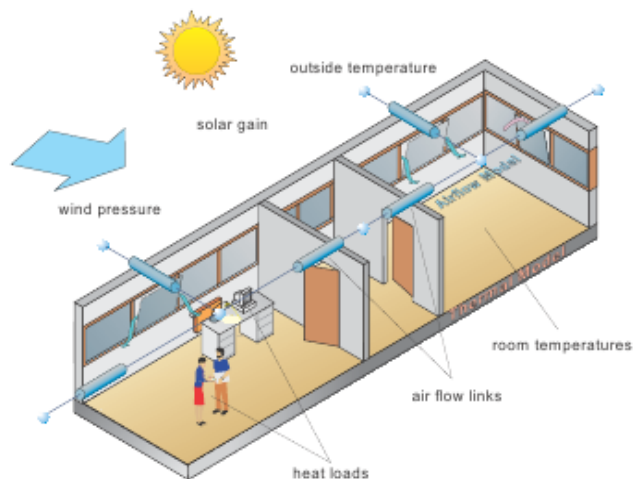
Κεφάλαιο 8

Μελλοντικές επεκτάσεις - προτάσεις για περαιτέρω εργασία

8.1 Μεταφορά θερμικής ενέργειας

8.1.1 TRNFLOW

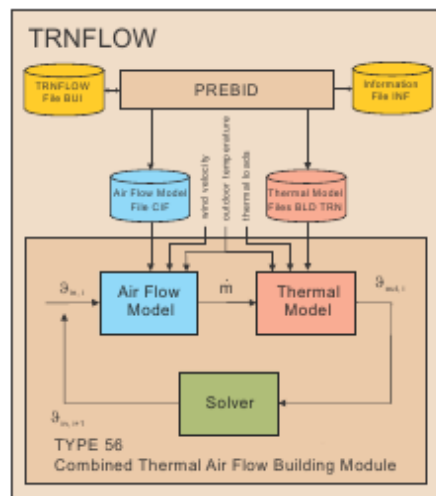
Οι ροές αέρα σε ένα κτίριο μπορούν να αναπαρασταθούν με ένα πολυζωνικό μοντέλο ροής αέρα. Ένα τέτοιο μοντέλο θεωρεί ένα κτίριο ως ένα δίκτυο κόμβων και συνδέσμων ροής αέρα μεταξύ τους (σχ.8.1). Οι κόμβοι αναπαριστούν τα δωμάτια και το εξωτερικό του κτιρίου. Οι σύνδεσμοι αναπαριστούν ανοίγματα, πόρτες, ρωγμές, ενώσεις αλλά και στοιχεία εξαερισμού όπως εισόδους-εξόδους αέρα, αγωγούς και ανεμιστήρες. Οι πιέσεις ανέμου στην επιφάνεια του κτιρίου και οι θερμοκρασίες αέρα (εσωτερικού και εξωτερικού) είναι οι κρίσιμες και καθοριστικές συνθήκες. Από την άλλη όμως, οι θερμοκρασίες του χώρου μπορούν να υπολογιστούν μέσω ενός δυναμικού θερμικού μοντέλου. Η κατασκευή και τα υλικά του κελύφους του κτιρίου καθορίζουν το χαρακτήρα της θερμικής συμπεριφοράς (σχ.8.1). Σε αυτήν την περίπτωση, τα θερμικά φορτία (π.χ. από ανθρώπους ή από τον εξοπλισμό του γραφείου) είναι οι κρίσιμες και καθοριστικές συνθήκες. Αν οι θερμοκρασίες και/ή οι ροές αέρα σε ένα κτίριο δεν ελέγχονται, ένα συνδυαστικό μοντέλο θερμικής συμπεριφοράς και ροής αέρα είναι απαραίτητο για να λάβει υπόψη την αλληλεξάρτηση ροών αέρα με θερμοκρασίες αέρα.



Σχήμα 8.1: Μοντέλο θερμικής μεταφοράς και ροής αέρα σε ένα κτίριο γραφείων με φυσικό εξαερισμό

Το TRNFLOW είναι η εισαγωγή του πολυζωνικού μοντέλου ροής αέρα COMIS (Conjunction of Multizone Infiltration Specialists) στο θερμικό υποσύστημα του TRNSYS (Type 56). Με τη βοήθεια του TRNFLOW, οι ροές αέρα μεταξύ ζωνών ή από το εξωτερικό προς το εσωτερικό του κτιρίου, μπορούν να υπολογιστούν. Τα δεδομένα και από τα δύο μοντέλα μπορούν να συνδυαστούν ως είσοδος με τη διεπαφή χρήστη PREBID που τα αποθηκεύει σε ένα αρχείο BUI (με κατάληξη .bui). Εκτός από τα αρχεία εισόδου BLD και TRN για το θερμικό μοντέλο, το PREBID μπορεί να παράγει και το αρχείο εισόδου CIF για το μοντέλο ροής αέρα, το αρχείο εισόδου του COMIS δηλαδή.

