



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

**ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ Η/Υ
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ & ΔΙΚΤΥΩΝ**

**ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ
ΣΤΗ ΖΩΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ**

ΤΖΙΜΑΣ ΑΝΤΩΝΙΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : Καθηγητής Γεώργιος Σταμούλης

1^{ος} Βαθμολογητής : Δρ. Ευμορφόπουλος Νέστωρας

2^{ος} Βαθμολογητής : Αναπ. Καθηγητής Μπέλλας Νικόλαος



ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Περίληψη

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι μια ταχύτατα αναπτυσσόμενη περιοχή έρευνας και παρέχουν πρόσβαση στις περιβαλλοντικές πληροφορίες με μεγαλύτερη λεπτομέρεια σε σχέση με το παρελθόν. Τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων μας δίνουν την ευκαιρία να παρακολουθούμε και να διαχειριζόμαστε αυτόνομα συστήματα κτηνοτροφικής παραγωγής σε πραγματικό χρόνο. Η κτηνοτροφία είναι μια σημαντική δραστηριότητα και υπάρχουν πολλές γνώσεις σχετικά με τα οικόσιτα ζώα και το περιβάλλον. Ωστόσο, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, εξασφαλίζουν μια ευκαιρία για να ενισχυθεί σε μεγάλο βαθμό αυτή τη γνώση, και να εφαρμοσθεί για τη βελτίωση της κτηνοτροφίας γενικότερα..

Στην συγκεκριμένη εργασία περιγράφουμε την εφαρμογή ενός συστήματος ασύρματων αισθητήρων καταγραφής και απεικόνισης μετρήσεων. Οι μετρήσεις αυτές αρχικά αποθηκεύονται σε μια κατάλληλη βάση δεδομένων η οποία κρατά δεδομένα για τη θερμοκρασία, υγρασία, ταχύτητα και κατεύθυνση ανέμου, επίπεδα NH_4 στον αέρα καθώς επίσης και τα επίπεδα του θορύβου κατά την διαδικασία της συγκομιδής του γάλακτος. Στην συνέχεια επακολουθεί η σύνοψη των αποτελεσμάτων.

Abstract

Wireless sensor networks is a rapidly growing area of research and provide access to environmental information in greater detail than before. Wireless sensor networks give us the opportunity to monitor and manage independently livestock production systems in real time. Livestock is an important activity and there is a lot of knowledge about pets and the environment. However, wireless sensor networks, provide an opportunity to greatly enhanced this knowledge, and applied to improve livestock in general.

In this work we describe the implementation of a wireless sensor system for recording and imaging measurements. Measurements are initially stored in a suitable database that holds data for temperature, humidity, wind speed and direction, levels of NH₄ in the air as well as the levels of noise during the process of harvesting milk. Then followed by a summary of results

Πίνακας περιεχομένων

ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	2
ABSTRACT	3
ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ.....	4
1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ	6
1.1 ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΗΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ.....	6
1.2 ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΤΟΥ ΤΟΜΟΥ.....	7
2 ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ	8
2.1 ΓΕΝΙΚΗ ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΑΣΥΡΜΑΤΩΝ ΔΙΚΤΥΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ	8
2.2 ΣΤΟΧΟΙ ΚΑΙ ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΕΝΟΣ ΔΙΚΤΥΟΥ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ	9
2.3 ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΣΤΑ ΑΣΥΡΜΑΤΑ ΔΙΚΤΥΑ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ	10
3 ΖΩΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	13
3.1 ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΖΩΙΚΗ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	13
3.2 ΑΝΑΓΚΕΣ ΓΙΑ WSN ΣΤΗ Ζ.Π. ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	14
3.3 ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ WSN ΣΤΗ Ζ.Π. ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ	15
3.4 ΚΡΙΣΙΜΟΙ ΤΟΜΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗ Ζ.Π.Α.....	16
3.4.1 Εσωτερική θερμοκρασία σώματος και Θερμογραφικά Προφίλ.....	16
3.4.2 Στοιχεία του περιβάλλοντος.....	16
3.4.3 Ρυθμός της καρδιάς.....	17
3.4.4 Αναπνευστικός ρυθμός.....	17
3.4.5 Τρόφιμα και η κατανάλωση νερού.....	17
3.4.6 Ηλεκτρονική αναγνώριση	18
3.4.7 Κίνηση.....	18
3.5 Η ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗ	18
3.6 ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΣΕΓΓΙΣΗΣ	19
3.7 ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΥΓΕΙΑΣ ΖΩΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑΣ	21
3.8 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ.....	22
3.9 ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΚΑΙ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΕΣ ΕΚΜΕΤΑΛΛΕΥΣΕΙΣ.....	23
3.10 ΥΠΕΡΚΕΡΑΣΙΣ ΕΜΠΟΔΙΩΝ	23
4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΚΑΙ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ.....	25
4.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΩΝ ΖΩΩΝ.....	25
4.1.1 Κλιματικό περιβάλλον.....	26
4.1.2 Το θερμικό περιβάλλον.....	27
4.1.3 Το χημικό περιβάλλον.....	30
4.1.4 Οσμές προερχόμενες από τα κτηνοτροφικά κτίρια.....	34
4.2 ΠΡΟΣΑΡΜΟΓΗ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ	39
4.2.1 Μηχανισμοί προσαρμογής	40
4.3 ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ	42
4.3.1 Ποιοτικές παραγωγικές ιδιοτητες.....	42

4.3.2	Ποσοτικές παραγωγικές ιδιότητες.....	42
4.4	ΣΤΑΒΛΙΣΜΟΣ.....	45
4.4.1	Προσανατολισμός.....	46
4.4.2	Κτίρια.....	47
4.4.3	Ελεύθερος σταβλισμός.....	49
4.4.4	Το αρμεκτήριο.....	49
5	ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ.....	52
5.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ.....	52
5.1.1	Δομή των αισθητήρων.....	52
5.1.2	Το λειτουργικό σύστημα TinyOS.....	53
5.2	ΟΙ ΑΙΣΘΗΤΗΡΕΣ «TMOTE SKY».....	54
5.2.1	Περιγραφή των «tmote Sky».....	54
5.2.2	Το λειτουργικό σύστημα των Tmote Sky (Boomerang).....	56
5.3	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΑΙΣΘΗΤΗΡΙΩΝ ΟΡΓΑΝΩΝ.....	57
5.3.1	Αισθητήρας μέτρησης αμμωνίας.....	57
5.3.2	Αισθητήρας μέτρησης του ανέμου.....	58
6	ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	59
6.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΑΡΧΙΤΕΚΤΟΝΙΚΗΣ.....	59
6.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΕΠΙΜΕΡΟΥΣ ΜΕΡΩΝ.....	60
6.2.1	Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων.....	60
6.2.2	Σημείο καταγραφής των δεδομένων.....	62
6.2.3	Η βάση δεδομένων.....	62
7	ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΧΡΗΣΗΣ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ.....	63
7.1	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΧΩΡΟΥ.....	63
7.2	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΑΙΣΘΗΤΗΡΩΝ.....	64
7.2.1	Προετοιμασία αισθητήρων.....	65
7.2.2	Τοποθέτηση των αισθητήρων.....	66
7.3	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ.....	71
7.3.1	Μετασχηματισμοί των δεδομένων.....	71
7.3.2	Παράθυρο-διεπαφής του σημείου καταγραφής.....	73
7.4	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΗΣ ΒΑΣΗΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ.....	74
8	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΕΠΗΡΕΑΣΜΟΥ ΤΟΥ ΓΑΛΑΚΤΟΣ.....	76
8.1	ΚΛΗΡΟΝΟΜΙΚΗ ΠΡΟΔΙΑΘΕΣΗ.....	76
8.2	ΦΥΛΗ.....	77
8.3	ΜΗ ΓΕΝΕΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	78
8.3.1	Η επίδραση των κλιματικών παραγόντων στα βοοειδή.....	78
8.4	ΣΤΗ ΦΑΡΜΑ ΤΟΥ Ζ.Π.....	82
9	ΕΠΙΛΟΓΟΣ.....	88
9.1	ΠΡΟΟΠΤΙΚΕΣ - ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΕΣ ΕΠΕΚΤΑΣΗΣ.....	88
9.1.1	Επέκταση στο περιβάλλον του ζώου.....	88
9.1.2	Επέκταση στο ίδιο το ζώο.....	89
9.2	ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	90
10	ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	91

1 **ΕΙΣΑΓΩΓΗ**

1.1 Αντικείμενο της πτυχιακής

Σκοπός της πτυχιακής εργασίας είναι η εγκατάσταση ενός συστήματος ασύρματων αισθητήρων, το οποίο να παρέχει στους χρήστες εξειδικευμένες πληροφορίες και προηγμένες υπηρεσίες με σκοπό την αποτελεσματική διαχείριση εφαρμογών στη ζωική παραγωγή.

Για την υλοποίηση του συστήματος έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί διαφορετικά είδη τεχνολογιών, όπως είναι τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και οι βάσεις δεδομένων. Το σύστημα συλλέγει πληροφορίες από το περιβάλλον στο οποίο δραστηριοποιούνται ζώα, τις διαχειρίζεται κατάλληλα και μας δίνει την δυνατότητα να εξάγουμε κρίσιμα συμπεράσματα για την ποιότητα διαβίωσης των οργανισμών αυτών.

1.2 Οργάνωση του τόμου

Στα κεφάλαια που θα ακολουθήσουν θα αναλυθούν οι ανωτέρω αναφερθείσες έννοιες, οι οποίες είναι αναγκαίες για την κατανόηση της ανάλυσης της υλοποίησης της εφαρμογής.

Συγκεκριμένα, στο πρώτο κεφάλαιο παρουσιάζεται μια σύντομη περιγραφή της δομής, και του αντικειμένου που πραγματεύεται η συγκεκριμένη εργασία.

Στο δεύτερο κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή των ασύρματων δικτύων αισθητήρων. Παρουσιάζονται οι δυνατότητες και ιδιαιτερότητες τους μέσα από ένα πλήθος εφαρμογών.

Στο τρίτο κεφάλαιο δίνεται μια ανάλυση για το τι ακριβώς εννοούμε με τον όρο Ζωική Παραγωγή Ακριβείας και προσδιορίζονται επαρκώς τους παράγοντες που θα μας απασχολήσουν στη συνέχεια.

Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή Στο τέταρτο κεφάλαιο γίνεται μια περιγραφή του περιβάλλοντος που ζουν τα ζώα καθώς επίσης δίνεται και μια επεξήγηση για τις κτηνοτροφικές κατασκευές

Στο πέμπτο κεφάλαιο παρουσιάζουμε τα στοιχεία της εφαρμογής και τους αισθητήρες που χρησιμοποιήσαμε.

Στο επόμενο κεφάλαιο γίνεται μια πλήρη περιγραφή της αρχιτεκτονικής τους συστήματος. Περιγράφεται δηλαδή αναλυτικά τα διάφορα μέρη της εφαρμογής, και την λειτουργικότητα που εκτελούν αυτά.

Στο έβδομο κεφάλαιο αναλύουμε και παρουσιάζουμε τη περίπτωση χρήσης και εφαρμογής του συστήματος το οποίο είχαμε στην διάθεση μας και το οποίο εφαρμόσαμε στη φάρμα του ΤΕΙ της Λάρισας.

Στο όγδοο κεφάλαιο συνοψίζουμε τα αποτελέσματα τις εργασίας, παρουσιάζουμε τα εξαγόμενα συμπεράσματα και δίνουμε μια περιγραφή των δυνατοτήτων επέκτασης της εφαρμογής.

Τέλος στο ένατο κεφάλαιο έχουμε τον επίλογο. Στη συνέχεια παρουσιάζονται στο επόμενο παράρτημα οι πηγές από όπου αντλήσαμε τις πληροφορίες για την υλοποίηση και ανάπτυξη του αντικειμένου της εργασίας αυτής.

2 *Δίκτυα αισθητήρων*

2.1 Γενική περιγραφή των ασύρματων δικτύων αισθητήρων.

Ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων (Wireless Sensor Network) είναι ένα ασύρματο δίκτυο το οποίο έχει την δυνατότητα είτε να λειτουργεί αυτοτελώς, είτε να είναι διασυνδεδεμένο σε μεγαλύτερα δίκτυα τηλεπικοινωνιών ή στο διαδίκτυο. Τα δίκτυα αυτά αποτελούνται από μεγάλο αριθμό μικρών ηλεκτρονικών διατάξεων (αισθητήρων), κινητών ή μη, που αποστέλλουν σε μια κεντρική μονάδα πληθώρα δεδομένων προς επεξεργασία και λήψη αποφάσεων.

Η ταχύτατη ανάπτυξη της μικροηλεκτρονικής και των υλικών επέτρεψε την κατασκευή πολύ μικρών αισθητήρων, οι οποίοι έχουν την ικανότητα να μετρούν και να καταγράφουν μια κυριολεκτικά ατέλειωτη σειρά από περιβαλλοντολογικά ή βιολογικά μεγέθη, όπως τη θερμοκρασία, την ατμοσφαιρική πίεση, την υγρασία, τη φωτεινότητα, τη στάθμη υδάτων, την ωρίμανση καρπών, την ανίχνευση χημικών στοιχείων, την πίεση αίματος, τους σφυγμούς καρδιάς, την κίνηση αντικειμένων και ανθρώπων και πολλές ακόμα παραμέτρους που προστίθενται διαρκώς στον παραπάνω κατάλογο. Αξιοσημείωτο είναι ότι σε μία διάταξη ίση με ένα νόμισμα 2 ευρώ μπορούμε να συμπεριλάβουμε πολλά από τα παραπάνω αισθητήρια και να καταμετρούμε συγχρόνως διάφορα μεγέθη.

Παράλληλα, ανάλογη πρόοδος συντελέστηκε και στη σχεδίαση και υλοποίηση ειδικών πομποδεκτών που επιτρέπουν την αποτελεσματική διασύνδεση των διατάξεων μεταξύ τους και με την κεντρική μονάδα με τεχνολογίες ασύρματης δικτύωσης, αξιολογημένες στα παγκόσμια δίκτυα κινητών επικοινωνιών. Το χαμηλό κόστος παραγωγής παρέχει τη δυνατότητα εγκατάστασης πολύ μεγάλων δικτύων με εκατοντάδες ή χιλιάδες στοιχεία με προηγμένο λογισμικό και ικανότητα να αυτοοργανώνονται, να βελτιστοποιούν και να διασφαλίζουν τη λειτουργία τους χωρίς ιδιαίτερη συντήρηση για μεγάλο χρονικό διάστημα. ^{[1] [2] [3]}

2.2 Στόχοι και απαιτήσεις ενός δικτύου αισθητήρων

Οι τρόπος χρήσης και οι στόχοι ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων εξαρτώνται γενικά από την εφαρμογή, αλλά μπορούμε να τους χωρίσουμε σε τρεις κύριες κατηγορίες. Οι κατηγορίες αυτές περιγράφουν ένα μεγάλο μέρος της λειτουργικότητας που μπορούν να προσφέρουν τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων.

Οι κατηγορίες αυτές είναι:

- **Καθορισμός της αξίας κάποιας παραμέτρου σε μια δεδομένη θέση.**
Ένα δεδομένος κόμβος αισθητήρων δηλαδή να μπορεί να συνδεθεί με τους διαφορετικούς τύπους αισθητήρων, κάθε ένας με ένα διαφορετικό ρυθμό δειγματοληψίας των τιμών.
- **Ανίχνευση της πραγματοποίησης ενός καθορισμένου γεγονότος,** καθώς και ικανότητα πραγματοποίησης υπολογισμών πάνω στις παραμέτρους του πραγματοποιημένου γεγονότος.
- **Ταξινόμηση ενός αντικειμένου.**

Π.χ. Σε ένα στρατιωτικό δίκτυο αισθητήρων, ακολουθείστε ένα εχθρικό όχημα καθώς κινείται μέσω της γεωγραφικής περιοχής που καλύπτεται από το δίκτυο.

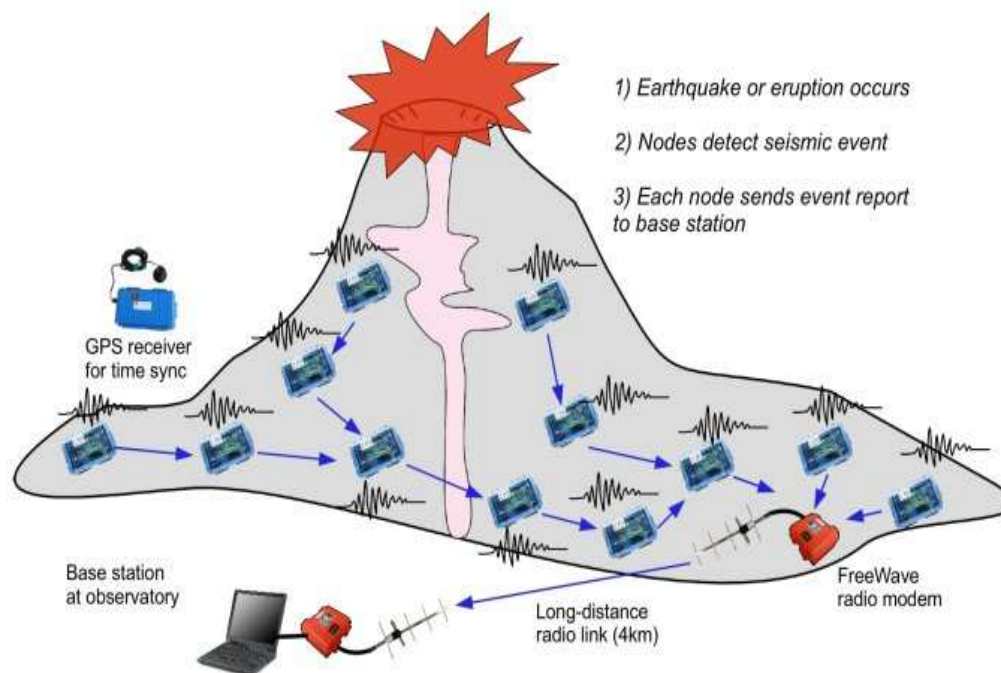
Συνήθως οι εφαρμογές που χρησιμοποιούν τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, εκτός από την εκτέλεση των παραπάνω λειτουργιών, απαιτούν και την ικανοποίηση κάποιων συγκεκριμένων ιδιοτήτων από αυτά. Οι ιδιότητες αυτές αναφέρονται κυρίως σε τεχνικά χαρακτηριστικά, η ικανοποίησή των οποίων βελτιστοποιεί την απόδοση των δικτύων αισθητήρων. Μερικές από τις ιδιότητες αυτές περιγράφονται παρακάτω:

- **Ικανότητα υλοποίησης και διαχείρισης δικτύων ασύρματων αισθητήρων,**
το μέγεθος των οποίων να φτάνει ακόμα και τους 100.000 κόμβους.
- **Χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις.**
Δεδομένου ότι σε πολλές εφαρμογές οι κόμβοι αισθητήρων θα τοποθετηθούν σε μια απομακρυσμένη περιοχή, η τροφοδότηση ενός κόμβου μπορεί να μην είναι δυνατή. Σε αυτήν την περίπτωση, η διάρκεια ζωής ενός κόμβου μπορεί να καθοριστεί από τη ζωή μπαταριών, για αυτό τον λόγο απαιτείται η ελαχιστοποίηση των ενεργειακών δαπανών.
- **Δυνατότητα αυτό-οργάνωσης των δικτύων.**
Το δίκτυο πρέπει να είναι σε θέση να μετατρέπεται περιοδικά έτσι ώστε να μπορεί να συνεχίσει να λειτουργεί, ακόμα και στις περιπτώσεις όπου κάποιοι κόμβοι αποτύχουν (π.χ. λόγω έλλειψης ενέργειας), είτε ενσωματωθούν καινούριοι κόμβοι στο δίκτυο.
- **Δυνατότητα άντλησης πληροφοριών.**
Κάποιος χρήστης μπορεί να θέλει τις πληροφορίες ενός μόνο κόμβου ή μιας ομάδας από κόμβους για συλλογή πληροφοριών για συγκεκριμένη περιοχή. Εξαιτίας της συγχώνευσης δεδομένων που πραγματοποιείται μπορεί να μην είναι δυνατόν να μεταδοθεί ένας μεγάλος όγκος πληροφοριών από το δίκτυο. Αντί αυτού, διάφοροι τοπικοί κόμβοι θα συλλέξουν δεδομένα από συγκεκριμένες περιοχές και θα δημιουργήσουν περιληπτικά μηνύματα. Έτσι μία αίτηση για άντληση πληροφοριών από έναν κόμβο μπορεί να κατευθυνθεί στον πλησιέστερο τοπικό κόμβο που συλλέγει δεδομένα

2.3 Εφαρμογές στα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων

Η έρευνα για τα δίκτυα αισθητήρων ήταν, όπως και για πολλές άλλες τεχνολογίες, αρχικά παρακινούμενη από στρατιωτικές εφαρμογές [1] [12] [13] [14]. Εντούτοις, η διαθεσιμότητα χαμηλού κόστους αισθητήρων και

επικοινωνιακών δικτύων καθώς και η ικανότητά τους να λειτουργούν σε περιοχές όπου επικρατούν αντίξοες συνθήκες για πολλά έτη χωρίς την ανάγκη επαναφόρτισης ή αντικατάστασης τους έχουν οδηγήσει στην ανάπτυξη πολλών εφαρμογών. Χρησιμοποιούνται σε εμπορικές και βιομηχανικές εφαρμογές για να ελέγχουν τα στοιχεία που θα ήταν δύσκολο ή ακριβό να ελεγχθούν από αισθητήρες συνδεδεμένους με καλώδιο. Μερικές από τις πιο σημαντικές εφαρμογές τους, όπως :



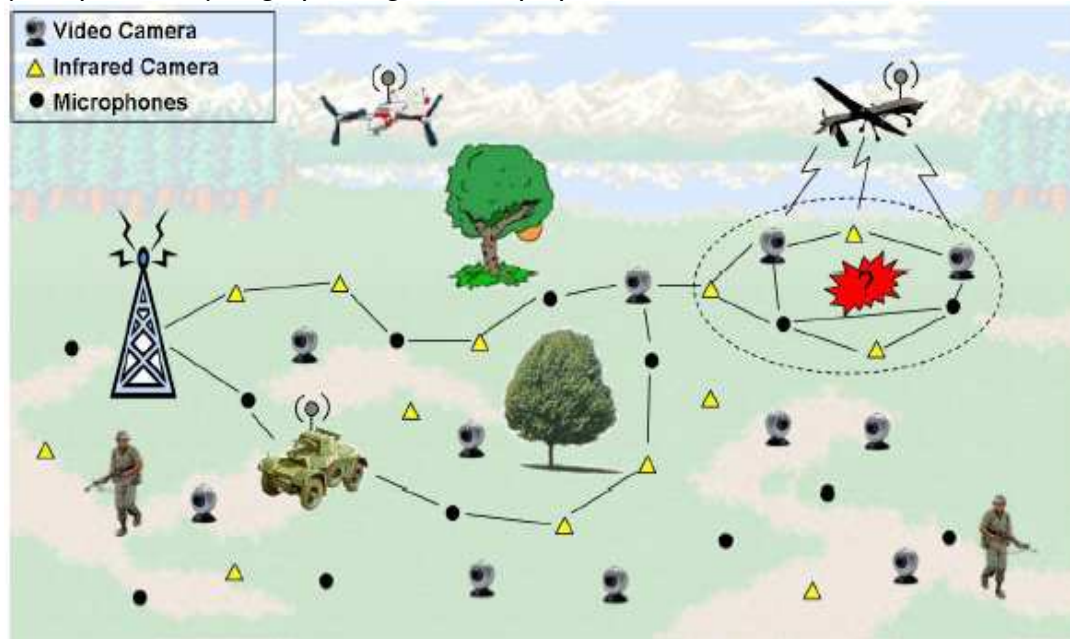
<http://www.eecs.harvard.edu/~mdw/proj/volcano/pics/reventador-design-med.jpg>

- Οι μετρήσεις ακριβείας ατμοσφαιρικών και μετεωρολογικών παραμέτρων.
- Η επιτήρηση δασών, υδροβιότοπων, θερμοκηπίων και γενικά αγροτικών καλλιεργειών για έλεγχο υγρασίας, θερμοκρασίας, πίεσης, ωρίμανσης καρπών, κτλ.,
- Η επιτήρηση υγρών στοιχείων για ρύπους ή έλεγχο ακραίων φαινομένων όπως οι πλημμύρες.
- Η επιτήρηση βιομηχανικού περιβάλλοντος για την εξασφάλιση επιθυμητών συνθηκών της παραγωγικής διαδικασίας.
- Στοιχειώδεις ρυθμίσεις λειτουργιών σε κτίρια όπως θέρμανση, φωτισμός, συναγερμοί.