Τα μοντέλα θερμικής συμπεριφοράς και ροής αέρα συνδέονται μεταξύ τους ως μαύρα κουτιά. Για απλούστευση, στο σχήμα 8.2 η ροή πληροφορίας μεταξύ των δύο μοντέλων αναπαρίσταται από έναν κόμβο θερμοκρασίας αέρα δωματίου και μια μεταβλητή ροής αέρα. Στην πραγματικότητα, υπάρχουν τουλάχιστον τόσοι κόμβοι θερμοκρασίας αέρα, όσα και τα δωμάτια του κτιρίου. Επίσης, κάθε κόμβος έχει τουλάχιστον μία ροή αέρα. Στη διαδικασία επίλυσης, το μοντέλο ροής αέρα ξεκινάει με είσοδο τους κόμβους θερμοκρασίας $\theta_{in,1}$ και υπολογίζει τις αντίστοιχες ροές αέρα $\dot{m}$ κάθε κόμβου. Αυτές οι ροές χρησιμοποιούνται στο θερμικό μοντέλο που υπολογίζει τις θερμοκρασίες εξόδου $\theta_{out,1}$. Με έναν επαναληπτικό αλγοριθμικό επιλυτή, βρίσκουμε ποιο σετ θερμοκρασιών εισόδου ταιριάζει με ποιο σετ θερμοκρασιών εξόδου.



Σχήμα 8.2: Ροή πληροφορίας στο συνδυαστικό μοντέλο θερμικής συμπεριφοράς-ροής αέρα και η διεπαφή χρήστη για τα δεδομένα εισόδου

8.2 Κατανάλωση ενέργειας

8.2.1

Ο έλεγχος της ποιότητας εσωτερικού αέρα (Indoor Air Quality - IAQ) συνδέεται άμεσα με την κατανάλωση ενέργειας και αυτό γιατί η σύγχρονη κατασκευή κτιρίων φροντίζει να σχεδιάζει κτίρια όσο το δυνατόν πιο αεροστεγή. Αυτό βέβαια γίνεται για εξοικονόμηση ενέργειας μιας και οι ενεργειακές απώλειες σε παλιά και κακοσχεδιασμένα κτίρια είναι σοβαρές. Ειδικά σε χώρες όπου η εξοικονόμηση ενέργειας δεν αποτέλεσε ποτέ μέχρι πρότινος στόχο, το πρόβλημα είναι πιο έντονο.

Μια παράπλευρη απώλεια όμως είναι ο κακός αερισμός των κτιρίων. Αυτό φυσικά δεν σημαίνει ότι πρέπει να κατασκευάζονται κτίρια με ενεργειακές απώλειες, απλά χρειάζεται μια συνδυασμένη μελέτη ενεργειακής απόδοσης και ποιότητας εσωτερικού αέρα.

Ο φυσικός αερισμός δεν προκαλεί άμεση κατανάλωση ενέργειας, όμως η θερμοκρασία του εσωτερικού χώρου ρυθμίζεται από κάποιο σύστημα θέρμανσης-ψύξης το οποίο καταναλώνει ενέργεια, ακόμη και αν αυτό δεν χρειάζεται και για τους 12 μήνες του χρόνου. Στην Αθήνα για παράδειγμα (της οποίας τα μετεωρολογικά δεδομένα χρησιμοποιήθηκαν για την εκπόνηση της παρούσης εργασίας), χρησιμοποιείται θέρμανση για 4 μήνες το χρόνο και κλιματισμός (ψύξης) για 3.5 μήνες, με κάποια προσέγγιση πάντα. Και στις δύο περιπτώσεις, ο φυσικός αερισμός έχει σαν αποτέλεσμα την απόκλιση της εσωτερικής θερμοκρασίας από την επιθυμητή τιμή. Αυτό σημαίνει φυσικά πως έχουμε απώλεια ενέργειας.

Ο μηχανικός αερισμός προκαλεί κατανάλωση ενέργειας λόγω της λειτουργίας των ανεμιστήρων. Αυτός μάλιστα μπορεί να χρησιμοποιείται και περισσότερους μήνες το χρόνο από το φυσικό.

Σε κάθε περίπτωση και ανάλογα με τις συνθήκες, μια συνδυαστική μελέτη μπορεί να καταλήξει στον κατάλληλο συνδυασμό φυσικού-μηχανικού αερισμού ώστε να επιτευχθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα όσον αφορά τον έλεγχο των επιπέδων ρύπανσης αλλά και της εξοικονόμησης ενέργειας.

8.3 Σύστημα ελέγχου

8.3.1

Ένα κατάλληλο σύστημα αυτομάτου ελέγχου μπορεί να συνδεθεί με το παραπάνω συνδυαστικό μοντέλο εκτίμησης ρύπανσης - κατανάλωσης ενέργειας με σκοπό να ενεργοποιείται ο αερισμός ανάλογα με τα επίπεδα ρύπανσης. Όταν δηλαδή κάποια συγκέντρωση ρυπαντή ξεπερνά κάποια τιμή ορισμένη από το σχεδιαστή του συστήματος, να τίθεται σε λειτουργία ο αερισμός και αντίστοιχα να παύει τη λειτουργία του όταν δεν συντρέχει λόγος.