Είναι μερικές από τις ήδη οικείες σε εμάς εφαρμογές τους, καθώς ανταποκρίνονται στις συνήθεις δραστηριότητες και ανάγκες μας.

Ως λιγότερο οικείες αλλά διόλου ασήμαντες μπορούν να αναφερθούν:

- Οι στρατιωτικές εφαρμογές και οι υποβρύχιες εγκαταστάσεις δικτύων για εντοπισμό αντικειμένων τόσο για στρατιωτικές επιχειρήσεις όσο και για αρχαιολογικές έρευνες και πειράματα.



<http://www2.ece.ohio-state.edu/~ekici/images/mwsn.jpg>

- Η χρήση δικτύων αισθητήρων για τον εξαιρετικά ακριβή προσδιορισμό της θέσης και της κίνησης αντικειμένων σε εσωτερικούς χώρους, όπως σε κτίρια σε πυκνοδομημένο αστικό περιβάλλον, όπου η απόδοση της κλασικής GPS υπηρεσίας αποδεικνύεται ανεπαρκής. [4] [5] [6] [7]

)

3 ***Ζωική Παραγωγή Ακριβείας***

3.1 Τι είναι η Ζωική Παραγωγή Ακριβείας.

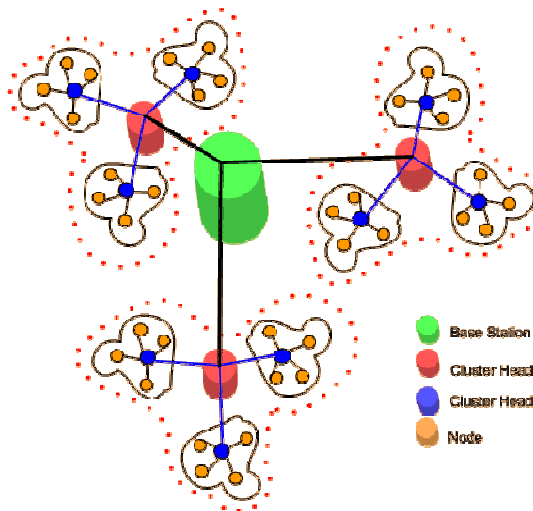
Καθώς το νερό, το εργατικό δυναμικό και οι πρώτες ύλες σπανίζουν και γίνονται ολοένα και πιο δαπανηρές, η βιωσιμότητα και αειφορία της γεωργικής βιομηχανίας έγκειται στην ικανότητα για αποτελεσματική αξιοποίηση και διαχείριση των πόρων αυτών. Ένας βασικός παράγοντας σε αυτή τη διαδικασία είναι η διαθεσιμότητα έγκαιρων, έγκυρων πληροφοριών και τεχνογνωσίας που μπορεί να φέρει επανάσταση στον τρόπο που παίρνονται οι αποφάσεις καθημερινής διαχείρισης.

Τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων είναι μια ταχύτατα αναπτυσσόμενη περιοχή έρευνας και παρέχουν πρόσβαση στις περιβαλλοντικές πληροφορίες με μεγαλύτερη λεπτομέρεια σε σχέση με το παρελθόν. Τα Ασύρματα Δίκτυα Αισθητήρων μας δίνουν την ευκαιρία να παρακολουθούμε και να διαχειριζόμαστε αυτόνομα συστήματα κτηνοτροφικής παραγωγής σε πραγματικό χρόνο. Η γεωργία είναι μια σημαντική δραστηριότητα και υπάρχουν πολλές γνώσεις σχετικά με τα οικοσύττα ζώα και το περιβάλλον. Ωστόσο, τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, εξασφαλίζουν μια ευκαιρία για να ενισχυθεί σε μεγάλο βαθμό αυτή τη

γνώση, και να εφαρμοσθεί για τη βελτίωση της γεωργίας. Για πρώτη φορά θα είμαστε σε θέση να λαμβάνουμε ταυτόχρονα τριπλά (περιβαλλοντικά, οικονομικά και κοινωνικά) οφέλη, επιτρέποντας στους διαχειριστές γαιών να αναπτύξουν και να παραδώσουν επιλογές διαχείρισης ακρίβειας με πιο αποτελεσματικό τρόπο εργασίας.

3.2 Ανάγκες για WSN στη Ζ.Π. Ακρίβειας

Ένα WSN περιλαμβάνει μια ομάδα από «κόμβους» οι οποίοι ξεχωριστά μετράνε μια μεταβλητή, για παράδειγμα την υγρασία του εδάφους, η οποία ασύρματα αλληλεπιδρά με τους γείτονές τους, δημιουργώντας ένα δίκτυο ad-hoc που διαβιβάζει πληροφορίες στην κεντρική βάση δεδομένων. Καλύπτοντας ένα αγρόκτημα με αυτούς τους κόμβους ο γεωργός-κτηνοτρόφος μπορεί να έχει πάντα μια ακριβή εικόνα για τα επίπεδα υγρασίας του εδάφους για να καθορίσει την πλέον αποτελεσματική άρδευση που χρειάζεται για ένα πεδίο. Συνδυάζοντας αυτές τις σημαντικές πληροφορίες με πρόσθετες πληροφορίες που έχουν αποκτηθεί από τα δίκτυα αισθητήρων, ένας πλούτος γνώσεων μπορεί να αποκτηθεί με την επίδραση των περιβαλλοντικών παραγόντων και της αγέλης των ζώων.



Υπάρχουν αρκετά **παραδείγματα**, που μπορούν να δικαιολογήσουν τις τάσεις σε όλο τον κόσμο. Η παραγωγή βοδινού κρέατος και γάλακτος ήταν πάντα ένα σημαντικό συστατικό της γεωργίας στο Ηνωμένο Βασίλειο. Ο συνολικός αριθμός των βοοειδών στην Αγγλία το 2003 εκτιμήθηκε σε πάνω από 5.709.000. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, έχουν σημειωθεί δυο σημαντικά ξεσπάσματα ζωικών νόσων στο Ηνωμένο Βασίλειο.

Η **Bovine Spongiform Encephalopathy (BSE)**, ή «νόσος των τρελών αγελάδων» Το ξέσπασμα της ΣΕΒ, η οποία ξεκίνησε στο Ηνωμένο

Βασιλείο το 1986, έχει μολύνει περίπου 200.000 βοοειδή και έχει οδηγήσει στην προληπτική σφαγή και την καταστροφή των 4,5 εκατομμυρίων βοοειδών.

Ο **αφθώδης πυρετός (FMD)** επιδημίας του 2001 οδήγησε στην σφαγή 4 εκατομμυρίων ζώων. Ο αφθώδης πυρετός είναι μια ιδιαίτερα μεταδοτική ιογενής νόσος που πλήττει κυρίως τα δίκχηλα ζώα. Μπορεί να είναι εξουθενωτική στα προσβεβλημένα ζώα, προκαλώντας απώλειες στην παραγωγή κρέατος και γάλακτος.

3.3 Τεχνολογία WSN στη Ζ.Π. Ακριβείας

Η Πανεθνική παρακολούθηση των βοοειδών έχει αναγνωριστεί ως ένα σημαντικό μέσο για τον εντοπισμό εστιών των ασθενειών αυτών και είναι δυνητικά σε θέση να σώσει μεγάλα χρηματικά ποσά. Επί του παρόντος, στα βοοειδή του Ηνωμένου Βασιλείου οι γεννήσεις και οι κινήσεις αναφέρονται χειροκίνητα από τους αγρότες, με web interface, e-mail, ή ταχυδρομείο και αποθηκεύονται σε κεντρική βάση δεδομένων που περιέχει τις πρόσφατες καταχωρίσεις αρκετών εκατομμυρίων ζώων.

Τα συστήματα παρακολούθησης γεωργικής εκμετάλλευσης που είναι σήμερα σε λειτουργία, δεν είναι επαρκή επειδή είναι προαιρετικά, ιδιαίτερα ετερογενή και μη επαρκώς ενσωματωμένα.

Η παρακολούθηση άγριων ζώων αποτελεί επίσης μια σημαντική δραστηριότητα που μας επιτρέπει να μάθουμε για τη συμπεριφορά των ζώων και τα χαρακτηριστικά μετακινήσεων τους στην άγρια φύση με τέτοιο τρόπο που δεν είναι δυνατόν με άλλες παλαιότερες μεθόδους. Υπήρξε κάποιο ενδιαφέρον για το θέμα αυτό στον τομέα των δικτύων αισθητήρων. Το σχέδιο ZebraNet παρουσιάζει ένα σύστημα μηχανισμών εντοπισμού των ζώων για να χρησιμοποιούνται στις άγριες ζέβρες στο Κέντρο Ερευνών Μπάλα (Mpala Research Centre) στην Κένυα. Το σύστημα χρησιμοποιεί τεχνικές δικτύων peer-to-peer που επιτρέπουν στα δεδομένα να κινούνται σε όλο το adhoc δίκτυο των ζώων σε σταθμούς βάσης και τελικά στους βιολογικούς τους ερευνητές. Οι Small και Haas παρουσιάζουν ένα σύστημα για τον εντοπισμό φαλαινών στον ωκεανό. Αυτό το σύστημα βασίζεται στη χρήση σηματοδότηρων και δορυφορικών επικοινωνιών για να πάρουν δεδομένα από τις φάλαινες για τους ερευνητές.

Άλλες κατηγορίες ζώων που πρόκειται να είναι το θέμα του επιστημονικού ενδιαφέροντός μας είναι τα βοοειδή, οι χοίροι, τα πουλερικά, τα ποντίκια και οι μέλισσες.

Η γεωργία βασίζεται σε διαφορετικά περιβάλλοντα σε όλο τον κόσμο και τα πιο κοινά στοιχεία για αυτό είναι:

1. Τα εδάφη είναι λιγότερο γόνιμα

2. Λιγότερη βροχή και νερό
3. Αποχέτευση
4. Διανομή Θρεπτικών ουσιών
5. Η εγγύτητα σε μεγάλες πόλεις (το υψηλότερο κόστος της εργασίας)

Για παράδειγμα στο έδαφος της Αυστραλίας, οι λεκάνες απορροής και η βιοποικιλότητα υποφέρουν και δεν μπορούν να υποστηρίξουν τις τρέχουσες γεωργικές πρακτικές και οικονομικά όλο και περισσότερο οι τρέχουσες πρακτικές εκτροφής είναι δύσκολο να διατηρηθούν.

3.4 Κρίσιμοι τομείς για τη Ζ.Π.Α.

3.4.1 Εσωτερική θερμοκρασία σώματος και Θερμογραφικά Προφίλ

Η εσωτερική θερμοκρασία του σώματος έχει ερευνηθεί ως μέθοδος για την ανίχνευση οίστρου, αναπνευστικών ασθενειών και θερμικής καταπόνησης σε βοοειδή feedlot (π.χ., μέσω ενός πομπού που εμφυτεύεται στην περιτοναϊκή κοιλότητα). Θερμογραφικές έρευνες (δηλαδή με μια υπέρυθρη κάμερα) έχουν δείξει ότι τα ζώα με το υψηλότερο συνολικά θερμικό προφίλ (μια θερμότερη επιφάνεια του σώματος), τείνουν να είναι υγιέστερα και να παρουσιάζουν ταχύτερη αύξηση του σωματικού βάρους. Αυτή η τεχνική έχει χρησιμοποιηθεί επίσης να εξετάζει για αναπνευστικές ασθένειες, η οποία με τη σειρά της αλλάζει τον μεταβολισμό και την απόδοση των βοοειδών. Το κρύο θερμικό προφίλ μπορεί να υποδεικνύει πυρετό έως και δύο ημέρες πριν το ζώο αρρωστήσει ή παρουσιάσει μειωμένη μεταβολική δραστηριότητα.

3.4.2 Στοιχεία του περιβάλλοντος

Τα περιβαλλοντικά στοιχεία είναι σημαντικά επειδή τα ζώα αντιδρούν στις περιβαλλοντικές επιβαρύνσεις. Οι θερμές και κρύες πιέσεις συμβάλλουν στην ασθένεια, στη μειωμένη απόδοση, καθώς και στην ετοιμότητα για να ζευγαρώσουν και να συλλάβουν. Επιπλέον, αερομεταφερόμενα μολυσματικά σωματίδια κάνουν τη μεταφορά της νόσου πιθανή σε μεγάλες αποστάσεις. Για τους λόγους αυτούς είναι πολύ κρίσιμο για μας να μετρήσουμε και να αναλύσουμε τη θερμοκρασία περιβάλλοντος,

την υγρασία, τον άνεμο, το CO₂ στο περιβάλλον, την NH₄ στο περιβάλλον και τα επίπεδα pH στο σώμα των ζώων.

3.4.3 Ρυθμός της καρδιάς

Οι διακυμάνσεις του ρυθμού της καρδιάς μπορεί να δείχνουν στρες καθώς και state-of-υγείας αλλαγές. Η λήψη του ρυθμού της καρδιάς από βοοειδή μέσω ηλεκτροδίων είναι ιδιαίτερα δύσκολη, λόγω του πάχους και της μεγάλης ωμικής αντίστασης που έχουν. Με εμφυτεύσιμα ηλεκτρόδια, το ενδεχόμενο για λοιμώξεις και βιολογικές αντιδράσεις στα ράμματα παρουσιάζει σημαντικά εμπόδια. Επιπλέον, η πάστα ηλεκτροδίων που συνήθως χρησιμοποιούνται για τις μετρήσεις ηλεκτροκαρδιογραφήματος δεν θα αντέξουν ένα εξωτερικό περιβάλλον για μεγάλη διάρκεια. Τα στεγνά ηλεκτρόδια προσφέρουν ελπίδα, αλλά τα προβλήματα τοποθέτησης ηλεκτροδίων περιορίζουν τη χρησιμότητά τους μακροπρόθεσμα.

3.4.4 Αναπνευστικός ρυθμός

Από τις διαταραχές του αναπνευστικού συστήματος, μπορούν να ανιχνευτούν ασθένειες και να αναγνωριστεί το άγχος. Μια κοινή μέθοδος για την λήψη αναπνευστικού ρυθμού χρησιμοποιεί αισθητήρες πίεση μετρώντας τις αλλαγές του θωρακικού όγκου. Μια πιο ελκυστική επιλογή είναι να εξαγάγουμε το ρυθμό αναπνοής από τη διακύμανση των R-R διαστημάτων του ηλεκτροκαρδιογραφήματος. Σε αυτή την προσπάθεια, διερευνούμε επίσης τη χρήση ενός θερμομέτρου, ίσως σε ένα στήριγμα της μύτης, για την ανίχνευση διακυμάνσεων της θερμοκρασίας έναντι του εκπνεόμενου αέρα.

3.4.5 Τρόφιμα και η κατανάλωση νερού

Υγιής βόδια περνούν περισσότερο χρόνο στις ταϊσטרές και επιστρέφουν πιο συχνά από ό, τι τα μη υγιή βόδια. Τα υγιή στείρα επίσης πίνουν πιο συχνά, αλλά όχι κατ' ανάγκη μεγαλύτερες ποσότητες νερού. Παρακολουθώντας τη συμπεριφορά τους στην ποσότητα τροφής και την κατανάλωση νερού, τα άρρωστα στείρα βοοειδή μπορούν να προσδιοριστούν τρεις έως τέσσερις ημέρες νωρίτερα από ό, τι με τις συμβατικές μεθόδους. Έχουμε την πρόθεση να παρακολουθούμε τη διατροφική συμπεριφορά συσχετίζοντας το χρόνο που δαπανάται κοντά σε ταϊσטרές με τη θέση και την κίνηση του κεφαλιού (μετρούμενη με τη χρησιμοποίηση τριών αξόνων επιταχυνσιόμετρα).

3.4.6 Ηλεκτρονική αναγνώριση

Τα Radio-Frequency Identification τσιπάκια (RFID) φαίνονται ιδανικά για την ταυτοποίηση των ζώων και τη διατήρηση των ζώων / δεδομένων οργανώσεις. Αναγνώστες τοποθετήθηκαν στα σημεία συνάθροισης των βοοειδών όπως στις ταΐστρες, στις ποτίστρες, ή στους μεταλλικούς τροφοδότες και μπορούν να παρέχουν πληροφορίες σχετικά με διάφορες παραμέτρους της παραγωγής. Η παρακολούθηση των άρρωστων ζώων στο αγρόκτημα προέλευσής τους μπορεί επίσης να αποδειχθεί χρήσιμη. Συστατικά μέρη των RFID είναι διαθέσιμα ως ενώτια ή εμφυτεύσιμες συσκευές. Η εκδοχή, ενώτια μπορεί να διαβαστεί σε μεγαλύτερη απόσταση, ενώ η εκδοχή, εμφυτεύσιμες συσκευές είναι πιο πιθανό να μείνουν με το ζώο για όλη τη διάρκεια της ζωής του.

3.4.7 Κίνηση

Οι Global Positioning--System (GPS) συσκευές μπορούν να εξασφαλίσουν την έγκαιρη ανίχνευση της νοσηρότητας στα βοοειδή ανιχνεύοντας τη μειωμένη δραστηριότητα. Περαιτέρω, τα GPS δεδομένα μπορούν να δώσουν ιστορικά τοποθεσιών τόσο των ζώων μεμονωμένα όσο και ολόκληρων κοπαδιών, εντοπίζοντας ποια ζώα ενδέχεται να έχουν έρθει σε επαφή μεταξύ τους. Οι GPS συσκευές θα μπορούσαν επίσης να αντικαταστήσουν τα βηματόμετρα, τα οποία έχουν χρησιμοποιηθεί για την ανίχνευση νευρικότητας και την αυξημένη δραστηριότητα, για τον προσδιορισμό του οίστρου.

3.5 Η προσέγγιση

Μετά την εξέταση των κρίσιμων θεμάτων σε όλα τα επίπεδα που αφορούν τις απαιτήσεις ακριβείας στη ζωική παραγωγή μπορούμε να έχουμε μια τριπλή άποψη. Για να πάρουμε πιο λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με το ενδεχόμενο εξάπλωσης των ασθενειών, είναι απαραίτητη η χρήση αυτόματου συστήματος παρακολούθησης των ζώων. Για παράδειγμα τα βοοειδή μπορεί να μολυνθούν ακόμη και όταν μεταφέρονται μεταξύ βοοσκοτοπών ή όταν παραδίδονται μεταξύ των γεωργών, τα οποία λαμβάνουν χώρα εκτός του πεδίου εφαρμογής των συστημάτων παρακολούθησης των αγροκτημάτων. Ένα πανεθνικό σύστημα παρακολούθησης των βοοειδών μπορεί επίσης να εξυπηρετήσει άλλους σκοπούς, δηλαδή να αναφέρει γενικά ζητήματα υγείας που συνδέονται με ζώα, όπως κωλότητα, μαστίτιδα και άλλη λοίμωξη ή μεταβολικά νοσήματα. Εν κατακλείδι οδηγούμαστε στην ακόλουθη προσέγγιση.

- **Από το Ζώο στο Περιβάλλον.** Η προσέγγιση αυτή αφορά τεχνολογικές συσκευές που εμφυτεύονται σε ζώα, προκειμένου να παρακολουθείται το περιβάλλον στο οποίο ζουν.
- **Από το Περιβάλλον στο ζώο.** Τις περισσότερες φορές χρησιμοποιούμε στατικούς αισθητήρες στο περιβάλλον διαβίωσης, προκειμένου να παρακολουθούνται τα ζώα και οι συνήθειές τους.
- **Από Ζώο σε Ζώο.**
 - **Στο αγρόκτημα.**
 - **Κατά τη διάρκεια της μεταφοράς.**

Η Ζωική παρακολούθηση χωρίζεται σε δύο τομείς

- **Εσωτερική.** Όταν εμφυτεύουμε βιοαισθητήρες για την παρακολούθηση της υγείας των ζώων.
- **Εξωτερική.** Όταν χρησιμοποιούμε το σώμα του ζώου, προκειμένου να λάβουμε διάφορες μετρήσεις, όπως περιγράφεται παραπάνω.

3.6 Καθορισμός προσέγγισης

Η ενότητα αυτή αξιολογεί τρέχουσες προσεγγίσεις για την παρακολούθηση των ζώων. Υπάρχει ένας αριθμός υφιστάμενων προσεγγίσεων σχετικά με τη ζωική παρακολούθηση. Κανένας από αυτούς δεν ικανοποιεί τις απαιτήσεις μας, αλλά εμείς τους αξιολογούμε εν συντομία, προκειμένου να κατανοήσουν καλύτερα τις προκλήσεις μας.

Τα **σταθερά ασύρματα δίκτυα αισθητήρων** για την παρακολούθηση της πανίδας που αναπτύσσονται συνήθως σήμερα έχουν μικρές και μεσαίου μεγέθους κλίμακες (δεκάδες έως εκατοντάδες των αισθητήρων), καλύπτουν μικρές και μεσαίες γεωγραφικές αποστάσεις (δεκάδες έως εκατοντάδες τετραγωνικά μίλια) και είναι βραχυπρόθεσμα ή μεσοπρόθεσμα (ώρες ή και μήνες) . Τα δεδομένα του αισθητήρα συνήθως αρχειοθετούνται σε έναν ισχυρό εξυπηρετητή γεωγραφικά τοποθετημένα μαζί με τους αισθητήρες που είναι συνήθως πλήρως επαναλαμβανόμενα

στους προκαθορισμένους ισχυρούς servers στα εργαστήρια, π.χ. The Great Duck Island. Μια αρχιτεκτονική για τη μακροχρόνια περίοδο, μεγάλης κλίμακας δικτύου αισθητήρων οργάνωση για την παρακολούθηση του τροπικού δάσους της Βραζιλίας έχει προταθεί αλλά, από όσο γνωρίζουμε, δεν αναπτύσσεται. Το έργο μας διαφέρει από τα σταθερά ασύρματα δίκτυα αισθητήρων από την άποψη της κινητικότητας των κόμβων και των δυνατοτήτων τους. Ειδικότερα οι κόμβοι σήματός μας έχουν μεγαλύτερο χώρο αποθήκευσης, μεγαλύτερη δύναμη επεξεργασίας και καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια.