Το σύστημα αυτό πρέπει να σχεδιαστεί έτσι ώστε να είναι σε θέση να επιλέγει και τον τύπο του αερισμού (φυσικός-συνδυαστικός) που θα ενεργοποιηθεί, ώστε να έχουμε την ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8. ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΕΙΣ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΠΕΡΑΙΤΕΡΩ ΕΡΓΑΣΙΑ

Κεφάλαιο 9

Βιβλιογραφία

9.1 Σύλλογή βιβλιογραφίας

1. AIVC : "Air Flow Patterns: Measurement Techniques", Technical Note 31, Air Infiltration and Ventilation Centre, 1991.
2. AIVC : "Infiltration and leakage paths in single family houses - A multizone infiltration case study", Technical Note 27, Air Infiltration and Ventilation Centre, Bracknell, U.K., 1998.
3. Allard, F. and Utsumi, Y. : "Air flow through large openings", *Energy and Buildings*, 18, pp. 133-145, 1992.
4. Allard, F. (Editor) : "Natural ventilation in buildings - A design handbook", James & James, London, U.K., 1998.
5. ASHRAE : *Handbook of Fundamentals*, Chapter 22, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 1985.
6. ASHRAE : *Handbook of fundamentals*, Chapter 27, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 1985.
7. ASHRAE : *Handbook of Fundamentals*, Chapter 14, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 1989.
8. ASHRAE : *Handbook of Fundamentals*, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA, 2001.
9. ASHRAE : HVAC Applications Handbook, American Society of Heating, Refrigerating, Air-Conditioning Engineers, US, 2003.
10. ASHRAE Standard 55-2004 : Thermal Environmental Condition for Human Occupancy, American Society of Heating, Refrigerating, Air-Conditioning Engineers, US, 2004.
11. ASHRAE 62.1-2004 : Ventilation for acceptable indoor air quality, American Society of Heating, Refrigerating, Air-Conditioning Engineers, US, 2004.
12. Baker, W. : Fuel poverty and health - A review, 2001.
13. Bardsley, M. : Healthier homes: the role of health authorities. In: Rudge J, Nicol F (eds.). Cutting the cost of cold. London: E&FN Spon, 2000.
14. Basset : Infiltrations and leakage paths in single family houses - a multizone infiltration case study, AIVC Technical Note 27, 1990.
15. Begemann, S.H.A., Belt, G.J. van der, Turner, A.D. : *Daylight, artificial light and people in an office environment, overview of visual and biological responses*, International Journal of Industrial Ergonomics vol. 20, pp. 231-239, 1997.
16. Billings, Charles E., Vanderslice, Sandra F. : *Methods for control of indoor air quality*, Environment International, vol. 8, pp. 501, 1982.
17. Bitan, A. : "The high climatic quality of city of the future", Atmospheric environment, 26B, p.p. 313-329, 1992.
18. Bos, Van den G.A.M. : *Zorgen van en voor de chronische zieken*, dissertatie Universiteit van Amsterdam, 1989.

9.1. ΣΥΛΛΟΓΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

19. Cadlioni, M. and Ferrazzini, M. : "Natürlicher Luftaustausch durch Kippfenster", Diplomarbeit ETH Zürich, 1997.
20. California Energy Commission : *Windows and offices: A study of office worker performance and the indoor environment*, October 2003.
21. California Energy Commission : *Windows and classrooms: A study of student performance and the indoor environment*, October 2003.
22. Catmul, E. and Rom, R.: "A class of local interpolating splines", in Barnhill, Rad R., Riesenfeld (eds), *Computer Aided Geometric Design*, Academic Press San Francisco, pp. 317-326, 1974.
23. CEN, CR1752 : Ventilation for buildings: Design criteria for the indoor environment, CEN Belgium, 1998.
24. CEN, EN 12464-1:2002 : Light and lighting. Lighting of work places. Indoor work places, 2002.
25. CEN, EN 15251:2006 : Indoor environmental input parameters for design and assessment of energy performance of buildings - addressing indoor air quality, thermal environment, lighting and acoustics, 2006.
26. Dascalaki, E. et al. : "Predicting single sided natural ventilation rates in buildings", *Solar Energy* vol. 55, no. 5, pp. 327-341, 1995.
27. Dascalaki, E., Santamouris, M., Bruant, M., Balaras, C.A., Bossaer, A., Ducarme, D. and Wouters, P. : "Modelling large openings with COMIS", *Energy and Buildings*, same Volume, 1998.
28. Davenport, A.G. : "A rational for the determination of basic design wind velocities", *ASCE proceedings*, vol. 86, pp. 36-68, 1960.
29. Day lighting in school : *An investigation into the relationship between day lighting and human performance*, condensed report, August 1999.
30. Diamond, R.C. and Feustel, H.E. : "Ventilation in high-rise residential buildings", In proceedings, *16th Air Infiltration and Ventilation Conference*, Palm Springs, CA, 1995.
31. DIN 4701 : "Regeln für die Berechnung des Wärmebedarfs von Gebäuden, Teil 1: Grundlagen der Berechnung", Beuth Vertrieb Berlin, 1983.
32. Dorer, V. and Weber, A. : "Output options for COMIS", IEA-ECB Annex 23 EMPA Dübendorf, Switzerland, March 15, 1995.
33. Dorer, V., Huck, F. and Weber, A. : "COMERL PC-based user interface for the multizone air flow and contaminant transport model COMIS", EMPA, Dübendorf, 1995.
34. Dorer, V. : "New large vertical opening and single-sided ventilation routines in COMIS", Internal Annex Report, EMPA, Dübendorf, 1995.
35. Dorer, V. and Weber, A. : "COMVEN 3.0 programmer's guide", EMPA Dübendorf, CH, 1997.