Τα **κινητά ασύρματα δίκτυα αισθητήρων** για την παρακολούθηση των ζώων που χρησιμοποιούνται σήμερα έχουν συνήθως μικρή κλίμακα (έως 100 κόμβους), π.χ. σχέδιο ZebraNet για την παρακολούθηση της ζέβρας στο Κέντρο Ερευνών Μπάλα στην Κένυα. Στο ZebraNet, συσκευές που έχουν τοποθετηθεί στις ζέβρες μετέφεραν όλες οι μετρήσεις τους σε όλες τις άλλες συσκευές της γκάμας τους. Η προσέγγιση αυτή δεν ήταν κλιμακούμενη λόγω του περιορισμένου χώρου αποθήκευσης των συσκευών και ήταν εφικτή μόνο λόγω του μικρού αριθμού των ζώων που ελέγχονται. Η ανάκτηση των συγκεντρωτικών μετρήσεων που προέρχονται από ζώα απαιτούσε προσέγγιση από τους ανθρώπους, που αύξησε το κόστος συντήρησης. Μια άλλη προσέγγιση για την ανάκτηση δεδομένων από το ζώο είναι με την τοποθέτηση αισθητήρων που χρησιμοποιεί η GSM τηλεφωνία. Τέτοια περιλαίμια είναι ήδη διαθέσιμα στην αγορά. Σε περίπτωση παρακολούθησης μεγάλου αριθμού ζώων αυτή η προσέγγιση μπορεί να είναι οικονομικά δύσκολη λόγω του κόστους της επικοινωνίας GSM, δηλαδή το κόστος συντήρησης. Ένα άλλο μειονέκτημα είναι ότι τα συστήματα GSM με πομποδέκτες καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ενέργειας. Αυτό μπορεί δυνητικά να οδηγήσει σε αναγκαστική σημαντική προσπάθεια για να αντικατασταθούν οι μπαταρίες κάθε λίγες ημέρες. Οι περιορισμοί αυτοί αντιμετωπίστηκαν με την τοποθέτηση GSM, ιδίως πομποδέκτες GPRS μόνο σε ένα υποσύνολο των ζώων. Οι συσκευές χωρίς GPRS πομποδέκτες μεταφέρουν τις μετρήσεις τους μέσω των GPRS-enabled ενεργών συσκευών. Το έργο μας διαφέρει από το τυπικό κινητό ασύρματο δίκτυο αισθητήρων για την παρακολούθηση των ζώων λόγω της πολύ μεγαλύτερης κλίμακας (εκατομμύρια συσκευές και όχι δεκάδες).

Τα **RFIDs** είναι μια καθιερωμένη προσέγγιση για τον εντοπισμό των κατοικίδιων ζώων. Επιτρέπουν την ανάγνωση ενός αναγνωριστικού του ζώου από ένα σταθερό αναγνώστη η οποία παρέχει πληροφορίες ότι ένα συγκεκριμένο ζώο ήταν παρών σε ορισμένο χρονικό διάστημα σε μια δεδομένη τοποθεσία. Τα πλεονεκτήματα αυτής της προσέγγισης περιλαμβάνουν

- χαμηλή τιμή,

- μικρό μέγεθος - μπορεί να τοποθετηθεί σε ένα ζώο ως εμφύτευμα,
- μεγάλη διάρκεια ζωής λόγω της έλλειψης ανάγκης για ενεργειακό εφοδιασμό.

Τα μειονεκτήματα περιλαμβάνουν περιορισμένο πεδίο εφαρμογής των παρεχόμενων πληροφοριών και αναξιόπιστες μετρήσεις RFID (ιδίως σε περιπτώσεις που τα ζώα κινούνται πολύ γρήγορα ή πάρα πολλά από αυτά τυχαίνει να είναι παρόντα κοντά στον αναγνώστη).

Οι **αρχειακές ετικέτες** είναι συσκευές παρακολούθησης που μπορούν να τοποθετηθούν στα ζώα, μπορούν να αποθηκεύσουν τις μετρήσεις για το ζώο και μπορεί να διαβαστούν από μια φορητή συσκευή. Αυτή είναι η πλέον αξιόπιστη προσέγγιση, αλλά ακριβή από άποψη κόστους συντήρησης διότι τα ζώα πρέπει να προσεγγίζονται ατομικά από τους εκτροφείς. Το πεδίο εφαρμογής της παρακολούθησης των παραγόντων είναι δυνητικά μεγάλο. Το κόστος της εγκατάστασης είναι υψηλό λόγω των αυξημένων τιμών των συσκευών παρακολούθησης.

Η **ράδιο ετικέτα**. Οι μετρήσεις από τις συσκευές παρακολούθησης που τοποθετούνται στα ζώα μπορούν να διαβάζονται μέσω ασύρματης επικοινωνίας. Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιείται συχνά στην παρακολούθηση της πανίδας. Τα έτοιμα περιλαίμια και οι δέκτες παράγονται από τις διάφορες εταιρείες και είναι διαθέσιμα για παραγγελία. Ο σημαντικός περιορισμός αυτής της προσέγγισης είναι ότι η εναέρια ανάγνωσή της προϋποθέτει την επίσκεψη από όλα τα ζώα στο ίδιο σημείο. Βρίσκοντας μια τέτοια θέση μπορεί να είναι δύσκολη στην περίπτωση της εκτροφής βοοειδών που τροφοδοτείται από τη συνεχή βόσκηση, δηλαδή την περιαγωγή σε ένα μεγάλο λιβάδι χωρίς να αλληλεπιδρά με τους ανθρώπους. Στη συνέχεια, τα δεδομένα από το δέκτη πρέπει να μεταφερθούν σε ένα διακομιστή, πράγμα το οποίο δεν είναι πάντα εύκολο. Η αυτοματοποίηση των εργασιών μπορεί να προκαλέσει υψηλό κόστος συντήρησης.

3.7 Κατάσταση υγείας ζώων και έλεγχος συμπεριφοράς

Οι προσδιορισμοί μπορεί να διευκολυνθούν με την απόκτηση μιας σειράς φυσιολογίας και παραμέτρου συμπεριφοράς. Η θερμοκρασία του σώματος, ο ρυθμός της καρδιάς, ο αναπνευστικός ρυθμός, η συμπεριφορά (π.χ., πρόσληψη ζωοτροφής και νερού), η θερμοκρασία, η υγρασία, ο άνεμος, τα επίπεδα του pH στα σώματα των ζώων, το CO₂ και το NH₄ στο περιβάλλον διαβίωσης και η ταυτοποίηση των ζώων είναι όλα παράμετροι

που πρέπει να ληφθούν υπόψη. Η ενότητα αυτή εξετάζει τα είδη παραμέτρων στοχευμένες για αυτή την προσπάθεια και τις μεθόδους με τις οποίες αυτές οι παράμετροι μπορούν να εξακριβωθούν.

Εκτός από την παρακολούθηση του περιβάλλοντος, μια υπενθυμισμένη πρόκληση είναι ο έλεγχος των ζώων στις θέσεις ενεργοποίησης. Η ενεργοποίηση θα μπορούσε να λάβει τη μορφή των αυτόματα ελεγχόμενων πυλών, στις ποτιστρες και τους σταθμούς σίτισης. Θα μπορούσε επίσης να περιλαμβάνει την εφαρμογή διάφορων ερεθισμάτων στα ζώα για να επηρεάσουν την κίνησή τους. Το έργο αυτό βρίσκεται στο αρχικό της στάδιο, αλλά τα προκαταρκτικά αποτελέσματα είναι ενθαρρυντικά. (CSIRO συμμορφώνεται με τον Αυστραλιανό κώδικα ορθής πρακτικής για την φροντίδα και χρήση των ζώων για επιστημονικούς σκοπούς και λειτουργεί σύμφωνα με όλη τη σχετική νομοθεσία προστασίας των ζώων.). Σε αντίθεση με τις πιο συμβατικές εφαρμογές των ρομποτικών συστημάτων πρακτόρων, οι πράκτορες που εφαρμόζονται στα ζώα δεν είναι απόλυτα ελεγχόμενες. Η πλήρης κατάστασή τους -συμπεριλαμβανομένων τόσο των θέσεων όσο και της ψυχικής κατάστασης, όπως το στρες, την επιθυμία, την πείνα, ή τη διάθεση-είναι δύσκολο να μετρηθεί, και η συμπεριφορά τους εξαρτάται από παράγοντες όπως η ηλικία, η εποχή, θερμοκρασία, και η διαθεσιμότητα των τροφίμων.

3.8 Απαιτήσεις συστήματος ζωικής παραγωγής ακρίβειας

Έτσι, προκειμένου να στηριχθεί σε ένα σύστημα αισθητήρων πρέπει να εφαρμόσουμε ένα σύστημα που μπορεί να εξασφαλίσει μερικά κρίσιμα στοιχεία του ενεργητικού που συνδυάζουν τόσο την έκταση από τα τεχνικά ζητήματα όσο και τον τρόπο σκέψης των αγροτών. Τα στοιχεία του ενεργητικού που πρέπει να λάβουμε υπόψη είναι:

- Ασφάλεια
- Επεκτασιμότητα
- Αξιοπιστία
- Fault Tolerant
- Απομακρυσμένη πρόσβαση
- Τυποποίηση

- Plug and Play
- Ευχρησία
- Χαμηλό συνολικό κόστος κτήσης

3.9 Ηλεκτρονική παρακολούθηση και κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις

Οι λόγοι για τους οποίους η ηλεκτρονική παρακολούθηση είναι ασυνήθιστη σε κτηνοτροφικές εκμεταλλεύσεις είναι:

- Η έλλειψη συμμετοχής των μεταποιητικών επιχειρήσεων και ασαφείς προδιαγραφές των συστημάτων.
- Η έλλειψη απόδειξης δοκιμών σε κλίμακα γεωργικής και κτηνοτροφικής εκμετάλλευσης, με πλήρη επίδειξη κλίμακας
- Η άγνωστη ζήτηση στην αγορά από τους αγρότες

3.10 Υπερκέρασις Εμποδίων

Η ζωική παραγωγή ακριβείας μπορεί δηλαδή να καθοριστεί ως στρατηγική διαχείρισης που χρησιμοποιεί τεχνολογίες που παρέχουν πληροφορίες από πολλαπλές πηγές για να παράγουν δεδομένα και αφορούν στις αποφάσεις που είναι συνδεδεμένες με την παραγωγή και βασίζεται στα εξής:

1. την συγκέντρωση των δεδομένων σε κατάλληλη κλίμακα και συχνότητα,
2. την ερμηνεία και την ανάλυση των δεδομένων και
3. την εφαρμογή της διαχειριστικής λύσης σε κατάλληλη κλίμακα και σε κατάλληλο χρόνο.

Η σημαντικότερη συνέπεια της ζωική παραγωγή ακριβείας είναι στον τρόπο με τον οποίο οι διαχειριστικές αποφάσεις εξετάζουν τη χωρική και χρονική μεταβλητότητα στα συστήματα παραγωγής. Μπορεί να επηρεάσει αλλά και να βελτιώσει την παραγωγή, αλλά και την κτηνοτροφική διαχείριση με πολλούς τρόπους. Το πιο σημαντικό κομμάτι όμως όλων αυτών ώστε να έχουν τα συστήματα την σωστή απήχηση θα πρέπει να έχουν ήδη υιοθετήσει από την πρώτη στιγμή του σχεδιασμού τους :

✓ **Χαμηλό κόστος τεχνολογίας**

- Οι οικονομικές απαιτήσεις, σε σχέση με άλλα συστήματα καταγραφής και επεξεργασίας δεδομένων είναι κατά πολύ μικρότερες.

✓ **Κατάλληλη εφαρμογή**

- Γρήγορα και εύκολα στην εγκατάστασή τους στο περιβάλλον μελέτης.
- Εύκολα στη συντήρηση
- Ικανά να λαμβάνουν μετρήσεις περιβαλλοντικού χαρακτήρα (π.χ. θερμοκρασία, ηλιακή ακτινοβολία, υγρασία εδάφους κ.α) με τρόπο συνεχές και άνευ επιτήρησης

✓ **Ανάπτυξη και επίδειξη**

- Πλήρως αναβαθμίσιμα

4 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΤΩΝ ΖΩΩΝ ΚΑΙ ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ

4.1 Περιβάλλον των ζώων

Η ανάπτυξη και η απόδοση των παραγωγικών ζώων εκτός από τη διατροφή εξαρτάται κυρίως από το γενότυπο και κατά δεύτερο λόγο από το περιβάλλον. Ο άνθρωπος, ύστερα από πολλές προσπάθειες, κατάφερε ν' αλλάξει το γενότυπο και να δημιουργήσει φυλές ζώων πιο παραγωγικές και πιο ανθεκτικές στις αντίξοες κλιματικές συνθήκες (στο πολύ κρύο ή την πολύ ζέση). Η βελτίωση όμως του γενότυπου είναι πολύ βραδεία και χρειάζεται πολύ χρόνο. Ότι δεν γίνεται με το γενότυπο, μπορεί να επιτευχθεί με τη βελτίωση των συνθηκών του περιβάλλοντος, ώστε να ικανοποιούνται οι απαιτήσεις των ζώων.

Στις συνθήκες του περιβάλλοντος των ζώων περιλαμβάνονται όλοι οι παράγοντες, εκτός από γενετικούς, που επηρεάζουν την ανάπτυξη και απόδοση των ζώων.

Το περιβάλλον μπορεί να διακριθεί σε κοινωνικό, κλιματικό και κατασκευαστικό. Παρόλο που τα τρία αυτά στοιχεία του περιβάλλοντος

εξασκούν το καθένα χωριστά τη δική του επίδραση, υπάρχει ταυτόχρονα μια συνεχής και πολυσύνθετη αλληλεπίδραση.

4.1.1 Κλιματικό περιβάλλον

Ο καιρός είναι ένα φυσικό φαινόμενο που ποικίλλει με το χρόνο και από περιοχή σε περιοχή. Είναι επίσης γνωστό ότι ο καιρός, ή το μικροκλίμα μιας περιοχής δεν είναι σταθερό σε όλες τις τοποθεσίες της περιοχής, αλλά μπορεί να μεταβάλλεται από τα φυσικά και τεχνητά κατασκευαστικά στοιχεία μιας τοποθεσίας.

Η ενεργητικότητα, η υγεία και η απόδοση των παραγωγικών ζώων εξαρτώνται κατά ένα μεγάλο ποσοστό από τις άμεσες επιδράσεις του κλιματικού τους περιβάλλοντος, π.χ. οι ατμοσφαιρικές συνθήκες μπορούν να διεγείρουν την ενεργητικότητα τους ή να καταπιέσουν τις φυσικές και πνευματικές τους προσπάθειες. Παρόμοια, η ενεργητικότητα των ζώων μειώνεται αισθητά σε κλιματικές ζώνες με υπερβολική ζέστη ή κρύο, λόγω της βιολογικής προσπάθειας τους να προσαρμοστούν στις ακραίες συνθήκες.

Υπάρχει μια ποικιλία μεθόδων για τον προσδιορισμό του κλιματικού περιβάλλοντος. Έχει κανείς τη δυνατότητα να περιγράψει τις αρνητικές επιδράσεις του κλίματος με την παρατήρηση της έντασης, του πόνου, των ασθενειών ή ακόμη και του θανάτου που μπορεί να προκληθεί. Εναλλακτικά, μπορεί να προσδιορίσει τις θετικές επιδράσεις των κλιματικών συνθηκών στις οποίες ο ζωικός οργανισμός μπορεί να πετύχει τη μέγιστη αποδοτικότητα, υγεία ή ψυχική και φυσική δραστηριότητα.

Με το συνδυασμό των παραπάνω μεθόδων πετυχαίνεται ο προσδιορισμός των κατάλληλων ή ακατάλληλων κλιματικών συνθηκών.

Οι παράμετροι του κλιματικού περιβάλλοντος δρουν μεμονωμένα ή σε συνδυασμό μεταξύ τους, ενώ το ζώο είτε προσπαθεί να τις απορροφήσει ή ν' αντιδράσει σ' αυτές. Ο αγώνας για τη βιολογική ισορροπία έχει σαν αποτέλεσμα τις φυσικές και ψυχολογικές αντιδράσεις του.

Το σημείο εκείνο στο οποίο ο οργανισμός ξοδεύει το ελάχιστο ποσό ενέργειας για την προσαρμογή του στο κλιματικό περιβάλλον, είναι γνωστό σαν «ζώνη άνεσης». Η ζώνη αυτή μπορεί να υπάρχει και στην εξωτερική ατμόσφαιρα, αλλά ο χρόνος και η διάρκεια της είναι πολύ δύσκολο να προσδιοριστούν. Με τη διατήρηση των ζώων σε κτίρια, υπάρχει η δυνατότητα της ρύθμισης των κλιματικών συνθηκών, για την επίτευξη της «ζώνης άνεσης».

Το κλιματικό περιβάλλον διακρίνεται σε θερμικό και χημικό. Το θερμικό περιβάλλον περιλαμβάνει τη θερμοκρασία, υγρασία, ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας και την κίνηση του αέρα, ενώ το χημικό περιβάλλον περιλαμβάνει τα αέρια, τους ατμούς, τη σκόνη και τις μυρωδιές.

Το μεγαλύτερο μέρος της έρευνας σχετικά με την επίδραση των κλιματικών παραγόντων αφιερώνεται στο θερμικό περιβάλλον και μόνο

πρόσφατα οι δυσμενείς επιδράσεις του χημικού περιβάλλοντος ήλθαν σε φώς. Αυτό οφείλεται μάλλον στις κοινωνικές διαστάσεις που έχει πάρει το θέμα της μόλυνσης από τα χημικά συστατικά, παρά στη δυσμενή επίδραση τους στα ζώα.

4.1.2 Το θερμικό περιβάλλον

Τα βασικά στοιχεία του θερμικού περιβάλλοντος, που επηρεάζουν την απόδοση και την άνεση των ζώων, είναι η θερμοκρασία, η κίνηση του αέρα, η υγρασία και η ηλιακή ακτινοβολία. Τα στοιχεία αυτά δρουν σε συνδυασμό μεταξύ τους, αν και το καθένα από αυτά μπορεί να έχει πρωταρχική επίδραση.

Το θερμικό ισοζύγιο μεταξύ ενός ζώου και του περιβάλλοντος του ρυθμίζεται από την επίδραση των παραπάνω στοιχείων καθώς και από την ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ ζώου και περιβάλλοντος. Όλα τα παραγωγικά ζώα ζουν σ' ένα περιβάλλον όπου η θερμοκρασία του αέρα είναι συνήθως χαμηλότερη από τη θερμοκρασία του ζώου. Επομένως το ζώο χάνει συνέχεια θερμότητα προς το περιβάλλον του σύμφωνα με τους νόμους της φυσικής, δηλαδή με αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία.

Οι παράγοντες που υπεισέρχονται στο θερμικό ισοζύγιο του σώματος μπορούν να συνοψιστούν ως εξής:

A. Κέρδος θερμότητας:

- 1) Θερμότητα παραγόμενη από τις βασικές βιολογικές λειτουργίες:
 - a) Θερμότητα παραγόμενη από την ενεργητικότητα του ζώου.
 - b) Θερμότητα παραγόμενη από τη λειτουργία της πέψης.
- 2) Απορρόφηση της ηλιακής ενέργειας:
 - a) Από την άμεση ηλιακή ακτινοβολία.
 - b) Από τα φωτεινά σώματα που ανακλούν την ακτινοβολία.
 - c) Από θερμά αντικείμενα που εκπέμπουν ακτινοβολία.
- 3) Μεταφορά θερμότητας προς το σώμα του ζώου:
 - a) Από τον αέρα, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι ψηλότερη από αυτή του δέρματος του ζώου.
 - b) Από την επαφή με αντικείμενα που έχουν θερμοκρασία υψηλότερη από το σώμα του ζώου.

- 4) Θερμότητα που εκλύεται κατά την συμπύκνωση των υδρατμών.

Β. Απώλεια θερμότητας

- 1) Εκπεμπόμενη ακτινοβολία από το σώμα του ζώου.
- 2) Μεταφορά θερμότητας από το σώμα του ζώου:
 - a) Προς τον αέρα, όταν η θερμοκρασία του αέρα είναι χαμηλότερη από αυτή του δέρματος του ζώου.
 - b) Με την επαφή με αντικείμενα που έχουν θερμοκρασία χαμηλότερη από το σώμα του ζώου.
- 3) Εξάτμιση:
 - a) Από το δέρμα.
 - b) Από το αναπνευστικό σύστημα.

Ένα ζώο για να διατηρήσει τη θερμοκρασία του σώματος του πρέπει να προσλαμβάνει ή ν' αποβάλλει θερμότητα. Για κάθε κατηγορία ζώου υπάρχει μια «κρίσιμη θερμοκρασία περιβάλλοντος». Σε θερμοκρασία περιβάλλοντος υψηλότερη από την κρίσιμη θερμοκρασία, το ζώο πρέπει να χάνει θερμοκρασία για αποφεύγει άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος του, ενώ σε θερμοκρασία χαμηλότερη από το κρίσιμο επίπεδο, πρέπει να προσλαμβάνει από κάπου θερμότητα για να διατηρεί σταθερή τη θερμοκρασία του. ^[31]

Η παραγωγή θερμότητας σ' ένα ζώο γίνεται με τρεις τρόπους. Ο πρώτος τρόπος είναι η θερμότητα που παράγεται λόγω μεταβολισμού από ένα αναπαυόμενο και νηστικό ζώο. Αυτή η θερμότητα είναι ένα υποπροϊόν των εργασιών που γίνονται στον οργανισμό του ζώου για την πραγματοποίηση των βασικών λειτουργιών, όπως είναι η αναπνοή, οι κτύποι της καρδιάς κλπ. Ένας δεύτερος τρόπος είναι η θερμότητα που παράγεται λόγω της ενεργητικότητας του ζώου. Ο τρίτος τρόπος είναι η θερμότητα που παράγεται από την πέψη της τροφής του.

Η παραγωγή θερμότητας, λοιπόν, σ' ένα ζώο, εξαρτάται από την ποιότητα και την ποσότητα της προσλαμβανόμενης τροφής, την ενεργητικότητα του, το κλιματικό περιβάλλον και ακόμη από την κατάσταση, στην οποία βρίσκεται ο οργανισμός του, εάν π.χ. βρίσκεται σε κατάσταση εγκυμοσύνης, θηλασμού κλπ. Μεταξύ διατροφής και κλιματικού περιβάλλοντος υπάρχει σαφής αλληλεπίδραση, την οποία είναι δυνατό να εκμεταλλευτεί κανείς στην πράξη, ανάλογα με τον επιδιωκόμενο σκοπό. Εάν π.χ. αυξηθεί η ποσότητα της προσλαμβανόμενης τροφής και κατά συνέπεια της ενέργειας που προσλαμβάνει το ζώο, τότε πετυχαίνετε μια χαμηλότερη κρίσιμη θερμοκρασία. Ενώ εάν η θερμοκρασία διατηρείται σε «άριστο»

επίπεδο, τότε η παραγόμενη από το ζώο θερμότητα μειώνεται και είναι επομένως δυνατό να μειωθεί και το ποσό της προσλαμβανομένης τροφής, χωρίς να μειωθεί η ανάπτυξη του.

Η παραγόμενη από ένα ζώο θερμότητα μπορεί να διακριθεί σε δυο μορφές: σε αισθητή και σε λανθάνουσα. Η θερμότητα που παράγεται από ένα ζώο και αποδίδεται στο περιβάλλον με αγωγή, μεταφορά και ακτινοβολία, είναι η αισθητή θερμότητα, γιατί πράγματι αυξάνει τη θερμοκρασία του χώρου στον οποίο προσφέρεται. Λανθάνουσα είναι η θερμότητα που προσφέρεται με εξάτμιση, καθόσον περικλείεται στους υδρατμούς κατά την αποβολή τους από τον οργανισμό, είτε από τους πνεύμονες (*αναπνευστική εξάτμιση*), είτε από το δέρμα (*σωματική εξάτμιση*).

Ένα ζώο ελάχιστα μπορεί να ελέγχει τις απώλειες της αισθητής θερμότητας, μεταβαλλοντας την προμήθεια του δέρματος με αίμα, ή αλλάζοντας θέση. Έτσι, οι απώλειες της αισθητής θερμότητας εξαρτώνται άμεσα από το κλιματικό περιβάλλον. Αντίθετα, η λανθάνουσα θερμότητα ελέγχεται από το ζώο, το οποίο σε θερμό περιβάλλον αυξάνει τις απώλειες με την εξάτμιση νερού, ενώ τις μειώνει στο ελάχιστο, όταν το περιβάλλον είναι ψυχρό.

Από τα παραπάνω, γίνεται κατανοητό ότι στο στάβλισμα των ζώων η αισθητή θερμότητα μπορεί χρησιμοποιηθεί με επιτυχία για τη διατήρηση της θερμοκρασίας του αέρα σε ορισμένα επίπεδα.

Το θερμικό περιβάλλον των ζώων μπορεί να επηρεάζεται από παράγοντες που έχουν σχέση με διάφορα υλικά, τα οποία χρησιμοποιούνται στο στάβλο ή με τον τρόπο που περιποιείται κανείς τα ζώα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η χρησιμοποίηση στρωμνής στο δάπεδο του στάβλου. Έχει βρεθεί ότι μια καλή στρωμή σε χοίρους, έχει μια αντίστοιχη τιμή σε θερμοκρασία 5°C. Π.χ. χοίροι που χρησιμοποίησαν μια καλή στρωμή σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 2,8°C, είχαν την ίδια μετατρεψιμότητα τροφής με χοίρους χωρίς στρωμή, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος 7,8°C.^[32] Το παραπάνω αποτέλεσμα μπορεί να μεταβάλλεται, εξαρτώμενο από την ποιότητα της στρωμνής, την περιεκτικότητα της σε υγρασία, το βάθος της και τέλος την καθαριότητα της.

Άλλοι παράγοντες που πιθανό να επηρεάζουν το θερμικό περιβάλλον των ζώων είναι οι εξής:

- Υπερβολικό πλύσιμο των διαδρόμων, γιατί συνεπάγεται αύξηση της σχετικής υγρασίας.
- Ανοικτές πόρτες ή σπασμένα παράθυρα, γιατί μειώνουν τη θερμοκρασία του αέρα και δημιουργούν ρεύματα.
- Μεγάλος αριθμός κελιών και συνεπώς ζώων, γιατί αυξάνεται το θερμικό φορτίο του στάβλου.
- Έλλειψη φροντίδας, γιατί αυξάνεται η ενεργητικότητα των ζώων και κατά συνέπεια το θερμικό φορτίο.

4.1.3 Το χημικό περιβάλλον

Τα συστατικά του χημικού περιβάλλοντος προέρχονται από τις λειτουργίες που λαμβάνουν χώρα μέσα σ' ένα στάβλο και συγκεκριμένα από τη σκόνη που προέρχεται από τα συστήματα τροφής, τους υδρατμούς, από τη λειτουργία της αναπνοής, τα δηλητηριώδη αέρια από τη βιολογική αποσύνθεση της οργανικής ουσίας (κοπριάς, ούρα κλπ.).

Παλαιότερα, η σπουδαιότητα του χημικού περιβάλλοντος είχε παραμεληθεί. Κατά την τελευταία όμως 20ετία, με την εκβιομηχάνιση της γεωργίας, έγιναν πολλές αλλαγές στα συστήματα σταβλισμού. Η εισαγωγή των σκαρωτών δαπέδων και η εξέλιξη των συστημάτων χειρισμού της κοπριάς, άλλαξαν ριζικά πολλές από τις παραδοσιακές μεθόδους σταβλισμού. Μ' αυτά τα καινούργια συστήματα τα ζώα ήλθαν σ' επαφή με τοξικά αέρια που προέρχονται από την αποσύνθεση των οργανικών αποβλήτων κατά τη διατήρησή τους μέσα σε βόθρους, κανάλια κ.λ.π. και όπου αυτά εφαρμόστηκαν χωρίς εμπειρία, το αποτέλεσμα ήταν να υπάρξουν όχι μόνον απώλειες ζώων αλλά και ανθρώπων. Οι μυρωδιές που προέρχονται από τις εντατικής μορφής μονάδες χοιροτροφίας, εμποτίζουν τα ρούχα και τα μαλλιά των εργατών, οι οποίοι ενοχλούνται από την κατάσταση αυτή και προτιμούν τελικά μια απασχόληση στη βιομηχανία. Οι μυρωδιές αυτές δεν ενοχλούν μόνο τους εργάτες μιας κτηνοτροφικής μονάδας, αλλά και τους κατοίκους των κοντινών περιοχών, οι οποίοι σε πολλά μέρη του κόσμου, άρχισαν να διαμαρτύρονται έντονα.

Όπως ήδη αναφέρθηκε, στα συστατικά του χημικού περιβάλλοντος συμπεριλαμβάνονται οι ατμοί και διαφορά αέρια. Το μόνο είδος ατμού που βρέθηκε στην ατμόσφαιρα των κτηνοτροφικών κτιρίων είναι οι υδρατμοί. Η επίδραση των υδρατμών μελετάται, από την άποψη της σχετικής ή απόλυτης υγρασίας του αέρα, σαν παράγοντας του θερμικού περιβάλλοντος.

Τα αέρια που βρεθήκαν στα κτηνοτροφικά κτίρια είναι συνήθως υποπροϊόντα της αναπνοής, της ζύμωσης και της βιολογικής αποσύνθεσης των οργανικών ουσιών. Τα βασικά συστατικά των αερίων που αποβάλλονται από τα ζώα και τους ανθρώπους, είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και το μεθάνιο (CH_4). Οι κατά προσέγγιση ποσότητες του διοξειδίου του άνθρακα, που αποβάλλονται από τα διάφορα ζώα, φαίνονται στον πίνακα 1.

Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) που αποβάλλεται από διάφορα ζώα.
(Black's veterinary dictionary, 1962)

Είδος ζώου	CO_2 που αποβάλλεται ($\text{m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$)
Αγελάδες μεγάλου μεγέθους	0,162
Αγελάδες μετρίου μεγέθους	0,081
Μεγάλοι χοίροι ή χοιρομητέρες	0,041
Πρόβατα ή μόσχοι	0,027
Πουλερικά	0,0008

Άνθρωπος	0,0162
----------	--------

Πίνακας 1

Η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα που αποβάλλεται από ένα ζώο, επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες, π.χ. αυξάνεται ανάλογα με το ζωντανό βάρος του ζώου και την ενεργητικότητα του καθώς και με τη μείωση της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος και την αύξηση της ποσότητας τροφής

Άλλα αέρια που έχουν ανιχνευθεί στην ατμόσφαιρα των κτηνοτροφικών κτιρίων, είναι η αμμωνία (NH_3), το υδρόθειο (H_2S), και το διοξείδιο του θείου (SO_2). Τα παραπάνω αέρια μαζί με το CO_2 και το CH_4 συνήθως αποβάλλονται κατά την βιολογική αποσύνθεση των ζωικών αποβλήτων. Η απελευθέρωση των αερίων αυτών μέσα στην ατμόσφαιρα του κτιρίου επηρεάζεται από τη διαλυτικότητα τους και το βαθμό ανάδευσης της κοπριάς κατά την αποθήκευση της. Αέρια απελευθερώνονται επίσης από την κοπριά και τα ούρα κατά την παραμονή τους στην επιφάνεια ενός τοιμεντένιου δαπέδου, όπου υπάρχει τέτοιο δάπεδο στα κτίρια. Σ' αυτή την περίπτωση το αέριο, που συνήθως απελευθερώνεται, είναι η αμμωνία και ο βαθμός συγκέντρωσης της από τη θερμοκρασία του δαπέδου, το pH και τον αερισμό.

Με αερισμό $34 \text{ m}^3/\text{h}/\text{χοίρο}$ και θερμοκρασία αέρα $29,4^\circ\text{C}$, έχει βρεθεί ότι η συγκέντρωση της αμμωνίας ήταν 15-21 p.p.m., όταν η θερμοκρασία του δαπέδου ήταν $40,6^\circ\text{C}$ και μόνο 7 p.p.m., όταν η θερμοκρασία του δαπέδου ήταν $26,7^\circ\text{C}$ (Hammond, 1964).

Είναι πολύ δύσκολο να εκτιμηθεί η ποσότητα των αερίων που παράγονται από την υγρή κοπριά των ζώων κατά τη διάρκεια 19 ημερών φυσικής αναερόβιας ζύμωσης. Η παραγωγή αέρα αρχίζει την 5^η ημέρα και διαρκεί μέχρι την 19^η ημέρα. Μετά την 19^η ημέρα η παραγομένη ποσότητα αερίου είναι πολύ μικρή.

Ανάλυση του παραγόμενου αερίου κατά τη 12^η ημέρα έδειξε ότι περιέχει περίπου 17% μεθάνιο, 82% διοξείδιο του άνθρακα, 1% υδρογόνο και ίχνη άλλων αερίων.

Τα βασικά χαρακτηριστικά των αερίων που ανιχνεύθηκαν στα κτηνοτροφικά κτίρια είναι τα εξής:

4.1.3.1 Διοξείδιο του άνθρακα (CO_2):

Άχρωμο, άοσμο και σημαντικά πυκνότερο από τον αέρα. Έχει μεγάλη διαλυτότητα στο νερό σε ποσοστό μόνο 0,03%.

4.1.3.2 Μεθάνιο (CH_4):

Άχρωμο, άοσμο και ελαφρύτερο από τον αέρα. Δεν είναι πολύ διαλυτό στο νερό. Σχηματίζει εκρηκτικά μίγματα με τον αέρα, ακόμη και όταν η ποσοστιαία αναλογία του σ' αυτόν είναι μόνο 5 ή 6%.

4.1.3.3 Αμμωνία (NH_3):

Άχρωμη αλλά με έντονη μυρωδιά. Είναι ελαφρύτερη του αέρα, διαλυτή στο νερό και εκρηκτική όταν αναμιγνύεται με το οξυγόνο.

4.1.3.4 Υδροθείο (H_2S):

Άχρωμο αλλά με μυρωδιά παρόμοια με αυτή του κλούβιου αυγού. Διαλυτό στο νερό και όταν αναμιγνύεται με οξυγόνο, σε αναλογία 1 όγκος υδροθείο προς $1\frac{1}{2}$ όγκος οξυγόνου, εκρήγνυται βίαια ύστερα από ανάφλεξη.

4.1.3.5 Διοξείδιο του θείου (SO_2):

Άχρωμο με χαρακτηριστική έντονη μυρωδιά. Είναι ελαφρύτερο του αέρα.

Η σύνθεση του καθαρού φρέσκου αέρα είναι περίπου 78,1% άζωτο, 20,1% οξυγόνο, 0,03% Διοξείδιο του άνθρακα, 0,9% αργό και μικρές ποσότητες αδρανών αερίων. Λόγω των διαφόρων λειτουργιών που πραγματοποιούνται σ' ένα κτηνοτροφικό κτίριο, η σύνθεση του αέρα αλλάζει και πολλές φορές η συγκέντρωση μερικών αερίων γίνεται επικίνδυνη για τα ζώα και τους ανθρώπους.

Για τα αέρια, που έχουν βρεθεί στα κτηνοτροφικά κτίρια, έχουν καθοριστεί οριακές τιμές, πάνω στις οποίες η συγκέντρωση τους είναι επικίνδυνη. Ο καθορισμός αυτός δεν έγινε για τα ζώα ή τους ανθρώπους που εργάζονται στα κτηνοτροφικά κτίρια, αλλά για τους εργάτες της βιομηχανίας και συγκεκριμένα για εργασία 8 ωρών ημερήσια και για πέντε ή έξι ημέρες την εβδομάδα. Στον πίνακα Β.3. δίνονται οι μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές συγκέντρωσης των τοξικών αερίων.

Στα κτηνοτροφικά κτίρια η συγκέντρωση των τοξικών αερίων σπάνια υπερβαίνει τις οριακές τιμές. Παρόλα αυτά υπήρξαν περιπτώσεις που ξεπεράστηκαν οι τιμές αυτές και το αποτέλεσμα ήταν θανατηφόρο για πολλά ζώα. Οι συνθήκες κάτω από τις οποίες επήλθαν οι θάνατοι αυτοί ήταν παρόμοιες, π.χ. τα ζώα βρέθηκαν κοντά σε κάποια δεξαμενή με απόβλητα (κοπριά και ούρα) ή σε κτίριο με σαρωτό δάπεδο και με ακατάλληλο αερισμό και γενικά άσχημες κλιματικές συνθήκες (υψηλή θερμοκρασία και αποπνικτική ατμόσφαιρα).

Θανατηφόρα ατυχήματα σε ανθρώπους συνέβησαν όταν οι τελευταίοι προσπάθησαν να εισέλθουν σε μερικά αδειασμένες δεξαμενές ζωικών λυμάτων, για να διορθώσουν κάποια βλάβη, ή όταν οι δεξαμενές είχαν αδειάσει πρόσφατα χωρίς να προλάβουν να αεριστούν. Ατυχήματα απλά αλλά όχι θανατηφόρα έγιναν επίσης όταν ανοίχτηκαν συρταρωτές πόρτες κλειστών χώρων ή όταν σταβλίτες μπήκαν μέσα σε στάβλους για να ελέγξουν κάποια αδιαθεσία των ζώων, η οποία όμως είχε προκύψει από δηλητηριώδη αέρια.

Στη βιομηχανία έχουν παρθεί τα κατάλληλα μέτρα, ώστε να περιοριστούν στο ελάχιστο τα ατυχήματα. Έτσι χρησιμοποιούνται προειδοποιητικά μηχανήματα και διάφορα αλλά προληπτικά μέτρα. Κάτι ανάλογο συνιστάται να εφαρμόζεται και στην κτηνοτροφία.

Μέγιστη επιτρεπόμενη τιμή συγκέντρωσης τοξικών αερίων
(*Institution of heating and ventilating engineers, 1965*)

Αέριο	Μέγιστη τιμή (p.p.m)	Όρια ευφλεκτικότητας % του όγκου	
		Κατώτερο όριο	Ανώτερο όριο
Διοξείδιο του άνθρακα	5000		
Μεθάνιο		5,0	15,0
Αμμωνία	100	15,5	26,6
Υδροθείο	20	4,3	45,6
Διοξείδιο του θείου	5		

Πίνακας 2

Η επίδραση των τοξικών αερίων

Τα τοξικά αέρια επιφέρουν δηλητηρίαση ή ασφυξία, που είναι και οι βασικές αιτίες του θανάτου που προκαλούν. Όταν ένα τοξικό αέριο έχει μυρωδιά, δεν είναι τόσο επικίνδυνο, γιατί προειδοποιεί. Πολλά όμως τοξικά αέρια είναι άοσμα, γι' αυτό και χαρακτηρίζονται σαν ιδιαίτερα επικίνδυνα.

Το διοξείδιο του άνθρακα και το μεθάνιο είναι άοσμα και αποστερούν το αναπνευστικό σύστημα από το οξυγόνο, προκαλώντας έτσι το θάνατο. Για πολλά χρόνια η ρύθμιση του αερισμού στα κτηνοτροφικά κτίρια γινόταν με βάση τη συγκέντρωση του CO₂ στον αέρα. Σήμερα, όμως, είναι γνωστό ότι η αύξηση της συγκέντρωσης του CO₂ σε κτίρια με κανονικό αερισμό δεν έχει δυσμενείς επιδράσεις στα ζώα και τους ανθρώπους. Όταν η συγκέντρωση του CO₂ υπερβεί το 3%, τότε οι άνθρωποι υποφέρουν από δύσπνοια, πονοκεφάλους και ιδρώτα. Τέτοια όμως συμπτώματα δεν είναι έκδηλα στα

ζώα. Σε συγκέντρωση μεγαλύτερη του 10% τα συμπτώματα είναι έκδηλα. Δυσκολεύεται η αναπνοή, επέρχεται τρεμούλα και στο τέλος το θύμα χάνει τις αισθήσεις του.

Συγκέντρωση CO₂ σε υψηλά επίπεδα μειώνει την παραγωγή γάλακτος των γαλακτοπαραγωγικών αγελάδων καθώς και την αύξηση του βάρους των μόσχων. Συγκέντρωση CO₂ σε ποσοστό 0,70%, σε συνδυασμό με υψηλή θερμοκρασία (33°C), υψηλή σχετική υγρασία (100%) και συγκέντρωση αμμωνίας (89 p.p.m.), έχει δυσμενή επίδραση στους αναπτυσσόμενους χοίρους. Συγκεκριμένα, επιφέρει μείωση στην ημερήσια αύξηση του βάρους και στον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (*Nickolie et al, 1966*).

Το υδρόθειο και το μονοξείδιο του άνθρακα έχουν χημική επίδραση είτε στο αίμα είτε στο δέρμα των ζώων. Το υδρόθειο, ακόμη και σε χαμηλές συγκεντρώσεις, προκαλεί ερεθισμό του κερατοειδούς χιτώνα των οφθαλμών. Σε υψηλές συγκεντρώσεις τα ζώα αρχίζουν να παρουσιάζουν έκδηλα παθολογικά συμπτώματα.

Εκτός από παραπάνω αέρια, στα κτηνοτροφικά κτίσματα έχει ανιχνευθεί και συγκέντρωση αμμωνίας και υδρόθειου. Τα αέρια αυτά είναι διαλυτά στο νερό και εισέρχονται στον οργανισμό των ζώων με την αναπνοή του αέρα. Οι πνεύμονες δεν προσβάλλονται εύκολα, εκτός και αν η συγκέντρωση των αερίων αυτών είναι μεγάλη. Σε χοιροστάσια με μεγάλη συγκέντρωση αμμωνίας, έχουν παρατηρηθεί ασθένειες πνευμόνων. Συγκέντρωση αμμωνίας σε επίπεδο 100-200 p.p.m. μπορεί να προκαλέσει στους χοίρους ανορεξία.

4.1.4 Οσμές προερχόμενες από τα κτηνοτροφικά κτίρια

Δυο είναι οι βασικές πηγές, από τις οποίες προέρχονται οι οσμές μιας κτηνοτροφικής μονάδας. Πρώτον η βιολογική αποσύνθεση των ζωικών αποβλήτων και δεύτερον το σώμα των ζώων.

Οι οσμές που προέρχονται από την πρώτη πηγή έχουν δυσμενή επίδραση όχι μόνο στο προσωπικό και τα ζώα της μονάδας, αλλά και στους οικισμούς που βρίσκονται κοντά σ' αυτήν και κυρίως στις περιπτώσεις που η κοπριά σε υγρή μορφή μεταφέρεται και σκορπίζεται στα γύρω χωράφια. Οι οσμές που προέρχονται από τη δεύτερη πηγή, συνήθως επηρεάζουν δυσμενώς μόνο το προσωπικό της επιχείρησης και τις οικογένειες που πιθανόν μένουν μέσα σ' αυτή.

Οι οσμές, παρόλο που δεν ευθύνονται για την εμφάνιση ασθενειών, μπορούν να προκαλέσουν ναυτία, εμετούς, ανορεξία. Η μείωση της οσμής εξαρτάται από την οσφρητική ικανότητα του κάθε ατόμου. Έχει δε βρεθεί ότι η ικανότητα αυτή είναι μεγαλύτερη στα ζώα και ότι γενικά μειώνεται με την πάροδο του χρόνου, λόγω εθισμού. Επίσης οι οσμές επηρεάζονται από τη θερμοκρασία και την υγρασία. Υπάρχει δε περίπτωση μια οσμή να εξουδετερώσει μια άλλη, όταν αναμιγνύεται μ' αυτή.

Μερικά από τα δύσοσμα συστατικά του κλίματος των κτηνοτροφικών κτιρίων αναγνωρίζονται εύκολα σαν αέρια, π.χ. το υδρόθειο και η αμμωνία, ενώ άλλα έχουν πολύπλοκη μοριακή κατασκευή. Η παρουσία ή απουσία υδρόθειου χρησιμεύει πολλές φορές και σαν μέτρο της έντασης των οσμών που υπάρχουν σ' ένα κτίσμα.

Έχει βρεθεί ότι η ανύψωση του pH της κοπριάς καταστέλλει το σχηματισμό της δημιουργίας αναερόβιων βακτηρίων και μειώνει την παρουσία οσμής. Η χλωρίωση των αποβλήτων χοίρου περιορίζει την παραγωγή αμμωνίας, υδρόθειου και μεθανίου καθώς και την παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακα (*Hammond et al, 1966*). Η προσθήκη ασβέστου στα απόβλητα χοίρου μειώνει την παραγωγή υδρόθειου, αλλά δεν περιορίζει την αποδέσμευση της αμμωνίας. Οι ποσότητες ασβέστου και χλωρίου, που είναι απαραίτητες για τη διατήρηση του pH σε υψηλά επίπεδα, είναι οι εξής:

άσβεστος: 68-73 g ανά 45,5 kg Ζ.Β. χοίρου και ημέρα

χλώριο : 45 g δραστικού χλωρίου ανά 45,5 kg Ζ.Β. χοίρου και ημέρα.

Στις οσμές ενός χοιροστάσιου σπουδαίο ρόλο παίζει η παρουσία αμμωνίας και αμινών. Οι οριακές τιμές αυτών, πάνω από τις οποίες γίνεται αντιληπτή η παρουσία τους στον αέρα, φαίνονται στον πίνακα 3

Οριακές τιμές αμμωνίας και άλλων αμινών στον αέρα
(*Stern, 1968*)

Συστατικό	Οριακή τιμή (p.p.m., όγκος)
Αμμωνία	46,8
Μεθυλαμίνη	0,021
Διμεθυλαμίνη	0,047
Τριμεθυλαμίνη	0,00021

Πίνακας 3.

Ανάλυση της ατμόσφαιρας χοιροστασίων έδειξε ότι η συγκέντρωση των συστατικών αυτών είναι μικρότερη από την οριακή τους τιμή. Έτσι έγινε η υπόθεση ότι η παρουσία τους γίνεται αντιληπτή και κάτω από την οριακή τους τιμή, όταν αναμιγνύονται με αλλά οσμηρά συστατικά. (*Miner & Hazen, 1968*).

Η απομάκρυνση των οσμών από ένα κτηνοτροφικό κτίριο μπορεί να γίνει με τη χρησιμοποίηση ενός κατάλληλου συστήματος αερισμού, η επιτυχία του οποίου εξαρτάται από τον τύπο της οσμής· π.χ. εάν η οσμή προέρχεται από το σώμα των ζώων πρωταρχική σημασία έχει η σχέση όγκος σώματος / κεφαλή, ενώ για τις οσμές των αποβλήτων η ταχύτητα ανανέωσης του αέρα. Όσο πιο μεγάλη είναι η ταχύτητα ανανέωσης του αέρα και όσο

μικρότερος ο όγκος του σώματος του ζώου / κεφαλή, τόσο επιτυχέστερο είναι το σύστημα του αερισμού που εφαρμόζεται.

4.1.4.1 Θερμοκρασία

Τα ζώα για ν' αναπτυχθούν και ν' αποδώσουν σωστά, απαιτούν ορισμένη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Εάν η θερμοκρασία είναι πολύ υψηλή, το ζώο δυσκολεύεται να αποβάλλει θερμότητα. Ιδρώνει, επιταχύνει την αναπνοή του και μειώνει τον μεταβολισμό. Εάν μ' αυτό το μηχανισμό άμυνας δεν μειωθεί αρκετά η θερμοκρασία του σώματος, τότε αυτόματα λιγοστεύει η όρεξη του ζώου και μειώνεται η απόδοση του. Σε πολύ χαμηλές πάλι θερμοκρασίες παρατηρείται υπερκατανάλωση τροφών καθώς και θνησιμότητα νεογέννητων ζώων.

Οι απαιτήσεις των ζώων σε θερμοκρασία, δίνονται στον πίνακα 4

Για τον έλεγχο της θερμοκρασίας ενός κτηνοτροφικού κτίσματος, πρέπει να μελετηθούν οι φυσικοί νόμοι που διέπουν τη διάδοση της θερμότητας μεταξύ του κτηνοτροφικού κτίσματος και του περιβάλλοντος του.

Όταν ένα θερμό σώμα έλθει σ' επαφή μ' ένα ψυχρό σώμα, τότε μεταξύ των δυο σωμάτων λαμβάνει χώρα ανταλλαγή θερμότητας.

Απαιτήσεις των αγροτικών ζώων σε θερμοκρασία αέρα

Είδος ζώου	Θερμοκρασία, °C
Νεογένητοι μόσχοι	10-16
Ενήλικα βοοειδή	0-16
Νεογένητα χοιρίδια	27
Ενήλικοι χοίροι	4-29
Χοίροι πάχυνσης	16-24
Πρόβατα	0-10
Όρνιθες κρεοπαραγωγής	18-21
Όρνιθες αυγοπαραγωγής	10-21

Πίνακας 4

Η θερμότητας μετακινείται πάντοτε από το θερμό προς το ψυχρό σώμα, μέχρι να επιτευχθεί θερμική ισορροπία.