36. Dorer, V. : User's guide of COMIS 3.1, 2001.
37. Energy Action Scotland : Fuel poverty and health in Paisley, Energy Action Scotland, 1999.
38. Esdom, H. : "Luftdurchlässigkeit der Fenster und Druckverteilung im Gebäude", *Das Hochhaus der BASF, Planung, Ausführung. Erfahrungen*, J. Hoffmann, Stuttgart, 1958.
39. Esdom, H., Feustel, H.E., Giese, K. and Schmidt, M. : "Bauliche und lüftungstechnische Maßnahmen gegen unerwünschten Luftaustausch zwischen Räumen unterschiedlichen hygienischen Standards", Schlußbericht TP F2/2, Sonderforschungsbereich 159, Krankenhausbau, Technische Universität Berlin, 1977.
40. European Concerted Action : *Indoor Air Quality & its impact on man*, Environment and quality of life, report no. 10, Effects of Indoor Air Pollution on Human Health, 1991.
41. Fedrizzi, R. : *The advent of Better Buildings*, Proc of the Conference Total Building Design, ASHRAE, Chicago, III, Atlanta, October 16-17, 1995.
42. Feustel, H.E. and Esdom, H. : "Mass flow distribution in high rise buildings with forced ventilation systems", In proceedings, *International conference on system simulation in buildings*, Liege, 1982.
43. Feustel, H.E. : "Beitrag zur theoretischen Beschreibung der Druck und Luftmassenstromverteilung in natürlich und maschinell gelüfteten Gebäuden", *Fortschritt-Berichte der VDI Zeitschriften*, Reihe 6, Nr. 151, VDI Verlag, Düsseldorf, Germany, 1984.
44. Feustel, H.E. and Kendon, V.M. : "Infiltration models for multicellular structures", *Energy and Buildings*, vol. 8, no. 2, 1985.
45. Feustel, H.E. and Kendon, V.M. : "Infiltration models for multicellular structures : A literature review", *Energy and Buildings*, vol. 8, no. 2, 1985.
46. Feustel, H.E. and Sherman, M.H. : "A simplified model for predicting air flow in multizone structures", *Energy and Buildings*, vol. 13, no. 3, Lawrence Berkeley Laboratory Report, LBL-22325, 1989.
47. Feustel, H.E., Allard, F., Dorer, V.B., Grosso, M., Herrlin, M., Liu, M., Phaff, J.C., Utsumi, Y. and Yoshino, H. : "The COMIS infiltration model", in proceedings, *Building Simulation '89*, The International Building Performance Simulation Association, Vancouver, Canada 1989.
48. Feustel, H.E., Allard, F., Dorer, V.B., Grosso, M., Herrlin, M., Mingsheng, L., Phaff, J.C., Utsumi, Y. and Yoshino, H. : "The COMIS infiltration model", In Proceedings, "10th AIVC Conference", Dipoli, Finland, 1989.
49. Feustel, H.E. and Raynor-Hoosen, A. (Editors) : "COMIS fundamentals", Air Infiltration and Ventilation Centre, Technical Note 29, Lawrence Berkeley Laboratory Report, LBL-28560, 1990.
50. Feustel, H.E. and Raynor-Hoosen, A. (editors) : "Fundamentals of the multizone air flow model - COMIS", Technical Note AIVC TN 29, Air Infiltration and Ventilation Centre, Bracknell, U.K., 1990.

9.1. ΣΥΛΛΟΓΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

51. Feustel, H.E., Almeida, A. de and Blumstein, C. : "Alternatives to compressor cooling in residences", *Energy and Buildings*, vol. 18, No. 3-4, 1992.
52. Feustel, H.E. and Dieris, J. : "A survey on air flow models for multizone structures", *Energy and Buildings*, vol. 18, 1992.
53. Feustel, H.E. (editor) : "The COMIS model", special issue of the Journal *Energy and Buildings* on Air Flow Modelling Issues, *Energy and Buildings*, vol. 18, no. 2, 1992.
54. Feustel, H.E. : "Annex 23 - An international effort in multizone air flow modelling", In proceedings, *ROOMVENT '96*, Yokohama, 1996.
55. Feustel, H.E. and Smith, B.V. (Editors) : "COMIS 3.0 user's guide", <http://www-epb.lbl.gov/comis/> , 1998.
56. Feustel, H.E. (editor) : *Energy and Buildings* special issue devoted to multizone air-flow modelling, *Energy and Buildings*, vol. 30, November 1999.
57. Fisk, W. and Rosenfeld, A. : *Estimates of improved productivity and health from better indoor environments*, *International Journal of Indoor Air Quality and Climate* 7, pp. 158-172, 1997.
58. Fisk, W. and Rosenfeld, A. : *Potential nationwide improvements in productivity and health from better indoor environments*, Proceedings of the 1998 summer study on energy efficiency in Buildings American Council for an energy efficient economy, 1998.
59. Fürbringer, J.M., Roulet, C.A. and Borchellini, R. : "Evaluation of COMIS", Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, Switzerland, 1996.
60. Fürbringer, J.M., Roulet, C.A. and Borchellini, R. : "Evaluation of COMIS - Appendices", Swiss Federal Institute of Technology, Lausanne, Switzerland, 1996.
61. Fürbringer, J.M., Roulet, C.A. and Borchellini, R. : "Annex 23 Subtask II & III Report - Evaluation of COMIS", vol. 1 and vol. 2, EPFL Lausanne, Switzerland, 1996.
62. Gan, C.E. and Tan, F. : *Cost evaluation of thermal comfort in tropical office buildings*, Proceedings of the CIB International Conference on performance based buildings, Hong Kong, 5-10 May, 2002.
63. Godish, T. : *Indoor Air Pollution Control*, Lewis Publishers, Chelsea, Michigan, 1989.
64. Grosso, M. : "Wind Pressure Distribution around Buildings; a parametrical Model", *Energy and Buildings*, 18, pp. 101-131, 1992.
65. Grosso, M. : *CPCALC+*, Calculation of wind pressure coefficients on buildings, Software from the Polytechnic University of Turin, 1995.
66. Healy, J.D. and Clinch, J.Peter : Fuel poverty in Europe: A cross-country analysis using a new composite measurement, *Environmental studies research series*, Working papers, University College Dublin, 2002.

67. Herrlin, M. : "Luftstromning I byggnader - en berakningsmodell", Division of Building Services Engineering, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 1987.
68. Herrlin, M. : "Solution methods for airflow networks", in COMIS fundamentals, Lawrence Berkeley Laboratory Report, LBL-28560, 1990.
69. Herrlin, M.K. : Air flow studies in multizone buildings. Models and applications. Bulletin no. 23, Royal Institute of Technology, Stockholm, Sweden, 1992.
70. Holm, L. : *Future buildings and building hygiene in a historical perspective*, Proc. 3rd Int. Conf. Indoor Air Quality and Climate, Stockholm, 1 pp. 19-21, 1984.
71. Hönnmann, W. : "Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik", R. Oldenburg Verlag, München, Wien, 1987.
72. IEH assessment on Indoor Air Quality in the Home : *Assessment A2, Medical Research Council, Institute for environment and health*, Page Bros, ISBN 1 899110 05 4, 1996.
73. ISO 7730 : Ergonomics of the thermal environment – Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria, International Organization of Standardization. EC, (2002), Directive 2002/91/EC of the European Parliament and of the Council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings, 2005.
74. Jackman, P.J. : "A study of natural ventilation of tall office buildings", *Inst. Heat, Vent. Eng.*, vol. 38, 1970.
75. Jensen, Bernard D.C. : *Dr. Jensen's guide to body chemistry and nutrition*, Keats Publishing, Los Angeles, ISBN 0-658-00277-5
76. Jones, A.P. : *Indoor air quality and health*, Atmospheric environment 33, 4535-4564, 1999.
77. Keilholz, W. : "IISiBat/COMIS 3.0 user's guide", <http://evl.cstb.fr/iisibat.html> , 1997.
78. Knoll, Phaff, J.C. and Gids, W.F. de : Pressure simulation program, 16th AIVC Conference, Palm Springs, U.S.A., 1995.
79. Kosonen, R. and Tan, F. : *Assessment of productivity loss in air-conditioned buildings using PMV index*, Energy and Buildings vol. 36, issue 10, pp. 987-993, 2004.
80. Kotzias, D., Geiss, O. and Tirendi, S. : *European Indoor Air Monitoring and Exposure Assessment Project (Phase I)*, European Commission - Joint Research Centre, Institute for Health and Consumer Protection (IHCP), Ispra (Va), Italy, 2006.
81. Kula, H.G. and Feustel, H.E. : "Review of wind pressure distribution as input data for infiltration models", Lawrence Berkeley Laboratory Report, LBL-23886, 1988.
82. Kyerematen, G.A., Damiano, M.D., Dvorchik, B.H. and Vesell, E.S. : *Smoking-induced changes in nicotine disposition: Application of a new HPLC assay for nicotine and its metabolites*, Clin. Pharmacol. Ther. 32, pp. 769-780, 1982.
83. Larssen, S., Barrett, K.J., Fiala, J., Goodwin, J., Hagen, I.O., Henriksen, J.F., Leeuw, de F. and Tarrason, L. : Air Quality in Europe State and trends 1990-1999, Topic report No 4/2002, European Environment Agency, 2003.