Η ανταλλαγή θερμότητας μεταξύ των σωμάτων μπορεί να γίνει με τους παρακάτω τρόπους:

- Με αγωγή,
- Με μεταφορά (με ρεύματα)
- Με ακτινοβολία

Στην πράξη η ανταλλαγή θερμότητας μπορεί να γίνεται ταυτόχρονα και με τους τρεις τρόπους.

4.1.4.2 Υγρασία

Ο αέρας μέσα στους χώρους σταβλισμού των ζώων εμπλουτίζεται συνέχεια με υδρατμούς που προέρχονται από την αναπνοή των ζώων και από την εξάτμιση νερού ή των αποβλήτων. Η υγρασία του αέρα καθώς και η θερμοκρασία αυτού που προσδίδουν τα βασικά στοιχεία και χαρακτηριστικά του περιβάλλοντος ενός συγκεκριμένου χώρου. Οι δυο αυτοί παράγοντες διέπονται από ορισμένες θερμοδυναμικές ιδιότητες, που γενικά ονομάζονται «ψυχρομετρικά» του ατμοσφαιρικού αέρα.

Ο αέρας, ανάλογα με την περιεκτικότητα του σε υγρασία, μπορεί να είναι ξηρός, υγρός ή κεκορεσμένος.

Ξηρός αέρας καλείται ο ατμοσφαιρικός αέρας όταν δεν περιέχει υδρατμούς.

Υγρός αέρας είναι ο ατμοσφαιρικός αέρας που περιέχει μια οποιαδήποτε ποσότητα υδρατμών και βρίσκεται σε μια ενδιάμεση κατάσταση μεταξύ του ξηρού αέρα και του κεκορεσμένου με υδρατμούς.

Κεκορεσμένος αέρας καλείται ο αέρας όταν σε ορισμένη θερμοκρασία και πίεση περιέχει τη μέγιστη ποσότητα υδρατμών χωρίς όμως αυτοί να είναι υγροποιημένοι.

Η υγρασία του αέρα εκφράζεται σαν απόλυτη και σαν σχετική.

Απόλυτη υγρασία είναι η μάζα των υδρατμών σε ορισμένο όγκο αέρα και μετριέται σε γραμμάρια νερού (g) ανά κυβικό μέτρο αέρα (m³).

Σχετική υγρασία είναι το πηλίκο της μάζας των υδρατμών τους οποίους περιέχει ορισμένος όγκος αέρα και της μάζας των υδρατμών τους οποίους θα έπρεπε να περιέχει ο ίδιος όγκος, για να κορεσθεί στην ίδια θερμοκρασία. Η σχετική υγρασία του αέρα εκφράζεται επί % και μετριέται με υγρόμετρα. Το πιο απλό υγρόμετρο βασίζεται στη διαφορετική επιμήκυνση ή επιβράχυνση της ζωικής ή ανθρώπινης τρίχας, που προέρχεται από τη σχετική υγρασία του αέρα.

Η υψηλή σχετική υγρασία (πάνω από 80%) δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στα σταβλισμένα ζώα, γιατί τα εμποδίζει να αποβάλλουν θερμότητα με εξάτμιση και σε μερικά είδη, όπως τα πτηνά, προκαλεί ύγρανση των φτερών. Η υψηλή σχετική υγρασία διευκολύνει επίσης την απόθεση υγρασίας με τη μορφή σταγόνων πάνω στα υλικά κατασκευής, με συνέπεια να αναπτύσσονται σήψεις ξύλων, οξειδώσεις μετάλλων και

ασθένειες στο αναπνευστικό σύστημα των ζώων. Όταν το ποσοστό της σχετικής υγρασίας του αέρα αυξάνεται, τότε δημιουργούνται μεγαλύτερα σταγονίδια νερού, τα οποία σα βαρύτερα, δύσκολα απομακρύνονται με τον αερισμό.

Η εξίσωση ισορροπίας της υγρασίας ενός στάβλου είναι:

$$Y_{\Sigma} = Y_{\alpha} + Y_{\zeta}$$

όπου: Y_{Σ} = υγρασία του στάβλου

Y_{α} = υγρασία που περιέχει ο εισερχόμενος αέρας

Y_{ζ} = υγρασία που δίνουν τα ζώα.

Η ρύθμιση της σχετικής υγρασίας στα κτηνοτροφικά κτίρια γίνεται με τη χρησιμοποίηση μόνωσης και με τον αερισμό. Εάν η σχετική υγρασία του αέρα είναι υψηλή (βροχερή ημέρα), τότε με τον αερισμό πρέπει να συνδυάζεται και θέρμανση. Εάν η σχετική υγρασία αποτελεί μόνιμο πρόβλημα, πρέπει οι ανεμιστήρες να παίρνουν εντολή και από υγραστάτη.

4.1.4.3 Αερισμός

Ο βασικός λόγος του αερισμού είναι αφενός ο έλεγχος της θερμοκρασίας και της υγρασίας μέσα στο στάβλου και αφετέρου η ανανέωση της φυσικής σύνθεσης του αέρα. Με την αναπνοή των ζώων καταναλίσκεται το οξυγόνο, ενώ ταυτόχρονα συσσωρεύονται επικίνδυνα ποσοστά διοξειδίου του άνθρακα, αμμωνίας, υδρατμών, μικροοργανισμών και σκόνης, μ' όλα τα γνωστά δυσάρεστα επακόλουθα.

Από τα παραπάνω φαίνεται ότι ο αερισμός είναι ένας από τους πιο βασικούς παράγοντες για τον έλεγχο του περιβάλλοντος των κτηνοτροφικών κτισμάτων. Μια σταβλική εγκατάσταση δεν μπορεί να θεωρηθεί πλήρης, χωρίς ελεγχόμενο αερισμό, γιατί η δημιουργία των κατάλληλων βιοκλιματολογικών συνθηκών του περιβάλλοντος έχει σαν αποτέλεσμα την αύξηση των αποδόσεων των ζώων και την οικονομικότητα της επιχείρησης.

Βασικά υπάρχουν δυο συστήματα αερισμού: ο **φυσικός** και ο **τεχνητός** αερισμός.

Ο *φυσικός* αερισμός γίνεται από τα παράθυρα. Έτσι δεν απαιτεί ενέργεια, ούτε δαπανηρά μηχανήματα. Είναι όμως ικανοποιητικός μόνο για μικρές εκμεταλλεύσεις, ενώ είναι ανεπαρκής για μεγάλες και εντατικές. Επίσης δεν μπορεί να θεωρηθεί φθηνός, γιατί απαιτεί συνεχή παρακολούθηση και εργατικά χέρια, για το άνοιγμα και κλείσιμο παραθύρων.

Ο *τεχνητός* αερισμός είναι περισσότερο αποτελεσματικός, γιατί παρέχει τη δυνατότητα του συστηματικού ελέγχου του όγκου του εισερχόμενου αέρα.

Ανεξάρτητα από το σύστημα του αερισμού, πρέπει πάντα να υπάρχει ένα ρεύμα εισόδου και ένα αντίστοιχα εξόδου. Το βασικό πρόβλημα είναι ο τρόπος εισόδου του αέρα, γιατί δεν πρέπει να δημιουργούνται ρεύματα. Ιδιαίτερα επικίνδυνος είναι ο αέρας όταν έχει χαμηλή θερμοκρασία και μεγάλη ταχύτητα. Σ' αυτή τη περίπτωση πρέπει ν' αποφεύγεται η πτώση του πάνω στα ζώα.

Προκειμένου ο εισερχόμενος αέρας ν' αποκτήσει τη θερμοκρασία του στάβλου, πρέπει ν' αναμιγνύεται σταδιακά. Αυτό επιτυγχάνεται με τη χρήση μικρών ανοιγμάτων εισόδου και εκτροπής του εισερχόμενου αέρα προς την οροφή.

Τα ανοίγματα εξόδου μπορούν να τοποθετηθούν οπουδήποτε χωρίς να επηρεάζουν το κλίμα του στάβλου, αλλά σε περιοχές με δυνατούς ανέμους, προτιμούνται οι υπήνεμες πλευρές ή η οροφή.

Στον τεχνητό αερισμό υπάρχουν τρία βασικά συστήματα, που είναι τα εξής:

- Αερισμός υποπίεσης
- Αερισμός ουδέτερος
- Αερισμός υπερπίεσης

4.2 Προσαρμογή των ζώων στο περιβάλλον

Ο ήλιος αποτελεί πηγή θερμότητας για τα ζώα. Τα σκούρα ζώα απορροφούν περισσότερη ηλιακή ενέργεια και επομένως τα λευκά ή ανοιχτόχρωμα ζώα μειονεκτούν σε περιοχές με έντονη ηλιοφάνεια. Η έκθεση των ζώων στις υπεριώδεις ακτίνες του ήλιου, προάγει το σχηματισμό στο δέρμα της βιταμίνης D (αντιραχητική), ιδιαίτερα σημαντική στα νεαρά ζώα, για τον σχηματισμό του σκελετού τους. Η εποχική αλλαγή της διάρκειας της ημέρας επιδρά στην αναπαραγωγική διαδικασία των πτηνών και των αιγοπροβάτων. Η αβγοπαραγωγή στις όρνιθες αυξάνεται όταν η ημέρα μεγαλώνει. Στις εντατικές εκτροφές αυτό επιτυγχάνεται με τεχνητό φωτισμό. Τα πρόβατα αναπαράγονται όταν η διάρκεια της ημέρας μικραίνει. Αυτό δεν επηρεάζει τα βοοειδή και τα χοίρινα. Η φυσική υγρασία (βροχόπτωση) επηρεάζει άμεσα τη βλάστηση και κατ' επέκταση τη διατροφή των φυτοφάγων ζώων.

Περιεκτική έννοια του κλίματος είναι ο όρος μικροκλίμα, ο οποίος δηλώνει το κλίμα μιας συγκεκριμένης μικρής περιοχής, στην οποία το ζώο εκτρέφεται. Οι συνθήκες σταβλισμού μιας αγέλης αποτελούν ένα ιδιαίτερο μικροκλίμα για την εκτροφή.

4.2.1 Μηχανισμοί προσαρμογής

Όλα τα ανώτερα ζώα είναι **ομοιόθερμα ή θερμόαιμα** δηλ. διατηρούν σταθερή τη θερμοκρασία του σώματος απέναντι στις εξωτερικές μεταβολές. Διαφορές παρατηρούνται στα διάφορα είδη π.χ. $37^{\circ} + 1^{\circ}\text{C}$ στον άνθρωπο, $39^{\circ} + 1^{\circ}\text{C}$ στην κότα.

Η μυϊκή δράση συνοδεύεται από παραγωγή θερμότητας, η λεγόμενη **ενεργός θερμότητα**. Η θερμοκρασία του σώματος προέρχεται από την οξείδωση των ιστών. Επίσης θερμότητα παράγεται κατά την κυτταρική δράση των οργάνων, τη λειτουργία των μυών (κίνηση) και κατά τις παραγωγικές λειτουργίες (παραγωγή γάλακτος, αβγών κ.λ.π.).

Τα αρσενικά ζώα έχουν μεγαλύτερο μεταβολικό βαθμό από τα θηλυκά και τα ευνουχισμένα αρσενικά. Τα νεογέννητα και τα γέρικά ζώα παράγουν μικρότερη θερμότητα από τα αναπτυσσόμενα και τα παραγωγικά ζώα. Η πέψη και η απομύζηση των τροφών αυξάνουν την παραγόμενη θερμότητα.

Η αύξηση των εκκρίσεων του θυρεοειδούς, της υπόφυσης, των επινεφριδίων και των γονάδων (όρχεις, ωθήκες) αυξάνουν το μεταβολισμό, με συνέπεια την αύξηση της παραγόμενης θερμότητας.

Η τροφή αποτελεί την πρώτη πηγή ενέργειας. Ειδικότερα οι πρωτεΐνες αυξάνουν την παραγωγή θερμότητας, η οποία καλείται **δυναμική θερμότητα**.

Η διαδικασία των ζυμώσεων στη μεγάλη κοιλιά των μηρυκαστικών παράγει σημαντικά ποσά θερμότητας.

Η αύξηση της θερμοκρασίας του σώματος πάνω από το κανονικό επίπεδο δημιουργεί πυρετικές καταστάσεις. Για τον λόγο αυτό παθογόνοι οργανισμοί, που προκαλούν αύξηση της θερμοκρασίας του ξενιστή, δημιουργούν πυρετό.

Τα ρίγη προκαλούνται από έντονες συσπάσεις των μυών, με στόχο την αύξηση παραγωγής θερμότητας.

Η εξισορρόπηση της παραγόμενης θερμότητας και των απωλειών προς το περιβάλλον ρυθμίζεται από το αγγειακό και αναπνευστικό σύστημα, με παρέμβαση του νευρικού συστήματος.

Οι απώλειες της θερμοκρασίας του σώματος εξαρτώνται από την επιφάνεια του σώματος, τη θερμοκρασία του δέρματος, τη φύση του επιδερμικού καλύμματος (τρίχες, μαλλί, φτερά) και από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Τα παχιά και συμπαγή ζώα έχουν μικρότερη επιφάνεια σε σχέση με το βάρος τους και οι απώλειες θερμότητας με ακτινοβολία είναι μικρότερες. Ο συνωστισμός πολλών ζώων μειώνει τις απώλειες με ακτινοβολία και έτσι αυξάνει τη θερμοκρασία τους.

Απώλεια θερμότητας γίνεται και με την εξάτμιση υγρασίας από την επιφάνεια του σώματος και ο αναπνευστικό σύστημα. Τα αγροτικά ζώα με εξαίρεση το άλογο δεν ιδρώνουν. Στα ζώα που δεν ιδρώνουν παρατηρείται απώλεια υγρασίας μέσω της επιδερμίδας με την **άδηλη αναπνοή**. Μεγάλες απώλειες υγρασίας γίνονται από τους πνεύμονες με τον εκπνεόμενο αέρα.

Στα ζώα ο μηχανισμός αίσθησης της θερμοκρασίας στεγάζεται στον υποθάλαμο του εγκεφάλου. Όταν η θερμοκρασία του αίματος ανεβαίνει, ο υποθάλαμος κινεί τα σωματικά συστήματα, που προκαλούν απώλειες θερμότητας. Αν η θερμοκρασία του αίματος κατέβει, ο υποθάλαμος ενεργοποιεί τα συστήματα συγκράτησης της θερμότητας. Στην επιφάνεια του σώματος υπάρχουν ευαίσθητοι δέκτες, που σχετίζονται με την κίνηση του αίματος στο δέρμα, τους υδροτοποιούς αδένες και την ανύψωση του τριχώματος.

Το δέρμα των ζώων των μεγάλων υψόμετρων και της τροπικής ζώνης χρωματίζεται, για την προστασία από την ηλιακή ακτινοβολία. Το τρίχωμα των ζώων των θερμών περιοχών είναι αραιό. Το υποδόριο λίπος αποτελεί πηγή ενέργειας σε περιόδους με έλλειψη τροφής, αλλά χρησιμεύει και ως μονωτικό υλικό για τον περιορισμό της απώλειας θερμότητας.

Στην εκτροφή των ζώων υπάρχει μια **κριτική θερμοκρασία** του περιβάλλοντος, στην οποία η παραγωγή και η διάθεση του ζώου αναπτύσσονται στο μέγιστο επίπεδο. Στην περίπτωση αυτή η θερμοκρασία του σώματος είναι σταθερή και δεν χρησιμοποιούνται φυσικοχημικά μέσα για τη ρύθμιση της.

Στα μεγάλα ύψη των βουνών η βαρομετρική πίεση και η πυκνότητα του οξυγόνου μειώνονται. Τα ζώα στο περιβάλλον αυτό έχουν μεγαλύτερο όγκο θώρακα, τα τριχοειδή αγγεία των πνευμόνων αυξάνουν, ο ολικός όγκος του αίματος είναι μεγαλύτερος και ο αριθμός των ερυθρών αιμοσφαιρίων αυξάνει. Έτσι η αυξημένη αιμογλοβίνη ικανοποιεί τις ανάγκες των ιστών σε οξυγόνο.

Η απότομη μεταφορά ζώων σε μεγάλα υψόμετρα προκαλεί αδιαθεσίες και σοβαρές αρρώστιες. Για την αντιμετώπιση του μειωμένου οξυγόνου αυξάνεται ο αναπνευστικός ρυθμός, που μπορεί να δημιουργήσει υπεραερισμό και διατάραξη του κανονικού ισοζυγίου οξέων-βάσεων, ενώ οι ιστοί παρουσιάζουν αδυναμία και απώλεια της δραστηριότητας των. Αυτά οδηγούν στη χρόνια **νόσο των ορέων**.

Τα μεγαλόσωμα ζώα έχουν μικρότερη επιφάνεια κατά μονάδα μάζας και έτσι προσαρμόζονται καλύτερα στα ψυχρά κλίματα. Τα βοοειδή των τροπικών περιοχών (Zebu) έχουν μεγάλη σωματική επιφάνεια, ύβο και δέρμα χαλαρό και κινούμενο με πτυχές κυρίως στη χώρα της κοιλιάς.

Τα αιγοπρόβατα των ψυχρών και εύκρατων ζωνών είναι συνήθως μικρόσωμα, με κοντό λαιμό και πυκνό τρίχωμα.

Αντίθετα οι φυλές προβάτων των τροπικών και ξηρικών περιοχών έχουν αραιό και κοντό τρίχωμα, που λείπει στην κοιλιά, ώστε να αυξάνεται η απώλεια θερμότητας του σώματος σε ακτινοβολία.

Τα ζώα των άγονων ξηρικών περιοχών αποθέτουν λίπος (ύβος ή παχιά ουρά) κατά την περίοδο αφθονίας ζωοτροφών, το οποίο χρησιμοποιείται κατά την περίοδο πείνας. Η αποσύνθεση του λίπους προσφέρει στον οργανισμό ενέργεια και υγρασία πχ. Καμήλα, Zebu, υβοφόρα βοοειδή, παχύουρα πρόβατα.

4.3 Παραγωγικές ιδιότητες

Όπως όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί, τα παραγωγικά ζώα των διαφόρων ειδών κατέχουν πολλές ιδιότητες. Τον ζωτέχνη, όμως, τον ενδιαφέρουν κυρίως εκείνες, που παρουσιάζουν οικονομικό ενδιαφέρον. Αυτές μπορούν να ταξινομηθούν στις ακόλουθες δυο ομάδες:

4.3.1 Ποιοτικές παραγωγικές ιδιότητες

Οι ποιοτικές ιδιότητες προσδιορίζονται από περιορισμένο αριθμό ζευγαριών γονιδίων, μερικές φορές από ένα μόνο, που έχουν ισχυρή δράση και λέγονται μεγαλογονίδια. Επηρεάζονται πολύ από το περιβάλλον και η κληρονομιά τους ακολουθεί, συνήθως, τους μενδελικούς νόμους. Τέλος, δεν επιδέχονται μέτρηση με τα γνωστά σήμερα μέτρα.

Τέτοιες ιδιότητες είναι ο χρωματισμός του δέρματος και του τριχώματος, το κερατοφόρο ή όχι, ο χρωματισμός του κέλυφους των αυγών κτλ.

4.3.2 Ποσοτικές παραγωγικές ιδιότητες

Οι ποσοτικές ιδιότητες εξαρτώνται από πολλά ζευγάρια γονιδίων και για το λόγο αυτό επηρεάζονται σημαντικά από το περιβάλλον. Κάθε ποσοτική ιδιότητα είναι η συνισταμένη πολλών χαρακτηριστικών, τα οποία σε ορισμένες περιπτώσεις εκδηλώνονται ανεξάρτητα το ένα από το άλλο και σε διαφορετικό βαθμό. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι δυνατόν να μετρηθούν με αντικειμενικό τρόπο. Με βάση τις κατά μέρος μετρήσεις εκτιμάται ο βαθμός εκδήλωσης της παραγωγικής ιδιότητας στο σύνολο.

4.3.2.1 Αναπαραγωγική ικανότητα

Αυτή είναι η σπουδαιότερη από τις παραγωγικές ιδιότητες. Οι υπόλοιπες (γαλακτοπαραγωγή, αυγοπαραγωγή κτλ.) συνδέονται στενά με τον αναπαραγωγικό κύκλο. Εξάλλου, ένα ζώο παρουσιάζει ενδιαφέρον όταν είναι σε θέση να εξασφαλίσει για μακρύ χρονικό διάστημα την παροχή οικονομικού οφέλους, σε περίπτωση μάλιστα που μπορεί να δώσει απογόνους υψηλής παραγωγικής ικανότητας, η αξία του αυτόματα πολλαπλασιάζεται. Δυστυχώς, τα αναπαραγωγικά χαρακτηριστικά παρουσιάζουν, σε όλα τα είδη ζώων, χαμηλό συντελεστή κληρονομησιμότητας. Ο βαθμός εκδήλωσης τους καθορίζεται κυρίως από το περιβάλλον. Συνεπώς, η αναπαραγωγική ικανότητα των ζώων συνδέεται στενά με τις γνώσεις και τις ικανότητες του εκτροφέα τους.

Στις αγελάδες, η αναπαραγωγική ικανότητα είναι, ίσως, ο κυριότερος παράγοντας από αυτούς που καθορίζουν την αποδοτικότητα της εκτροφής

του. Το κέρδος του παραγωγού κατά κεφαλή σφαγμένης αγελάδας δεν είναι υψηλό. Εξάλλου, το κόστος παραγωγής της έτοιμης για σφαγή αγελάδας επιβαρύνεται, πέρα από τα έξοδα εκτροφής του ίδιου του ζώου (διατροφή, φάρμακα, εργατικά, απόσβεση εγκαταστάσεων, τόκοι κτλ.), και με τα έξοδα εκτροφής των γεννητόρων του σε ποσοστό αντιστρόφως ανάλογο με τη γονιμότητα τους.

Σε ότι αφορά τους ταύρους, οι κτηνοτρόφοι απαιτούν να δίνουν γόνιμο σπέρμα και να παρουσιάζουν έντονη διάθεση για σύζευξη (Libido). Ο ταύρος επηρεάζει σημαντικά την παραγωγικότητα της επιχείρησης και καθορίζει το ύψος των κερδών ή της ζημίας, ανάλογα με τον αριθμό και την ποιότητα των απογόνων που δίνει.

4.3.2.2 Γαλακτοπαραγωγική ικανότητα

Η επιβίωση και η φυσιολογική ανάπτυξη των θηλαστικών κατά το πρώτο στάδιο της ζωής τους εξασφαλίζονται με το γάλα που θηλάζουν από τους μαστούς της μητέρας τους. Η παραγωγή και η έκκριση γάλακτος από τους μαστικούς αδένες αρχίζουν αμέσως μετά τον τοκετό και παύουν μετά από ένα χρονικό διάστημα, διαφορετικό για κάθε είδος, στο τέλος του οποίου κανονικά το πεπτικό σύστημα του νεαρού ζώου έχει αναπτυχθεί σε τέτοιο βαθμό, ώστε να του επιτρέπει να τρέφεται μόνο με στερεές τροφές. Τις πρώτες (4-6) ημέρες μετά τον τοκετό ο μαστός δεν παράγει το κανονικό, για κάθε είδος ζώου, γάλα, αλλά ένα παχύρευστο, κιτρινωπό, υπόπικρο, υφάλμυρο και με μεγάλο ιξώδες υγρό, το οποίο ονομάζεται **πρωτόγαλα**. Το πρωτόγαλα, ιδιαίτερα πλούσιο σε θρεπτικά συστατικά, περιέχει αντισώματα που μεταφέρουν από τη μητέρα στο νεογέννητο ανοσία για ορισμένα νοσήματα. Για το λόγο αυτό η κατανάλωση του επιβάλλεται και μάλιστα όσο το δυνατό πιο γρήγορα μετά τη γέννηση.

Το γάλα ορισμένων ζώων, όμως, είναι και πολύτιμο τρόφιμο για τον άνθρωπο, που το καταναλώνει αυτούσιο ή το μετατρέπει προηγουμένως σε διάφορα γαλακτοκομικά προϊόντα. Ο άνθρωπος, για να καλύψει δικές του θρεπτικές απαιτήσεις, επέλεξε ή δημιούργησε σε ορισμένα είδη ζώων γενοτύπους, οι οποίοι είναι σε θέση να προσδίνουν στα θηλυκά που τους κατέχουν γαλακτοπαραγωγική ικανότητα πολύ υψηλότερη από τις ανάγκες των παιδιών τους. Αυτά τα θηλυκά τα αρμέγει. Τόση είναι η αξία του γάλακτος ως τροφίμου, ώστε συχνά το νεογέννητο, μετά την κατανάλωση του πρωτογάλατος, τρέφεται με υποκατάστατα του μητρικού του γάλακτος, ενώ ολόκληρη η παραγωγή της μητέρας του προσφέρεται για κατανάλωση στον άνθρωπο.

Στη χώρα μας αρμέγονται τα θηλυκά των γαλακτοπαραγωγικών φυλών βοοειδών από την έναρξη της γαλακτικής περιόδου.

Στα *αρμεγόμενα ζώα* η γαλακτοπαραγωγική ικανότητα είναι δυνατόν να εκτιμηθεί κατά αντικειμενικό τρόπο με τη μέτρηση των ακόλουθων χαρακτηριστικών:

- a) Της διάρκειας της περιόδου αρμέγματος.
- b) Της συνολικής παραγωγής κατά αρμεκτική περίοδο και στη διάρκεια της ζωής του ζώου.
- c) Της εμμονής στη γαλακτοπαραγωγή κατά τη διάρκεια της αρμεκτικής περιόδου.
- d) Της περιεκτικότητας του γάλακτος σε λίπος, πρωτεΐνες, λακτόζη και τέφρα.
- e) Της διάπλασης του μαστού και της ευκολίας αρμέγματος του.

Στην περίπτωση που οι απόγονοι των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ως γεννήτορες, καλό είναι να γνωρίζουμε την γαλακτοπαραγωγή των μητέρων και κατά την περίοδο γαλουχίας. Η *γαλακτοπαραγωγή κατά την περίοδο γαλουχίας* εκτιμάται έμμεσα, μετρώντας την αύξηση των γαλουχούμενων ζώων στη διάρκεια της, ή άμεσα, διενεργώντας σε τακτά χρονικά διαστήματα αρμέγματα με την καλούμενη «μέθοδο της ωκυτοκίνης»

Είναι αναγκαίο, όμως, να γνωρίζουμε τη γαλακτοπαραγωγική ικανότητα και των θηλυκών που δεν αρμέγονται. Σ' αυτά η εκτίμηση γίνεται με τον έμμεσο τρόπο που προαναφέρθηκε.

Στις ευρωπαϊκές χώρες οι αγελάδες εκτρέφονται, κυρίως, για τη γαλακτοπαραγωγική τους ικανότητα και το γάλα τους χρησιμοποιείται βασικά για την παραγωγή τυριών. Τα τυριά αυτά έχουν τόσο υψηλή τιμή διάθεσης στο εμπόριο, ώστε σε πολλές περιοχές ολόκληρη η παραγομένη ποσότητα γάλακτος διατίθεται για τυροκόμηση.

Σε περίπτωση φόβου, ταραχής, πόνου ή μεταβολής στις συνθήκες αρμέγματος, η έκκριση της ωκυτοκίνης και η ενέργεια της επάνω στα μυοεπιθηλιακά κύτταρα που περιβάλλουν τις αδενοκυψέλες και το εκφορητικό σύστημα του μαστού περιορίζονται και όλο το γάλα δεν κατεβαίνει. Αυτό μπορεί να συμβεί, όταν οι θηλές είναι τραυματισμένες ή ο μαστός έχει προσβληθεί από λοιμώδες έκθυμα, όταν εμφανίζεται ένας σκύλος ή κάποιο άγνωστο στις αγελάδες άτομο, αν ακουστεί κάποιος θόρυβος (κινητήρας, κραυγές, κεραυνός κτλ.) σε Τέτοιες περιπτώσεις οι αγελάδες δυσφορούν, διακόπτουν τη γαλουχία ή δεν δίνουν όλο το γάλα τους. Το άρμεγμα πρέπει να γίνεται με τις ίδιες πάντοτε συνθήκες, σε ήρεμο περιβάλλον και να είναι ολοκληρωμένο.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται στη λειτουργία της αρμεκτικής μηχανής. Μαστίτιδες προκαλεί και η όχι επιμελημένη καθαριότητα των θηλάστρων.

Όλες οι παθολογικές καταστάσεις του οργανισμού προκαλούν μείωση της γαλακτοπαραγωγής και σε πολλές περιπτώσεις στέρευσή της. Οι μαστίτιδες συχνά δεν προκαλούν εμφανή κλινικά συμπτώματα. Στην περίπτωση αυτή, εκτός από μείωση της γαλακτοπαραγωγής, συλλέγεται ακατάλληλο γάλα, που είναι δυνατόν να δημιουργήσει σοβαρά υγειονομικά προβλήματα και ανωμαλίες στην τυροκόμηση με βαριές οικονομικές επιπτώσεις.

Κατά γενικό κανόνα, οι δυσμενείς κλιματικές συνθήκες επηρεάζουν αρνητικά τη γαλακτοπαραγωγή.

4.3.2.3 Κρεατοπαραγωγική ικανότητα

Σχεδόν όλα τα παραγωγικά ζώα καταλήγουν στο σφαγείο. Στη χώρα μας καταναλώνεται το κρέας των βοοειδών, των προβάτων, των γιδιών, των χοίρων, των κουνελιών, των ορνίθων, των μελεαγρίδων, των ινδορνίθων, των παπιών, των χηνών και ορισμένων θηραμάτων. Είναι επιθυμητό συνεπώς τα ζώα, σε οποιοδήποτε στάδιο της παραγωγικής τους ζωής και αν βρίσκονται, να μπορούν να αποδώσουν σφαγείο καλής σχετικά ποιότητας.

Ορισμένα παραγωγικά ζώα εκτρέφονται για την κρεατοπαραγωγική τους ικανότητα και μόνο. Αυτά είναι οι χοίροι, τα κουνέλια, οι ινδórνιθες, οι χήνες και οι μελεαγρίδες, καθώς και τα καθαρά κρεατοπαραγωγά βοοειδή, πρόβατα, όρνιθες και πάπιες.

4.4 Σταβλισμός

Γενικά για το σταβλισμό

Σκοπός του σταβλισμού των βοοειδών, στις περιπτώσεις που απαιτείται, είναι η εξασφάλιση των προϋποθέσεων για τη δημιουργία των κατάλληλων συνθηκών περιβάλλοντος, άνετης και υγιεινής διαμονής των ζώων καθώς και καλού χειρισμού αυτών, που, σε συνδυασμό με τους άλλους παράγοντες (Φυλή ζώων, υγεία, διατροφή κτλ.) θα αυξήσει την παραγωγικότητα τους και θα μειώσει το κόστος παραγωγής του γάλακτος και κρέατος.

Ένα στάβλος, για να ανταποκρίνεται στις σύγχρονες απαιτήσεις, πρέπει να εκπληρώνει τους ακόλουθους όρους:

a) Τα κτίσματα και ο εξοπλισμός τους πρέπει να εξυπηρετούν τις φυσιολογικές ανάγκες των ζώων και να προστατεύουν την υγεία τους. Τότε μόνο τα ζώα που σταβλίζονται στο στάβλος μπορούν να εκδηλώσουν κατά ικανοποιητικό τρόπο το γενετικό τους δυναμικό και να εμφανίζουν υψηλή παραγωγή.

b) Οι συνθήκες εργασίας να είναι άνετες. Σε αντίθετη περίπτωση είναι αδύνατη η πρόσληψη εξειδικευμένου προσωπικού, που έχει και αυξημένες απαιτήσεις.

c) Η λειτουργία του στάβλου να μη δημιουργεί προβλήματα ρύπανσης του περιβάλλοντος.

d) Τα κτίσματα και ο εξοπλισμός τους να είναι τα περισσότερο κατάλληλα, τόσο από τεχνολογικής πλευράς, όσο και από οικονομικής. Γενικά, οι κτιριακές κατασκευές πρέπει να είναι ελαφρές, ώστε η απόσβεση τους να πραγματοποιείται το πολύ μέσα σε 8-10 έτη. Οι σύγχρονοι στάβλοι

είναι εξειδικευμένα κτίσματα και η κατασκευή τους απαιτεί ειδικές γνώσεις και τη συνεργασία τεχνικών διάφορων κλάδων (αρχιτέκτονες, μηχανικοί, μηχανολόγοι, κτηνίατροι κτλ.). Λάθη στην αρχική κατασκευή, δυσκολεύουν την ορθή λειτουργία του στάβλου, αναγκάζουν σε διορθώσεις και ανεβάζουν το τελικό κόστος σε αντιστοιχονομικό επίπεδο.

Δυο από τις αρχές που διέπουν την κατασκευή των στάβλων γενικά, είναι ο προσανατολισμός και τα κτίρια.



Ο στάβλος του ΤΕΙ

4.4.1 Προσανατολισμός

Ο γενικός προσανατολισμός των κτιριακών εγκαταστάσεων πρέπει να είναι νότιος στις ψυχρές περιοχές και νοτιοανατολικός στις θερμές. Στην περίπτωση των τελείως κλειστών μονωμένων στάβλων, ο κατά μήκος άξονας τους πρέπει να έχει κατεύθυνση από Βορρά προς Νότο.

Πρέπει να αποφεύγονται τα ισχυρά ρεύματα ανέμων, ψυχρών ή θερμών, και στην ανάγκη να δημιουργούνται δένδροστοιχίες, ως ανεμοφράκτες. Στις υγρές, όμως, περιοχές και εκεί που οι ομίχλες είναι συχνές, το στάβλος

πρέπει να είναι εκτεθειμένο στον άνεμο. Έτσι, απομακρύνεται ένα μέρος από την υγρασία του περιβάλλοντος που πλεονάζει.

Γενικά, πριν από τη σύνταξη της χωροταξικής μελέτης των εγκαταστάσεων είναι ανάγκη να συλλέγονται πληροφορίες για το μικροκλίμα της περιοχής.

4.4.2 Κτίρια

Πριν από τριακονταετία, επικρατούσε ακόμη η αντίληψη ότι οι στάβλοι δεν πρέπει να είναι τελείως εξειδικευμένα κτίρια. Έτσι, η απόσβεση τους ήταν σίγουρη, ακόμη και σε περίπτωση όπου η αρχική αποστολή τους αποδεικνυόταν αντιοικονομική και ο εκτροφέας αποφάσιζε να αλλάξει ζωοτεχνική κατεύθυνση ή να μετατρέψει το στάβλο σε αποθήκη, εργαστήριο κτλ. Οι απαιτήσεις των ζώων υψηλής παραγωγικής ικανότητας δεν συμβαδίζουν με τη νοοτροπία αυτή. Οι σύγχρονοι στάβλοι είναι, συνήθως, τελείως εξειδικευμένα κτίρια (χοιροστάσια, θάλαμοι αυγοπαραγωγών ορνίθων κτλ.) και οι πρόχειρες λύσεις αποδείχθηκε ότι ισοδυναμούν με σπατάλη χρημάτων.

Η χωροταξική μελέτη πρέπει να προβλέπει, αν το οικόπεδο το επιτρέπει, τη δυνατότητα παραπέρα ανάπτυξης μελλοντικά της επιχείρησης. Δηλαδή, η τοποθέτηση των κτιρίων πρέπει να είναι τέτοια, ώστε σε περίπτωση κατασκευής συμπληρωματικών να μη δημιουργηθούν προβλήματα λειτουργίας και προκύψει συμφόρηση ή ανάγκη μερικών κατεδαφίσεων.

Ο στάβλος πρέπει να σέβεται τους κανόνες υγιεινής διαβίωσης των ζώων και άνετης εργασίας του προσωπικού και να είναι ανάλογο με τον αριθμό των ζώων που μπορεί να στεγάσει. Ο χώρος που απαιτείται για την άνετη διαβίωση ποικίλλει ανάλογα με το είδος των ζώων και το φυσιολογικό στάδιο που βρίσκονται π.χ. για μια γαλακτοπαραγωγό αγελάδα απαιτούνται 15-20 m³, για μια γαλουχούσα συ με την τοκετομάδα της 9-12 m³, για ένα παχυνόμενο χοίρο 1-1,15 m³ κτλ. Οι απαιτήσεις των ζώων σε επιφάνεια δαπέδου είναι επίσης διαφορετικές, π.χ. μια προβατίνα έχει ανάγκη 0,80 m³, μια προβατίνα με το αρνί της 1,20 m³, ένα αρνί 0,40 m³, ένα ζυγούρι 0,55 m³, ένα κριάρι 2,00 m³.

Ο αριθμός των ομοειδών ζώων, που μπορούν να στεγασθούν στον ίδιο θάλαμο, δεν είναι απεριορίστος. Στις μεγάλες επιχειρήσεις ακόμα και τα ομοειδή ζώα κατανέμονται σε πολλά κτίρια. Έτσι, σε περίπτωση που θα εμφανιστεί ένα νόσημα, είναι δυνατός ο περιορισμός του σε ένα μέρος του ζωικού κεφαλαίου. Ο υπερβολικός αριθμός συστεγαζόμενων ζώων δεν δημιουργεί μόνο υγειονομικά προβλήματα, αλλά προκαλεί και μείωση της παραγωγικότητας. Η δημιουργία κατάλληλων συνθηκών περιβάλλοντος στα σταβλιζόμενα βοοειδη, αφορά κυρίως τον έλεγχο της θερμοκρασίας, υγρασίας, του φωτισμού κτλ. Όστε να εξασφαλίζονται κατά τον καλύτερο δυνατό τρόπο τα απαιτούμενα επίπεδα για την υγιεινή και παραγωγική διατήρηση των ζώων.

Όλες οι ερευνητικές εργασίες καθώς και η διεθνής εμπειρία, συμφωνούν στο συμπέρασμα ότι, οι κρίσιμες προς τα κάτω θερμοκρασίες για τα βοοειδή, βρίσκονται πολύ χαμηλά σε σχέση με τις αντίστοιχες των χοίρων και ορνίθων.

Οι κρίσιμες δε προς τα πάνω θερμοκρασίες βρίσκονται γύρω στους 25° C. Για μέγιστες αποδόσεις στη γαλακτοπαραγωγή η άριστη θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι γύρω στους 15° C. Έτσι, για τη χώρα μας, μπορεί να ειπωθεί ότι έχουμε πρόβλημα, στις περισσότερες περιοχές, μόνο από τις υψηλές θερμοκρασίες του καλοκαιριού. Οι χαμηλές θερμοκρασίες, για τα ώριμα ζώα, αποτελούν πρόβλημα μόνο όταν συνδυάζονται με ισχυρά ρεύματα αέρος. Στον παρακάτω πίνακα παρατίθενται οι ευνοϊκές και κρίσιμες θερμοκρασίες για τα βοοειδή.

Ευνοϊκές και κρίσιμες θερμοκρασίες περιβάλλοντος για τα βοοειδή (σε βαθμούς Κελσίου).

Κατηγορίες ζώων	Ευνοϊκές θερμοκρασίες	Θερμοκρασίες ελάχιστες	Μέγιστες
-Αγελάδες γαλακ/γωγής.	10-16	(-5ή +6)	25
-Βοοειδή πάχυνσης	10-16	1	25
-Μοσχάρια ηλικίας:			
μέχρι 3 βδομάδες	18-21	13	25
μεγαλυτ. Από 3 βδομ.	13-16	9	25

Πίνακας 5
Κυρίτσης, 1984, σελ. 29.

Οι απαιτούμενες, κατά περίπτωση, κατάλληλες θερμοκρασίες ρυθμίζονται με κατάλληλο προσανατολισμό του στάβλου (συνήθως το μήκος του στάβλου πρέπει να έχει μεσημβρινή έκθεση), με σχετικές μονώσεις του στάβλου, με κατάλληλο εξαερισμό (φυσικό ή τεχνητό), με θέρμανση κτλ.

Οι απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος μπορούν να προκαλέσουν στα βοοειδή κρυολογήματα, ανορεξία, μείωση της γαλακτοπαραγωγής κτλ. Επίσης, ψυχρά δάπεδα μπορούν να προκαλέσουν ψύξη του μαστού, γι' αυτό, στις περιπτώσεις αυτές, το στρώσιμο των θέσεων κατάκλισης των αγελάδων με καθαρή και στεγνή στρωμνή (άχυρα κτλ.), βοηθά, εκτός των άλλων, την αποφυγή της ψύξης του μαστού.

Σχετικά με την άμεση επίδραση της υγρασίας στα βοοειδή, υπάρχουν περιορισμένες παρατηρήσεις και πειραματικά δεδομένα. Είναι όμως γνωστό, οι υψηλές τιμές (πάνω από 80%) σχετικής υγρασίας ευνοούν τις συμπυκνώσεις των υδρατμών, στο εσωτερικό του στάβλου, διατηρούν το δάπεδο και την κόπρο σε υγρή κατάσταση, παράγοντες που είναι ευνοϊκοί για την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών, με συνέπεια τη δημιουργία ανθυγιεινού περιβάλλοντος μέσα στο στάβλο. Αντίθετα, είναι γνωστό ότι η υπερβολική ξηρασία μειώνει τη γαλακτοπαραγωγή, γιατί προκαλεί εφίδρωση των ζώων. Όπως, επίσης, είναι αρκετά γνωστό, ότι ο συνδυασμός

θερμοκρασίας – υγρασίας, με υψηλό δείκτη (υπολογίζεται με μαθηματικό τύπο) μειώνει σημαντικά τη γαλακτοπαραγωγή, ιδιαίτερα των αγελάδων υψηλών αποδόσεων. Γενικά, μπορεί να ειπωθεί, ότι η σχετική υγρασία του αέρα στο στάβλο πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 60 και 70% που επιτυγχάνεται, κυρίως, με κατάλληλο εξαερισμό (φυσικό ή τεχνητό) του στάβλου σε συνδυασμό με την απαιτούμενη θερμοκρασία.

4.4.3 Ελεύθερος σταβλισμός

Ελεύθερος σταβλισμός είναι το σύστημα σταβλισμού των αγελάδων όπου τα ζώα περιορίζονται ομαδικά σε ένα χώρο. Στο χώρο αυτό τα ζώα μπορούν να κινούνται ελεύθερα, να αναπαύονται, να ασκούνται κατά βούληση και να τρέφονται επίσης κατά βούληση (σε τακτά ή μη χρονικά διαστήματα). Από το χώρο αυτό τα ζώα βγαίνουν, συνήθως δυο φορές την ημέρα, για να οδηγηθούν στο αρμεκτήριο.

Με τον ελεύθερο σταβλισμό επιδιώκουμε λιγότερη χειρονακτική εργασία, μείωση των επενδύσεων και υγιεινότερες συνθήκες για τα ζώα.

Η εφαρμογή του ελεύθερου σταβλισμού δημιούργησε, όμως, και μερικά προβλήματα, όπως η απομάκρυνση της κοπριάς, ο εθισμός των ζώων κτλ.

Στον ελεύθερο σταβλισμό διακρίνουμε τέσσερις βασικούς χώρους και ορισμένους βοηθητικούς.

Οι βασικοί χώροι είναι: για ανάπαυση, άσκηση, τροφοδοσία και άρμεγμα.

Ο ελεύθερος σταβλισμός των αγελάδων γαλακτοπαραγωγής παρουσιάζει παραλλαγές, ανάλογα με τη μορφή του χώρου ανάπαυσης και το είδος του στάβλου που θα κατασκευαστεί. Έτσι διακρίνουμε:

- Ελεύθερο σταβλισμό χωρίς ατομικές θέσεις στο χώρο ανάπαυσης.
- Ελεύθερο σταβλισμό με ατομικές θέσεις στο χώρο ανάπαυσης.
- Ελεύθερο σταβλισμό με εντελώς κλειστούς όλους τους βασικούς χώρους.
- Ελεύθερο σταβλισμό με κλειστό μόνο το χώρο ανάπαυσης.
- Ελεύθερο σταβλισμό με ημιανοικτό το χώρο ανάπαυσης.
- Ελεύθερο σταβλισμό με ανοικτό το χώρο ανάπαυσης.

Από τους τύπους του ελεύθερου σταβλισμού γαλακτοπαραγωγών αγελάδων, που αναφερθήκαν παραπάνω, για τις συνθήκες της χώρας μας ταιριάζουν, περισσότερο, εκείνοι με κλειστό, ημιανοικτό ή εντελώς ανοικτό το χώρο ανάπαυσης και η επιλογή του κατάλληλου τύπου γίνεται ανάλογα με τις κλιματολογικές συνθήκες της περιοχής.

4.4.4 Το αρμεκτήριο

Το αρμεκτήριο διακρίνεται στο κτίριο (χώρος αρμέγματος, αίθουσα γάλακτος και λοιποί βοηθητικοί χώροι) και στον εξοπλισμό, (μηχανολογικό

και μη). Σε μεγάλες μονάδες υπάρχει και χώρος αναμονής των αγελάδων. Οι διαστάσεις του κτιρίου εξαρτώνται άμεσα από το μέγεθος της μονάδας και από τον τύπο του αρμεκτηρίου που θα εγκατασταθεί. Συνήθως το αρμεκτήριο τοποθετείται σαν προέκταση του κυρίως στάβλου. Σαν γενικά κατασκευαστικά χαρακτηριστικά μπορούμε να αναφέρουμε την ανάγκη μόνωσης του αρμεκτηρίου (ανάλογα με το κλίμα), τον καλό αερισμό, τον επαρκή φωτισμό και τη θέρμανση σε πολύ ψυχρές περιοχές. Επίσης το δάπεδο του αρμεκτηρίου πρέπει να έχει κλίση 2-3% για να καθαρίζεται εύκολα αλλά ταυτόχρονα να είναι και αντιολισθητικό. Ιδιαίτερα θα πρέπει να προσεχτεί το θέμα της αποχέτευσης του αρμεκτηρίου (κυρίως σε μεγάλες μονάδες).

Σταβλισμός για μοσχάρια παχύνσεως

Σκοπός του σταβλισμού είναι η προφύλαξη των μοσχαριών από δυσμενείς καιρικές συνθήκες και η εξασφάλιση άνετης και υγιεινής διαμονής αυτών, ταυτόχρονα η δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών, που θα επιτρέψουν τη μεγαλύτερη παραγωγή.

Κατά την κατασκευή του στάβλου πρέπει να λαμβάνεται μέριμνα για τη μείωση της ανθρώπινης εργασίας με την κατάλληλη διαμόρφωση των χώρων και την εκλογή του κατάλληλου εξοπλισμού, ώστε να επιτύχουμε υψηλή παραγωγικότητα της εργασίας.

Μεριμνούμε όπως δημιουργήσουμε ένα τεχνητό περιβάλλον που να πλησιάζει το φυσικό, ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των μοσχαριών και στην επιδιωκόμενη εκμετάλλευση αυτών.

Οι παράγοντες που συνθέτουν το περιβάλλον των μοσχαριών πάχυνσης και στους οποίους καλούμεθα σαν τεχνικοί να επιδράσουμε με την κατασκευή του στάβλου είναι : η θερμοκρασία, το φως, η υγρασία και η καθαριότητα του αέρα. Στους πίνακες που ακολουθούν δίνουμε τις απαιτήσεις των βοοειδών σε θερμοκρασία και την εκλυόμενη αισθητή θερμότητα από τα βοοειδή.

Η σχετική υγρασία στα βοοειδή θεωρείται σαν ανεκτή, όταν κυμαίνεται περί το 60-85%.

Ανάγκες των βοοειδών σε ανανέωση του αέρα.^[33]

a. Το χειμώνα

Αγελάδες 0,19 M³/H/KG Z.B.