84. Lester, J.N., Perry, R. and Reynolds, G.L. : *Quality of the indoor environment*, IAI, Selper Ltd., ISBN 0 948411 07 4, 1992.
85. Liddament, M.W. : "Air infiltration calculation techniques - An applications guide", Air Infiltration and Ventilation Centre, Bracknell, U.K., 1986.
86. Liddament, M.W. : "Two air flow studies completed", *Air infiltration review*, vol. 17, no. 4, Air Infiltration and Ventilation Centre, Bracknell, U.K., 1996.
87. Linden, A.C. van der, Boerstra, A.C., Raue, A.K., Kurvers, S.R. and de Dear, R.J. : Adaptive temperature limits: A new guideline in The Netherlands: A new approach for the assessment of building performance with respect to thermal indoor climate, *Energy and Buildings*, 38, 1, pp. 8-17, 2006.
88. Lorenzetti, D.M. and Sohn, M.D. : "Improving speed and robustness of the COMIS solver", in proceedings, "7th International Conference on Air Distribution in Rooms", (Roomvent 2000), Elsevier, Oxford, U.K., 2000.
89. Mass, K. van der : "IEA-ECB Annex 20 Technical Report: Air flow through large openings in buildings", International Energy Agency, 1992.
90. Matson, N.E., Feustel, H.E., Warner, J.L. and Talbott, J. : "Climate-based analysis of residential ventilation options: New York State Analysis", In Proceedings, 15th AIVC Conference, *The role of ventilation*, Buxton, 1994.
91. Moody, L.F. : "Friction factors for pipe flow", ASME Transactions, American Society of Mechanical Engineers, New York, 1944.
92. Morgner, S. : "XCOMIS – Development of a graphical user interface for the Multizone Air Flow and Contaminant Transport Simulation Model COMIS", Masters Thesis, Georg-Simon-Ohm Fachhochschule, Nuremberg, 1997.
93. Nazaroff, W., Feustel, H.E., Nero, A., Revzan, K., Grimsrud, D.T., Essling M. and Toohey, R. : "Radon transport into a single-family house with a basement", *Atmospheric Environment*, vol. 19, no. 1, Lawrence Berkeley Laboratory Report, LBL-16572, 1985.
94. Nesse, Randolph M. and Williams, George C. : *Why we get sick, the new science of Darwinian Medicine*, Vintage Books, ISBN 0-679-74674-9
95. Olesen, B.W., Parsons, K.C. : Introduction to thermal comfort standards and to the proposed new version of EN ISO 7730, *Energy and Buildings*, 34 pp. 537-548, 2002.
96. Olesen, B.W., Seppanen, O., Boerstra, A. : Criteria for the indoor environment for energy performance of buildings: A new European standard, *Facilities*, 24, 11/12 pp. 445-457, 2006.
97. Orme, Malcolm, Liddament, Martin W. and Wilson, Andrew: "Numerical data for air infiltration & natural ventilation calculations", AIC-TN-1994, Reprinted and updated February 1998, Air Infiltration and Ventilation Centre, Bracknell, U.K., 1998.

98. Orme, M., Liddament, M. and Wilson, A. : Numerical data for air infiltration & natural ventilation calculations, Air Infiltration and Ventilation Centre (AIVC), Coventry, U.K., 1998.
99. Orme Malcolm: Ventilation modelling data guide, AIVC Guide 5, INIVE on behalf of the IEA, 2002.
100. Ousterhout, J.K. : "Tcl and the Tk toolkit", Addison-Wesley Publishing Company, 1994.
101. Palmiter, L., Brown, I. and Bond, T. : "Residential construction demonstration project cycle II: Infiltration in new all-electric homes in the Pacific Northwest", Report prepared for the Washington State Energy Office, 1990.
102. Peereboom, Copius J.W. : *Basisboek milieu en gezondheid*, Boom, ISBN 90-5352-048-1, 1994.
103. Pelletret, R., Soubra, S., Keilholz, W. and Melouk, A. : "Annex 23 - Multizone Air Flow and Pollutant Transport Modelling, Subtask 1: The Multizone Air Flow and Pollutant Transport Model developed in the frame of the IEA Annex 23" in *Proceedings International Symposium - Air Flow in Multizone Structures*, vol. 1, Budapest, 1992.
104. Pelletret, R. : "IISiBat - A user interface for multizone modelling (Annex 23)", *News*, International Energy Agency, Energy Conservation in Buildings and Community Systems Programme, 1996.
105. Pelletret, R. : Personal Communication, CSTB, Sophia, Antipolis, France
106. Phaff, J.C. : "Final Report Annex 23 - Multizone Ventilation Models: Participation of TNO Bouw. Examples", TNO Report 96-BBI-R 1086, 1996.
107. Phaff, J.C. : "COMIS sample runs", TNO report 96-BBI-R 1086, TNO Delft, The Netherlands, 1996.
108. Repace, James L. : *Indoor Air Pollution*, Environment International, vol. 8, pp. 21-36, 1982.
109. Rosenberg, J., Benowitz, N.L., Jacob, P. and Wilson, K.M. : *Disposition kinetics and effects of intravenous nicotine*, Clin. Pharmacol. Ther. 28, pp. 517-522, 1980.
110. Ross, H.D. and Grimsrud, D.T. : "Air infiltration in buildings - Literature survey and proposed research agenda", Lawrence Berkeley Laboratory Report, LBL-7822, 1978.
111. Saksensa and Smith : "Indoor Air Pollution", in Gordon Mc Granahan and Frank Murray, (editors), *Health and air pollution in rapidly developing countries*, Stockholm Environment Institute, Stockholm, 1999.
112. Santamouris, M. : *Environmental design of urban buildings: an integrated approach*, James & James, UK, 2004.
113. Santamouris, M., Argiroudis, K., Georgiou, M., Livada, I., Doukas, P., Assimakopoulos, M.N., Sfakianaki, A., Pavlou, K., Geros, V. and Papaglastra, M. : *Indoor air quality in fifty residences in Athens*, Int. Journal of Ventilation, 2006.

9.1. ΣΥΛΛΟΓΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

114. Scartezzini, J.L., Fürbringer, J.M., Roulet, C.A. and Feustel, H.E. : "Data needs for purpose of air infiltration computer code validation", In Proceedings, 8th AIVC conference, *Ventilation Technology - Research and Application*, Überlingen, 1987.
115. Schauwecker : Modification of the pollutant transport routines in COMIS, IEA-ECB Annex 23, 1995.
116. Seltzer, James M. : Building related illnesses, *Allergy Clin Imm.* vol. 94, number 2, part 2
117. Seppanen, O. : *Estimated cost of indoor climate in finnish buildings*, Proceedings 8th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Edinburg, Scotland, 1999.
118. Sextro, R.G., Feustel, H.E., Modera, M.P., Revzan, K.L., Sherman, M.H. : "A coupled multizone flow and radon transport model of radon entry and concentrations in a crawlspace house", In Proceedings, *Indoor Air '93*, Helsinki, 1993.
119. Sherman, M.H. : "Air infiltration in buildings", Lawrence Berkeley Laboratory Report, LBL-10712, 1980.
120. Sherman, M.H., Feustel, H.E. and Dickerhoff, D.J. : "Description of a system for measuring interzonal air flows using multiple tracer gasses", In Proceedings, *Heat and mass transfer in building materials and structures*, Hemisphere Publishing Corporation, New York, Washington D.C., Philadelphia, London, 1991.
121. Sherman, M.H. and Dickerhoff, D.J. : "Air tightness of U.S. dwellings", In Proceedings, 15th AIVC conference, *The role of ventilation*, Volume 1, Buxton, U.K., 1994.
122. Sherman, M.H. : "The use of blower-door data", *Indoor Air*, vol. 5, pp. 215-224, 1995.
123. Singh, Shahab Fazal, Farooque Azam and Atiqur Rahman: Income, environment and health. A household level study of Aligarh city, India. *HABITATINTL.*, vol. 20, no. I, pp. 77-91, 1996.
124. Smith, K.R. : Workshop on the energy-environment nexus: Indian issues and global impacts (Center for the advanced study of India, University of Pennsylvania, Philadelphia), 1994.
125. Smith, Kirk R. : National burden of disease in India from indoor air pollution, *PNAS*, vol. 97, no. 24, November 21, 2000.
126. SNT : *Swedish Crusade Against Sick Buildings*, Swedish National Team contribution, CADDET Energy Efficiency Newsletter, Indoor Air Quality, no. 1, pp. 12-13, March 1996.
127. Spengler, John D., Samet, Jonathan M. and McCarthy, John F. : *Indoor Air Quality Handbook*, McGraw-Hill, ISBN 0-07-445549-4, 2000.
128. Stolwick, J. : *The sick building syndrome*, Proc. 3rd Int. Conference Indoor Air Quality and Climate, Stockholm, 1 23-29, 1984.