Μοσχάρια 0,38 M³/H/KG Z.B.

b. Το καλοκαίρι

Αγελάδες 0,75 έως 1,4 M³/H/KG Z.B.

Μοσχάρια 0,94 έως 1,9 M³/H/KG Ζ.Β.

Απαιτούμενες θερμοκρασίες στο στάβλο

Απαιτούμενες θερμοκρασίες μέσα στο στάβλο σε σχέση με τις επικρατούσες θερμοκρασίες έξω στο στάβλο.^[34]

Έξω σε °C	12	9	6	3	0	-3	-6	-9	-12	-15
Μέσα σε °C	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7

Πίνακας 6

Γνωστό είναι ότι τα βόδια δεν ιδρώνουν, στις μεγάλες θερμοκρασίες αντεπεξέρχονται με αύξηση των εισπνοών-εκπνοών.

Στους 28°C σταματά στα βοοειδή η ικανότητα αποβολής θερμότητας, αποτέλεσμα πώση των αποδόσεων. Στους 40°C στο ευρωπαϊκό βόδι συνήθως επέρχεται θάνατος. Οι θερμοκρασίες στους στάβλους βοοειδών, δεν πρέπει να υπερβαίνουν για πολύ χρόνο στους 25°C.

Τρόπος κατασκευής και ο προσανατολισμός των στάβλων, συντελούν στο σωστό αερισμό, φωτισμό και θερμοκρασία του στάβλου.

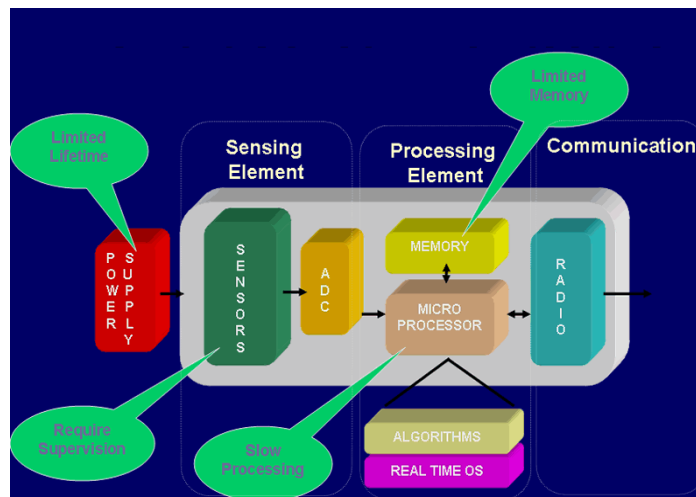
5 *Αισθητήρες*

5.1 Περιγραφή των αισθητήρων

5.1.1 Δομή των αισθητήρων

Οι κόμβοι αισθητήρων που χρησιμοποιούνται σε ένα δίκτυο αισθητήρων μπορούν να χαρακτηριστούν ως μικροί υπολογιστές. Είναι εξοπλισμένοι συνήθως από μια μονάδα επεξεργασίας με περιορισμένη υπολογιστική δύναμη και περιορισμένη μνήμη, με ένα πομποδέκτη ή άλλη συσκευή ασύρματης επικοινωνίας, και μια πηγή ενέργειας, συνήθως μια μπαταρία. Το μέγεθος ενός κόμβου αισθητήρων μπορεί να ποικίλει από δεκάδες εκατοστά, ως συσκευές με μέγεθος κόκκου σκόνης^[11]. Το κόστος των κόμβων αισθητήρων είναι ομοίως μεταβλητό, κυμαινόμενο από εκατοντάδες δολάρια ως μερικά σεντς, ανάλογα με το μέγεθος του δικτύου αισθητήρων και της πολυπλοκότητας που απαιτείται από τους μεμονωμένους κόμβους αισθητήρων. Περιορισμοί μεγέθους και κόστους στους κόμβους αισθητήρων οδηγούν σε αντίστοιχους περιορισμούς σε πόρους όπως η ενέργεια, η μνήμη, η υπολογιστική ταχύτητα και το εύρος ζώνης^[12].

Παρακάτω φαίνεται η δομή ενός ασύρματου αισθητήρα:



Σχήμα: Δομή ασύρματων αισθητήρων

(εικόνα από

http://www.ee.unimelb.edu.au/sen_net/multimedia/research_prog/intsens.gif)

Οι αισθητήρες που απαρτίζουν τα δίκτυα αυτά μπορούν να μετρήσουν:

- Απόσταση, κατεύθυνση, ταχύτητα
- Υγρασία, σύσταση εδάφους
- Θερμοκρασία, χημικά
- Ηλιακή ακτινοβολία, κίνηση, δονήσεις
- Σεισμικά και ακουστικά δεδομένα.

5.1.2 Το λειτουργικό σύστημα TinyOS

Τα λειτουργικά συστήματα για τους ασύρματους κόμβους δικτύων αισθητήρων είναι λιγότερο σύνθετα από τα γενικής χρήσης λειτουργικά συστήματα και λόγω των πρόσθετων απαιτήσεων των εφαρμογών δικτύων αισθητήρων και λόγω των περιορισμών των πόρων στο hardware των πλατφόρμων των δικτύων αισθητήρων. Παραδειγματος χάριν, οι εφαρμογές δικτύων αισθητήρων δεν είναι αλληλοδραστικές με τον ίδιο τρόπο όπως οι εφαρμογές για τα PC. Για αυτόν τον λόγο, το λειτουργικό σύστημα δεν χρειάζεται να υποστηρίζει interfaces για την επικοινωνία με τον χρήστη. Επιπλέον, οι περιορισμοί του hardware όσον αφορά την μνήμη και την χαρτογράφηση της μνήμης καθιστά τους μηχανισμούς όπως η εικονική μνήμη είτε άχρηστους είτε αδύνατους να εφαρμοστούν.

Το TinyOS^[14] είναι ίσως το πρώτο λειτουργικό σύστημα που σχεδιάστηκε συγκεκριμένα για τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων, από το οποίο προέρχεται σε μεγάλο βαθμό η επιτυχία και η δημοτικότητα που γνωρίζουν τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων τα τελευταία χρόνια.

Οι προκλήσεις που είχε να αντιμετωπίσει και να λύσει το TinyOS ήταν:

- Η χαμηλή κατανάλωση ενέργειας.
- Ιδιαίτερα υψηλές απαιτήσεις για συγχρονισμό:
 1. Ροή πληροφορίας από πολλές πηγές (αισθητήρες, πομποδέκτης)
 2. Μικρή μνήμη, που σημαίνει ότι δεν μπορεί να γίνει buffering, άρα πρέπει να επεξεργαστούμε γρήγορα τα μηνύματα που δεχόμαστε, αλλιώς μπορεί να τα χάσουμε
- Μικρό μέγεθος συνολικά του συστήματος
- Η σχεδίαση να είναι modular για να μπορούμε να φτιάξουμε γρήγορα και εύκολα εφαρμογές

5.2 Οι αισθητήρες «tmote Sky»

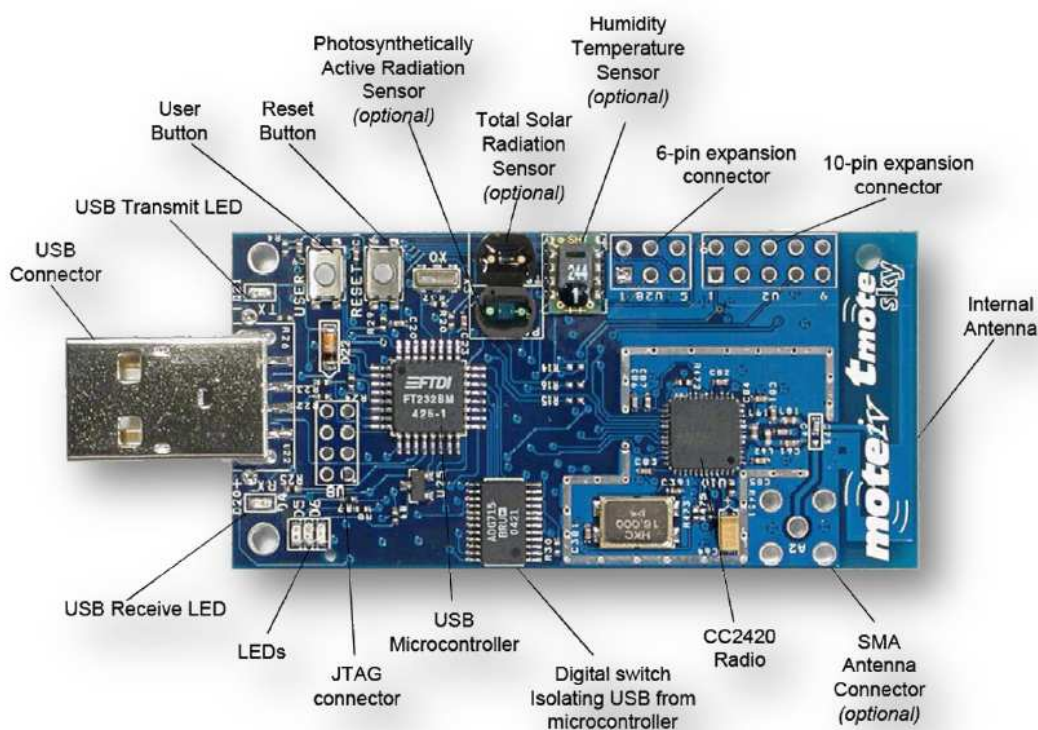
5.2.1 Περιγραφή των «tmote Sky»

Οι αισθητήρες που θα χρησιμοποιήσουμε στο σύστημα μας είναι οι Tmote Sky^[13]. Οι Tmote Sky είναι από τους πιο διαδεδομένους ασύρματους αισθητήρες σήμερα. Το Tmote Sky είναι ένας ασύρματος αισθητήρας χαμηλής ενέργειας για χρήση σε δίκτυα αισθητήρων και σε εφαρμογές ελέγχου. Είναι εφοδιασμένο με αισθητήρες μέτρησης θερμοκρασίας, υγρασίας, καθώς και ηλιακής ακτινοβολίας (*Photosynthetically Active Radiation*, και *Total Solar Radiation*). Ακόμα φέρει διάφορα βιομηχανικά πρότυπα (industry standards), όπως είναι η USB και το IEEE 802.15.4^[29], έτσι ώστε να έχει την δυνατότητα να επικοινωνεί άμεσα με άλλες συσκευές. Εκμεταλλευόμενο τα βιομηχανικά πρότυπα και τους αισθητήρες που αναφέραμε παραπάνω, καθώς και την εύκολη επικοινωνία του με τις διάφορες περιφερειακές συσκευές, αποκτάει την δυνατότητα αποδοτικής συμμετοχής του σε ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών ασύρματων αισθητήρων. Το Tmote Sky αποτελεί την συνέχεια του αισθητήρα Telos, ενός πετυχημένου σχεδίου της εταιρείας Moteiv. Διαθέτει 1MB μνήμη, 10KB RAM, 48 KB Memory Flash και 250 kbps Radio bandwidth.

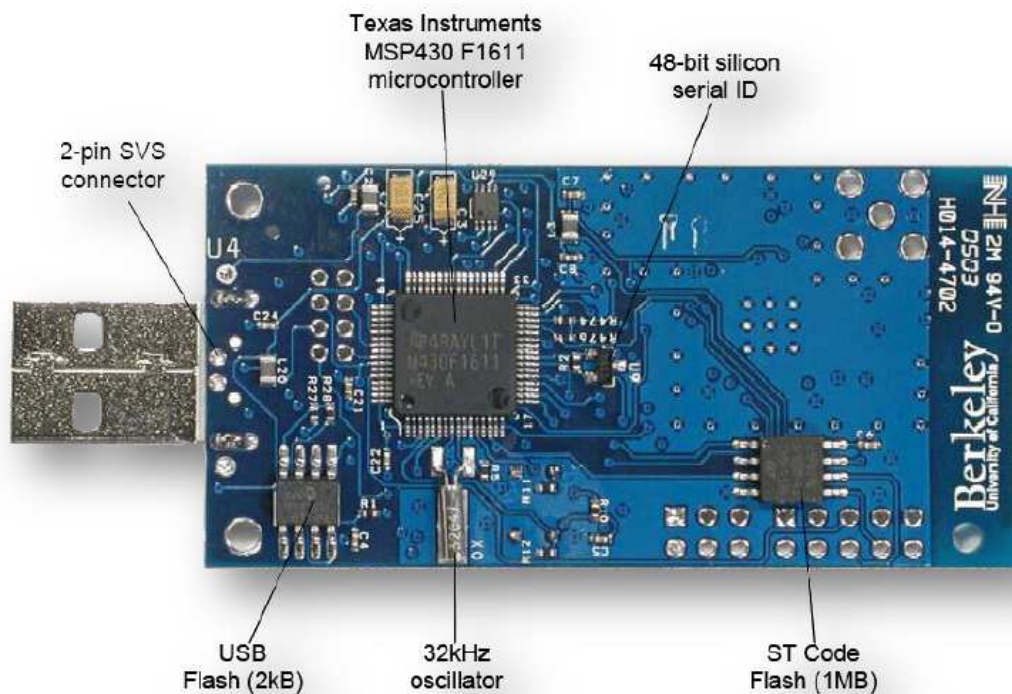
Τα βασικά χαρακτηριστικά τους είναι:

- 250kbps 2.4GHz IEEE 802.15.4 Chipcon Wireless Transceiver.
- Σύνδεση με άλλες IEEE 802.15.4 συσκευές.
- 8MHz Texas Instruments MSP430 microcontroller (10k RAM, 48k Flash)

- Ενσωματωμένο ADC, DAC, Supply Voltage Supervisor, and DMA Controller
- Ενσωματωμένη onboard κεραία με 50m εμβέλεια σε εσωτερικούς χώρους / 125m εμβέλεια σε εξωτερικούς.
- Ενσωματωμένα sensors για μέτρηση υγρασίας, θερμοκρασίας και φωτός.
- Εξαιρετικά χαμηλή κατανάλωση ρεύματος.
- Γρήγορο ξύπνημα από ύπνο (<6ks).
- Hardware link-layer κρυπτογράφηση και πιστοποίηση.
- Προγραμματισμός και συλλογή δεδομένων μέσω USB καλωδίου.
- 16-pin υποδοχή επέκτασης και δυνατότητα επιλογής SMA σύνδεσης κεραίας.
- TinyOS υποστήριξη: mesh networking and communication implementation.
- Συμμορφώνεται με το FCC Part 15 και τους κανονισμούς Βιομηχανίας του Καναδά.



Σχήμα 6: Μπροστινό μέρος των Tmote Sky



Σχήμα 7: Πίσω μέρος των Tmote Sky

5.2.2 Το λειτουργικό σύστημα των Tmote Sky (Boomerang)

Το λειτουργικό σύστημα το οποίο εκτελούν οι Tmote Sky ονομάζεται Boomerang^[13]. Πρόκειται για μια ειδική έκδοση του λειτουργικού συστήματος TinyOS^[14], κατάλληλα τροποποιημένη για τις απαιτήσεις και τις ανάγκες των συσκευών της εταιρείας Motein, όπως είναι τα: Tmote Sky και Tmote Invent. Το Boomerang περιέχει αρκετές βιβλιοθήκες ικανές να οικοδομήσουν σταθερές, χαμηλής κατανάλωσης εφαρμογές ασύρματων αισθητήρων. Συνδυάζει τις καινοτόμες τεχνολογίες του open-source λογισμικού με ένα σταθερό και αξιόπιστο σύστημα, καθιστώντας το ικανό να δημιουργήσει αποτελεσματικές ασύρματες λύσεις.

Τα βασικά χαρακτηριστικά τους είναι:

- Αξιόπιστη, χαμηλής κατανάλωσης, δικτύωση πλέγματος.
- Εκτενείς βιβλιοθήκες αισθητήρων.
- Πλήρεις παραδείγματα εφαρμογών και server-side εργαλεία.
- Πλήρη συμβατότητα με υπάρχουσες εφαρμογές του TinyOS 1.x.
- Ενσωματώνει τα κύρια χαρακτηριστικά του TinyOS 2.x
- Ικανότητα συνύπαρξης με οποιαδήποτε υπάρχουσα εγκατάσταση TinyOS.

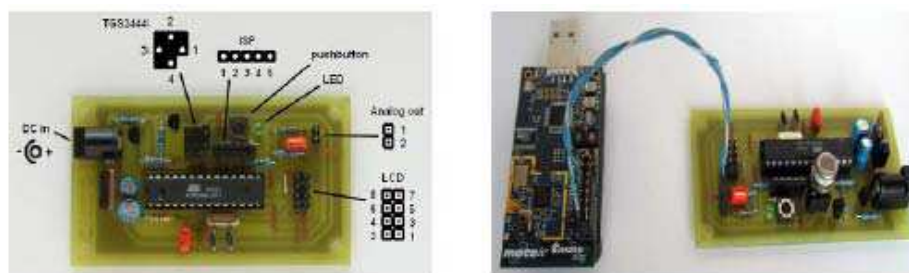
- Οι open-source βιβλιοθήκες επιτρέπουν την τροποποίηση κατ' επιλογή του χρήστη.
- Ιδανικό για χρήση στους Moteiv Tmote Sky και Tmote Invent αισθητήρες.

5.3 Περιγραφή αισθητήριων οργάνων

Όπως περιγράψαμε παραπάνω το σύστημά μας θα πρέπει να ανταποκρίνεται στις ανάγκες της ζωικής παραγωγής ακριβείας. Για αυτό τον λόγο χρειάζεται να παρέχει πολλές και λεπτομερείς περιβαλλοντικές μετρήσεις. Για να μπορεί το σύστημα μας να πάρει αυτές τις επιπλέον μετρήσεις, χρησιμοποιήσαμε τα παρακάτω αισθητήρια όργανα, τα οποία και προσαρμόσαμε στις πλατφόρμες αισθητήρων tmote Sky.

5.3.1 Αισθητήρας μέτρησης αμμωνίας

Για την μέτρηση του επιπέδου αμμωνίας στον αέρα χρησιμοποιήσαμε ένα αισθητήριο όργανο το οποίο αναπτύχθηκε από το εργαστήριο Εργαστήριο Ασύρματων Συστημάτων Αισθητήρων του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.^[16] Το κύριο στοιχείο της συσκευής είναι το TGS-2444 της εταιρείας Figaro Ltd. Το συγκεκριμένο αισθητήριο έχει πολύ χαμηλή κατανάλωση ενέργειας και παρουσιάζει μεγάλη ευαισθησία ακόμα και σε περιπτώσεις χαμηλής συγκέντρωσης αμμωνίας στον αέρα.



Σχήμα 10: Το μπροστινό μέρος του αισθητήριου οργάνου μέτρηση αμμωνίας και η διασύνδεση του με το tmote Sky .

(εικόνα από <http://wssl.inf.uth.gr>)

5.3.2 Αισθητήρας μέτρησης του ανέμου

Για να μέτρηση του ανέμου χρησιμοποιήσαμε ένα ανεμόμετρο της εταιρείας Davis (model 7911). Το συγκεκριμένο ανεμόμετρο έχει την δυνατότητα να παρέχει πληροφορίες σχετικές με την ταχύτητα και την κατεύθυνση του ανέμου.



Σχήμα 11: Το ανεμόμετρο.

(εικόνα από <http://www.davisnet.com/productpics/big/07911.jpg>)

6 *Αρχιτεκτονική του συστήματος.*

6.1 Περιγραφή της αρχιτεκτονικής

Σε προηγούμενη εργασία έχει αναπτυχθεί ένα σύστημα παρακολούθησης περιβάλλοντος. Παρατηρώντας τα συμπεράσματα και τα διαγράμματα της προηγούμενης δουλειάς, και κάνοντας χρήση αυτού του συστήματος, η αρχιτεκτονική του έχει την παρακάτω μορφή:



Σχήμα 18: Η αρχιτεκτονική του συστήματος.

Το σύστημα μας θα αποτελείται δηλαδή από:

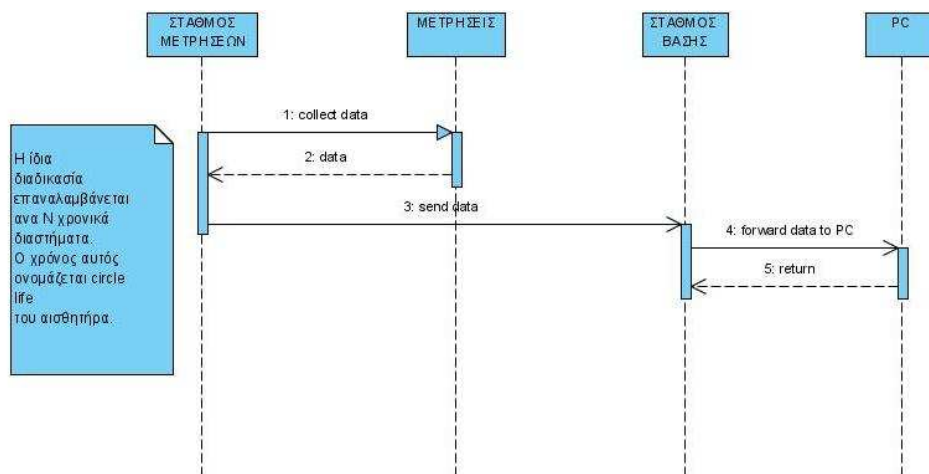
- Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων
- Το σύστημα καταγραφής των δεδομένων
- Την βάση δεδομένων
- Τον εξυπηρετητή ιστού
- Την διαδικτυακή διεπαφή

Τα δύο τελευταία συστατικά δεν τα χρησιμοποιήσαμε στην εφαρμογή του συστήματος στα πλαίσια της εργασίας αυτής, λόγω απουσίας της απαραίτητης υλικοτεχνικής υποδομής του χώρου που μας φιλοξένησε. Λεπτομερή περιγραφή όμως των επιμέρους συστατικών του συστήματός μας γίνεται στις επόμενες ενότητες.

6.2 Περιγραφή των επιμέρους μερών.

6.2.1 Ασύρματο δίκτυο αισθητήρων

Το ασύρματο δίκτυο αισθητήρων αποτελεί ουσιαστικά το βασικό μέρος του συστήματος, αφού είναι υπεύθυνο για την συλλογή των μετρήσεων από το περιβάλλον. Η διαδικασία λήψης των δεδομένων από το δίκτυο αισθητήρων ακολουθεί την ακολουθία που περιγράφεται στο παρακάτω διάγραμμα ακολουθίας λήψης των μετρήσεων:

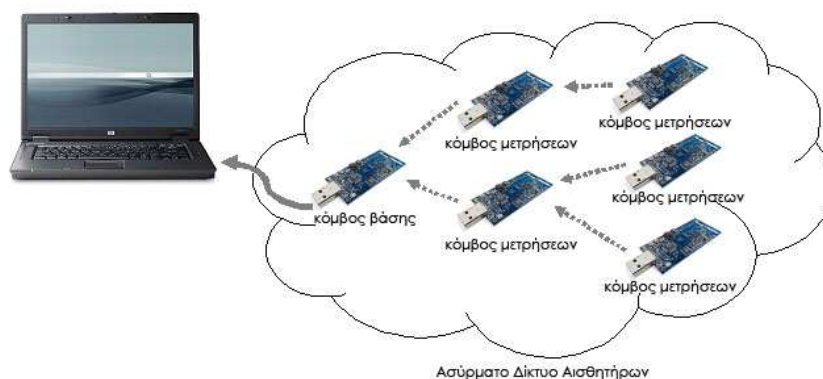


Σχήμα : Διάγραμμα ακολουθίας – Λήψη Μετρήσεων

Από το διάγραμμα ακολουθίας γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι η διαδικασία συλλογής των μετρήσεων αποτελείται από δύο στάδια,

- A. την λήψη των μετρήσεων
- B. την αποστολή-προώθηση τους στο σύστημα καταγραφής.