129. Synnefa, A., Polichronaki, E., Papagiannopoulou, E., Santamouris, M., Mihalakakou, G., Doukas, P., Siskos, P.A., Bakeas, E., Dremetsika, A., Geranios, A., Delakou, A., *An experimental investigation of the Indoor Air Quality in fifteen school buildings in Athens, Greece*, International Journal of Ventilation, vol. 2, issue 3, p. 185, December 2003.
130. Tamura, G.T. and Wilson, A.G. : "Pressure difference caused by chimney effect in three high buildings", *ASHRAE transactions*, vol. 72, Part II, II.1.1 - II.1.10
131. Walton, G.N. : "AIRNET - A computer program for building airflow network modelling", United States Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, 1989.
132. Walton, G.N. : "CONTAM 93 user manual", United States Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, NISTIR 5385, 1994.
133. Warren, Peter : "Multizone air flow modelling (COMIS)", IEA-ECB Annex 23, Document TSR-06-2000, ISBN 1 902177 15 5
134. WEC and FAO : The challenge of rural energy poverty in developing countries, 1999.
135. Wieringa, J. : "Updating the Davenport roughness classification", J. of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, vol. 41, pp. 357-368, 1992.
136. Williamson, C.J. Martin, McGill, G., Monie, R.D.H. and Fennerty, A.G. : "Damp housing and asthma: a case-control study", *Thorax*, 52, 229-34, 1997.
137. World Bank : Indoor Air Pollution newsletter energy and health for the poor, Issue no. 2, December 2000.
138. World Health Organisation (WHO) Europe : *Assessment of exposure to indoor air pollutants*, WHO Regional Publications European Series, no. 78
139. World Health Organization (WHO) : Air Quality Guidelines for Europe, Second Edition, Regional Publications, European Series no. 91, 2000.
140. World Resource Institute (WRI), World resources 1996-1997. The urban environment. Oxford: Oxford University Press, 1996.
141. Ευρωπαϊκός Οργανισμός για την Ασφάλεια και την Υγεία : *Data to describe the link between OSH and employability*, ISBN 92-95007-66-2, 2002.
142. Κωτσοβίνος, Ν. : *Θέματα τεχνολογίας και περιβάλλοντος*, Έκδοση Ξάνθη, 1985.
143. Μπαλαράς, Κ.Α., Σανταμούρης, Μ. : Ενέργεια και εσωτερική ρύπανση χώρων, Εκπαιδευτική ενότητα ενέργεια και περιβάλλον, ΕΛΚΕΠΑ, 1996.
144. Παπαδόπουλος Παναγιώτης, Μπανούτσος Ηλίας και συνεργάτες : *Υγεία και ασφάλεια στο χώρο της εργασίας, Πρακτικός οδηγός για την προσαρμογή προγράμματος εργασίας και ασφάλειας στα μέτρα της εταιρίας σας*, εκδόσεις Verlag Dashofer
145. Περιοδικό Δράση, Εργατοϋπαλληλικό Κέντρο Αθήνας, Τεύχος 147, Ιούνιος 2005.

9.1. ΣΥΛΛΟΓΗ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑΣ

146. Περιοδικό Ιατρική Εργασία, Σίσκος Παναγιώτης και Βατίστα Μαργαρίτα : Ασφάλεια και Περιβάλλον *Εκτίμηση ποιότητας αέρα εσωτερικών χώρων, το πρόβλημα των χημικών παραγόντων*
147. Σαμαρά, Κ.Κ., *Ρύπανση της ατμόσφαιρας εσωτερικών χώρων*
148. Τεχνική Οδηγία Τεχνικού Επιμελητηρίου Ελλάδος Τ.Ο.Τ.Ε.Ε. 2425/86 : Εγκαταστάσεις σε κτίρια: Στοιχεία υπολογισμού φορτίων κλιματισμού κτιριακών χώρων, 1986.

9.2 Ιδιαίτερη βιβλιογραφία

Αξίζει να γίνει ιδιαίτερη αναφορά στα κάτωθι συγγράμματα:

1. Feustel, Helmut E. : COMIS, an international multi-zone air-flow and contaminant transport model, Αύγουστος 1998.
2. Feustel, Helmut E. και Smith, Brian V. (LBNL) : COMIS 3.2 user guide, Αύγουστος 1997, αναθεωρημένη έκδοση Νοέμβριος 2005 από τους : Dorer, Victor, Haas, Anne και Weber, Andreas (EMPA), 2005.
3. TRNFLOW, a module of an air flow network for coupled simulation with TYPE 56 (multi-zone building of TRNSYS) version 1.1, Φεβρουάριος 2004.
4. Αυγελής, Α., Γεράνιος, Α., Γιαμά, Ε., Δεληγιαννάκης, Ι., Κατσογιάννης, Α., Κεφαλόπουλος, Σ., Κολοκοτσά, Δ., Ματθόπουλος, Δ., Μιχαλακάκου, Π., Νικολάου Τ., Παπαγλάστρα, Μ., Παπαδόπουλος, Α., Σανταμούρης Μ. και Τσέζος Β. (σύνταξη) : *Ρύπανση και ποιότητα εσωτερικού περιβάλλοντος στα κτίρια*, επιμέλεια: Σανταμούρης, Μ. και Παπαγλάστρα, Μ., 2007.