Τα δύο αυτά στάδια αντιστοιχούν σε δύο διαφορετικά μέρη του ασύρματου δικτύου αισθητήρων, τους **σταθμούς μετρήσεων** και τον **σταθμό βάσης**



Σχήμα : Ο κόμβος βάσης και οι κόμβοι μετρήσεων ενός ασύρματου δικτύου αισθητήρων.

6.2.1.1 Σταθμοί Μετρήσεων

Οι σταθμοί μετρήσεων είναι αισθητήρες, οι οποίοι αναλαμβάνουν να εκτελέσουν τις μετρήσεις. Βρίσκονται διασκορπισμένοι στον, προς μέτρηση, περιβάλλοντα χώρο. Σχεδόν όλοι δεν έχουν κάποια συνεχόμενη παροχή ενέργειας, αλλά χρησιμοποιούν μια ανεξάρτητη πηγή (μπαταρία). Εξαιρείται ένας αισθητήρας μέτρησης της αμμωνίας ο οποίος έχει συνεχόμενη παροχή. Ακόμα κάποιοι έχουν την δυνατότητα και χρησιμοποιούν διάφορα αισθητήρια όργανα τα οποία δίνουν την δυνατότητα μέτρησης ειδικών χαρακτηριστικών του περιβάλλοντος.

6.2.1.2 Σταθμός Βάσης

Αρμοδιότητα του είναι η λήψη των δεδομένων από τους σταθμούς μετρήσεων και η προώθησή τους στο σύστημα καταγραφής. Αποτελεί ένα κομβικό σημείο του ασύρματου δικτύου αισθητήρων και για αυτό το λόγο είναι αισθητήρας με ειδικά χαρακτηριστικά. Στην περίπτωση μας χρησιμοποιείται ένας αισθητήρας μεγάλης αντοχής, ο οποίος έχει συνεχή τροφοδοσία ενέργειας και κεραία μεγαλύτερης εμβέλειας από αυτή των απλών αισθητήρων. Έτσι είναι δυνατή η συνεχής και αποτελεσματική λειτουργία του, αλλά και η συνεχής δυνατότητα επικοινωνίας με τους

σταθμούς βάσης. Τέλος διαθέτει μια σύνδεση με το σύστημα καταγραφής, μέσω μιας USB η οποία εξασφαλίζει την προώθηση των δεδομένων.

6.2.2 Σημείο καταγραφής των δεδομένων

Το συγκεκριμένο σημείο του συστήματος αποτελείται από έναν υπολογιστή και μια εφαρμογή η οποία εκτελείται σε αυτόν.

Ο υπολογιστής διαθέτει απευθείας σύνδεση με τον σταθμό βάσης του ασύρματου δικτύου αισθητήρων, καθώς και με την βάση δεδομένων.

Η εφαρμογή αναλαμβάνει:

1. Να λάβει τα δεδομένα από τον σταθμό βάσης
2. Να λάβει τις οδηγίες από τον χρήστη-διαχειριστή σχετικά με την επεξεργασία των δεδομένων
3. Να τα επεξεργαστεί
4. Να προωθήσει τα δεδομένα στην βάση δεδομένων, σύμφωνα με τις παραπάνω οδηγίες του χρήστη.
5. Να τα εμφανίσει στην οθόνη του υπολογιστή. (τοπικά)

6.2.3 Η βάση δεδομένων

Ένα ακόμα σημαντικό στοιχείο του συστήματος είναι η βάση δεδομένων.

Μερικές από τις σημαντικότερες λειτουργίες τις οποίες αναλαμβάνει είναι:

1. Να λάβει τα δεδομένα από την εφαρμογή
2. Να αποθηκεύσει τα δεδομένα
3. Να τα ανακτήσει η διαδικτυακή διεπαφή, με την χρήση των κατάλληλων ερωτημάτων προς την βάση.
4. Να τα εξάγει σε μορφή κατάλληλη για περαιτέρω επεξεργασία.

7

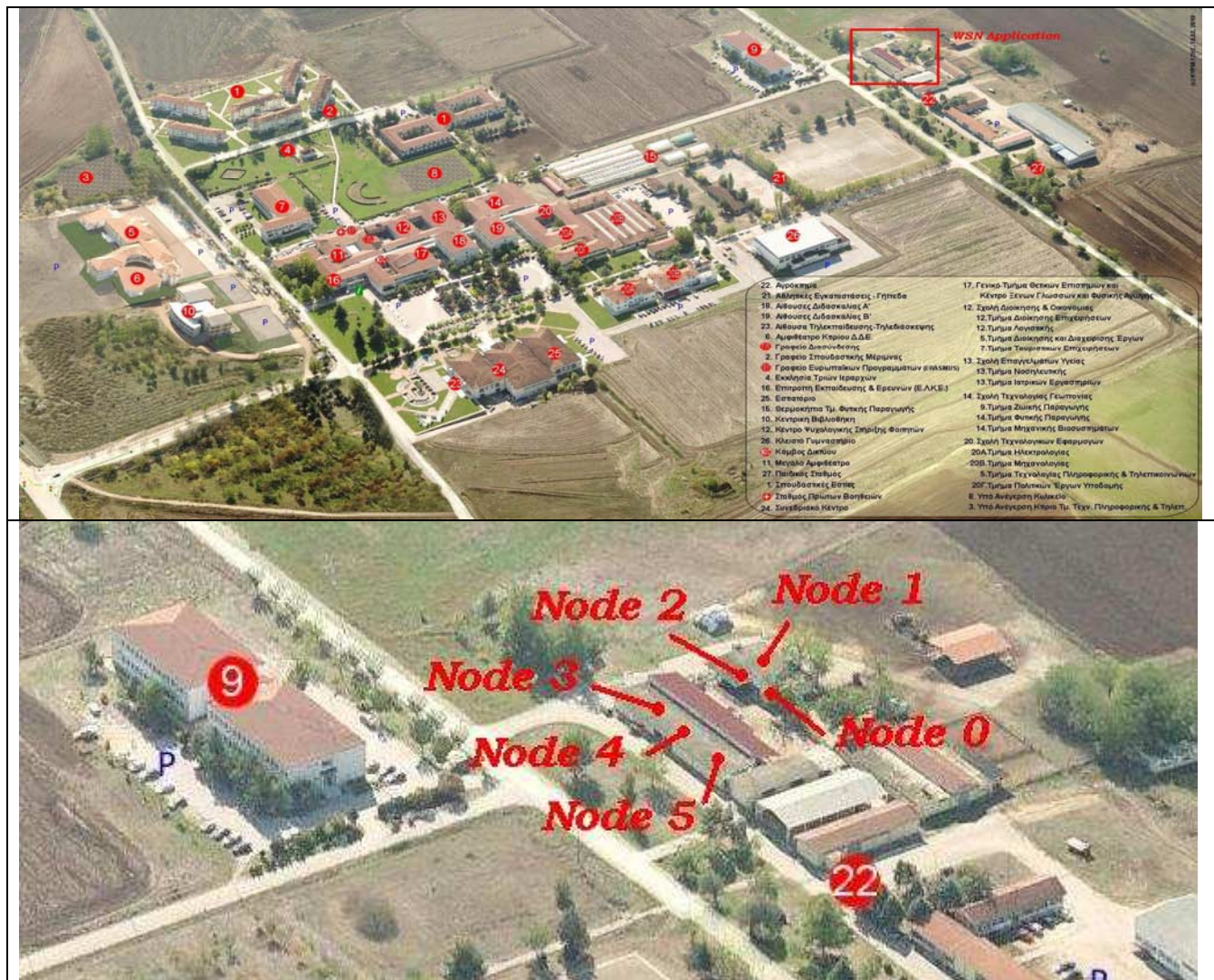
Περίπτωση χρήσης του συστήματος

Στην συγκεκριμένη ενότητα θα περιγράψουμε την εφαρμογή του συστήματος μας για την διαχείριση μιας φάρμας.

7.1 Περιγραφή του χώρου.

Ο χώρος που χρησιμοποιήθηκε βρίσκεται στο αγρόκτημα του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Λάρισας και πιο συγκεκριμένα στους χώρους της φάρμας του τμήματος Ζωικής Παραγωγής. Οι αισθητήρες μπήκαν στον χώρο όπου σταβλίζονται τα ζώα, τόσο σε εσωτερικούς όσο και σε εξωτερικούς χώρους. Λόγω της έλλειψης της υλικοτεχνικής υποδομής διεξαγάμε την έρευνα σε ένα σχετικά περιφραγμένο χώρο και δεν προχωρήσαμε στην λογική της παρακολούθησης ελεύθερας βοσκής.

Οι διαστάσεις του είναι: 44 μέτρα μήκος & 40 μέτρα πλάτος.



Ενιαία έκταση ΤΕΙ Λάρισας και η φάρμα που πραγματοποιήθηκε η εργασία

7.2 Περιγραφή των αισθητήρων

Για την παρατήρηση των συνθηκών στο εσωτερικό του στάβλου χρησιμοποιήσαμε 6 αισθητήρες τύπου tnode Sky. Προγραμματίσαμε τους συγκεκριμένους αισθητήρες να συλλέγουν πληροφορίες σχετικά με την θερμοκρασία, την υγρασία του αέρα, την περιεκτικότητα του αέρα σε NH_4 , την ταχύτητα και κατεύθυνση του ανέμου καθώς επίσης και το ποσοστό της ηχορύπανσης στο αρμεκτήριο. Η συλλογή των μετρήσεων πραγματοποιούνταν κάθε 15 λεπτά.

7.2.1 Προετοιμασία αισθητήρων

Το Cygwin^[11] είναι το εργαλείο που χρησιμοποιείτε για να γίνει το compile και ο προγραμματισμός των Tmote. Αρχικά ανοίγουμε το κεντρικό shell του Cygwin. Αυτό ανοίγει στον φάκελο `/opt/moteiv`. Πηγαίνουμε στον φάκελο στον οποίο υπάρχει η εφαρμογή η οποία θέλουμε να κάνουμε compile. Στον φάκελο αυτό θα υπάρχουν τα απαραίτητα nesC αρχεία της εφαρμογής. Τα αρχεία αυτά τα κάνουμε compile εκτελώντας την εντολή ***make tmote***. Μέσω αυτής της εντολής δίνουμε εντολή στο μεταφραστή, η εκτελέσιμη εφαρμογή που θα δημιουργηθεί να είναι συμβατή με τις συσκευές tmote.

Για την φόρτωση της εφαρμογής μας στους αισθητήρες, συνδέουμε μέσω USB τον κόμβο στον υπολογιστή και εκτελώντας την εντολή *motelist* βλέπουμε σε ποιο COM είναι συνδεδεμένο. Στην συγκεκριμένη περίπτωση είναι στη θύρα COM5.

```
$ motelist
SerialNum  PortName      Description
-----
14AEMA0D   COM5          tmote sky
```

Στη συνέχεια οδηγούμαστε μέσω του Cygwin στον φάκελο με την εφαρμογή και εκτελώντας την εντολή

make tmote install, #.

Κάνουμε compile την εφαρμογή και την εγκαθιστούμε στον κόμβο. Η συγκεκριμένη εντολή θέτει και ένα διαφορετικό id σε κάθε κόμβο. Το συγκεκριμένο id, ονομάζεται *node_id* και είναι αυτό που θα μας βοηθήσει να ξεχωρίζουμε τους κόμβους μεταξύ τους, αλλά και να καθορίζουμε από ποιόν κόμβο προέρχονται κάθε φορά οι μετρήσεις που λαμβάνουμε. Η τιμή του id ορίζεται από εμάς κάθε φορά, και είναι η τιμή η οποία θα τοποθετηθεί στην παράμετρο (#) της παραπάνω εντολής.

```

leon@acem-9151e9574b: /opt/moteiv/apps/TOSBase
$ make tmote install
mkdir -p build/tmote
ncc -o build/tmote/main.exe -O -Wall -Wshadow -DDEF_TOS_ARM_GROUP=0x7d -Wnesc-all
target=tmote -fnesc -cfile=build/tmote/app.c -board= -DTOSH_MAX_TASKS_LOG2=8 -D
TOSH_BSL_LIBMATH=TOSH_MAX_BSL_LIBMATH -I/opt/moteiv/tos/platform/tmote -I/opt/mo
teiv/tos/platform/tmote/util/uartdetect -I/opt/moteiv/tos/platform/mcp430/adc -I
/opt/moteiv/tos/platform/mcp430/dac -I/opt/moteiv/tos/platform/mcp430/dma -I/opt
/moteiv/tos/platform/mcp430/resource -I/opt/moteiv/tos/platform/mcp430/timer -I
/opt/moteiv/tos/platform/mcp430 -I/opt/moteiv/tos/lib/util/pool -I/opt/moteiv/tos
/lib/util/button -I/opt/moteiv/tos/lib/util/null -I/opt/moteiv/tos/lib/util -I/o
pt/moteiv/tos/lib/timer -I/opt/moteiv/tos/lib/resource -I/opt/moteiv/tos/lib/sche
d -I/opt/moteiv/tos/lib/Deluge -I/opt/moteiv/tos/lib/Flash/SIM25P -I/opt/moteiv
/tos/lib/Flash -I/opt/moteiv/tos/lib/Sysram -I/opt/moteiv/tos/interfaces -I/opt/a
moteiv/tos/lib/CC2420Radio -I/opt/moteiv/tos/system -I/opt/moteiv/tyinos-1.x/tos/
lib/CC2420Radio -I/opt/moteiv/tyinos-1.x/tos/lib/Drip -fnesc-scheduler=TinySched
ulerC.TinySchedulerC.TaskBasic.TaskBasic.runTask.postTask -Wl,-sectio
n-start,-text=0x4800,-defsym=reset_vector=0x4800 -DLIB_DELUGE -DDELUGE_NUM_I
MAGES=6 -mdisable-hwul -IzI/lib/Deluge -Wl,-section-start=-text=0x4800,-defsym
reset_vector=0x4800 -DIDENT_PROGRAM_NAME="TOSBase" -DIDENT_USER_ID="leon
" -DIDENT_HOSTNAME="acem-9151e9574b" -DIDENT_USER_HASH=0x2d15c827L -DIDENT_UN
IX_TIME=0x46f7f204L -DIDENT_UID_HASH=0x61d6f241L TOSBase.nc -ln
/opt/moteiv/tos/lib/CC2420Radio/RadioCRCPacket.nc:49:2: warning: #warning Using
old communication interfaces; recommend switch to SP
/opt/moteiv/tos/lib/CC2420Radio/TranslateBaseSendMsgC.nc:29:2: warning: #warning
Using old communication interfaces; recommend switch to SP
compiled TOSBase to build/tmote/main.exe
14148 bytes in ROM
3892 bytes in RAM
mcp430-objcopy --output-target=ihex build/tmote/main.exe build/tmote/main.ihex
writing TOS image
cp build/tmote/main.ihex build/tmote/main.ihex.out
installing tmote bootloader with application using bsl
tmote-bsl -c auto -e -p C:/cygwin/opt/moteiv/tos/lib/Deluge/TOSBoot/build/tmote/
main.ihex -p build/tmote/main.ihex.out -r --telosh
Using mote M48EH00D on port COM5.
Mass erase.
Program image C:/cygwin/opt/moteiv/tos/lib/Deluge/TOSBoot/build/tmote/main.ihex,
1774 bytes.
Invoking BSL.
BSL version 1.61, MCU device id f16c.
Changing to 38400 baud.
Program.
Programmed 1774 bytes.
Program image build/tmote/main.ihex.out, 14148 bytes.
Program.
Programmed 14180 bytes.
Reset
rm -f build/tmote/main.exe.out build/tmote/main.ihex.out

```

Σχήμα : Η εντολή **make tmote install,#**

Τα node_id που χρησιμοποιούνται συνήθως για του αισθητήρες είναι:

- 0 , για τον σταθμό βάσης
- < 0 , για τους σταθμούς μετρήσεων

7.2.2 Τοποθέτηση των αισθητήρων

Η τοποθέτηση των αισθητήρων στον χώρο του στάβλου έγινε σύμφωνα με τις οδηγίες των υπεύθυνων γεωπόνων και με βάση τις ανάγκες παρακολούθησης των μεγεθών μας. Συγκεκριμένα

- **Node 0** : Είναι ο Σταθμός Βάσης. Βρίσκεται σε μια αποθήκη δίπλα στο αρμεκτήριο η οποία μας δίνει προστασία για την βάση μας και ταυτόχρονα άμεση επαφή με τους υπόλοιπους αισθητήρες. Είναι ο κόμβος ο οποίος αναλαμβάνει να λάβει τα δεδομένα από τους σταθμούς μετρήσεων (υπόλοιποι κόμβοι) και να τα προωθήσει στο PC που βρίσκεται ακριβώς δίπλα του, όπως φαίνεται και στην εικόνα. Το συγκεκριμένο PC αποτελεί το σημείο καταγραφής του συστήματος μας.
- **Node 1** : Είναι ο αισθητήρας στον οποίον έχουμε το μικρόφωνο και τον έχουμε τοποθετήσει στο αρμεκτήριο ώστε να παίρνουμε τις τιμές του θορύβου κατά την διάρκεια του αρμέγματος των αγελάδων.



Αριστερά ο χώρος του Node 1, δεξιά ο Σ.Β. και πιο κοντινό πλάνο του 0.

- **Node 2** : Σε αυτόν τον αισθητήρα έχουμε συνδέσει ενσύρματα το ανεμόμετρο μας και τον έχουμε τοποθετήσει στην οροφή του αρμεκτηρίου ώστε να μην έχει φυσικά εμπόδια. Επιλέξαμε αυτή τη θέση ώστε οι μετρήσεις μας να έχουν όσο το δυνατόν μικρότερο σφάλμα. Ο αισθητήρας βρισκόταν μέσα σε μια κατασκευή η οποία ήταν διάτρητη ώστε να παίρνουμε δείγματα της θερμοκρασίας του αέρα αλλά ταυτόχρονα και αδιάβροχη ώστε να μην επηρεαστούν τα κυκλώματα του σε περίπτωση βροχής (Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν χειμώνα).



Αριστερά το ανεμόμετρο και δεξιά πιο κοντινό ο Node 2 που συνδεόταν το όργανο της μέτρησης του αέρα.

- **Node 3** : Σε αυτόν τον κόμβο έχουμε βάλει την πλακέτα με την οποία λαμβάνουμε τις τιμές της αμμωνίας. Έχει τοποθετηθεί στον χώρο στον οποίο δραστηριοποιούνται μια ομάδα αγελάδων οι οποίες πρόσφατα έχουν μεταφερθεί στη φάρμα του ΤΕΙ. Είναι από την Δανία και παρουσιάζει μεγάλο ενδιαφέρον ο τρόπος με τον οποίο θα εγκλιματιστούν στο περιβάλλον και θα γίνουν πιο παραγωγικές.



Φωτογραφία με ανοιχτό και κλειστό το περίβλημα του Node 3 που τοποθετήθηκε στο χώρο με τις αγελάδες από την Δανία.

- **Node 4** και **Node 5** : Είναι οι πιο απλές περιπτώσεις αισθητήρων και τους έχουμε βάλει στο μέρος όπου τρώνε οι υπόλοιπες μονάδες. Η μέτρηση που περιμένουμε από αυτούς είναι θερμοκρασία και υγρασία.



Οι κόμβοι 4 και 5 που τοποθετήθηκαν σε έναν άλλο χώρο.

7.3 Περιγραφή του σημείου καταγραφής

7.3.1 Μετασχηματισμοί των δεδομένων

Αρχικά οι μετρήσεις που λαμβάνουμε από τους είναι αισθητήρες είναι σε μη-σταθμισμένη μορφή. Για να μπορέσουμε να παρουσιάσουμε τις κανονικοποιημένες τιμές των μετρήσεων στον χρήστη, θα πρέπει να γίνουν διάφορες μαθηματικές μετατροπές σε αυτές. Οι συναρτήσεις που εκτελούν αυτές τις μαθηματικές μετατροπές βρίσκονται υλοποιημένες στο προγράμματος GUI. Συνοπτικά για κάθε τύπο αισθητήρα έχουμε τις εξείς μετατροπές.

Για τους απλούς αισθητήρες:

Channel 0 -> ΥΓΡΑΣΙΑ

- $temp = -4 + 0.0405 * value + (-2.8 * 10^{-6}) * (value^2)$
- $humidity_true = (Temperature - 25) * (0.01 + 0.00008 * value) + temp$

Η τιμή της υγρασίας βγαίνει σε συνάρτηση με την θερμοκρασία του αέρα εκείνη την στιγμή. Στην 1^η συνάρτηση το value είναι η τιμή που έχουμε πάρει και θέλουμε να μετατρέψουμε. Και μετά χρησιμοποιούμε το αποτέλεσμα στην 2^η συνάρτηση όπου το temp είναι το αποτέλεσμα της 1^{ης}, το value είναι πάλι η αρχική τιμή που πήραμε από τον αισθητήρα, και Temperature είναι η τιμή της θερμοκρασίας, σε βαθμούς Κελσίου.

Channel 1 -> ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

- $Temperature = -39.60 + 0.01 * value$

value είναι η τιμή προς μετατροπή.

Channel 2 -> TSR

- $0.625 * 1e6 * (Vint / 100.000) * 1000$

Vint είναι η τάση όπως ορίζεται παρακάτω
1e6 είναι η τιμή που πήραμε

Channel 3 -> PAR

$$\bullet \quad 0.769 * 1e5 * (V_{int} / 100.000) * 1000$$

V_{int} είναι η τάση όπως ορίζεται παρακάτω

$1e5$ είναι η τιμή που πήραμε

Channel 4 -> ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

$$\bullet \quad T_{int} = (value - 0.986) / 0.00355$$

value είναι η τιμή προς μετατροπή.

Channel 5 -> ΤΑΣΗ

$$V_{int} = (value/4096 * V_{ref}) * 2 , \text{ όπου } V_{ref} = 1.5V$$

value είναι η τιμή προς μετατροπή.

Για την αμμωνία

Ο αισθητήρας της αμμωνίας ως προς τα βασικά του χαρακτηριστικά είναι ίδιος με τους παραπάνω αισθητήρες. Όμως η ύπαρξη της πλακέτας που μετρά την ποσότητα της αμμωνίας μας δίνει τις τιμές της στο κανάλι 2 όπου κανονικά θα παίρναμε το TSR.

Η συνάρτηση μετατροπής είναι:

$$(((4096-F2)^3)/(4096*2,5))/((-1*10^{-5}*E2^3)+(0,001449*(E2^2))-(0,075488*E2)+1,942143)$$

Όπου $F2$ είναι η τιμή που πήραμε για την αμμωνία και $E2$ είναι η τιμή της θερμοκρασίας, αλλαγμένη με τον παραπάνω τύπο.

Για το ανεμόμετρο

Είναι τα ίδια με τους απλούς αισθητήρες. Όπως και στην περίπτωση της αμμωνίας αλλάζει μόνο το Channel 2 -> TSR, το οποίο έχει τις τιμές της κατεύθυνσης και το Channel 3 -> PAR, το οποίο έχει τις τιμές της ταχύτητας του ανέμου

Για την κατεύθυνση έχουμε την εξής μετατροπή:

$$direction = (int)((float)adc*356.0/4096+0.5), \text{ όπου } abc \text{ είναι η τιμή που παίρνουμε από τον αισθητήρα}$$

Για την ταχύτητα είναι:

$gust = (int)((float)counter * 1.81 + 0.5)$,όπου counter είναι η τιμή που παίρνουμε από τον αισθητήρα

Για τον ήχο

Channel 0 -> IR (κίνηση)

Δουλεύει μόνο σαν ON-OFF όταν ανιχνεύει κίνηση δίνει τιμή 3000 , διαφορετικά πέφτει σταδιακά μέχρι να σταθεροποιηθεί στο 0.

Channel 1 -> Φως (Οι μετρήσεις είναι άχρηστες γιατί ήταν μέσα στο κουτί)

Channel 2 -> Ήχος

Channel 3 -> Περιβάλλουσα ήχου

Channel 4 -> Εσωτερική Θερμοκρασία

$$T_{int} = (value - 0.986) / 0.00355$$

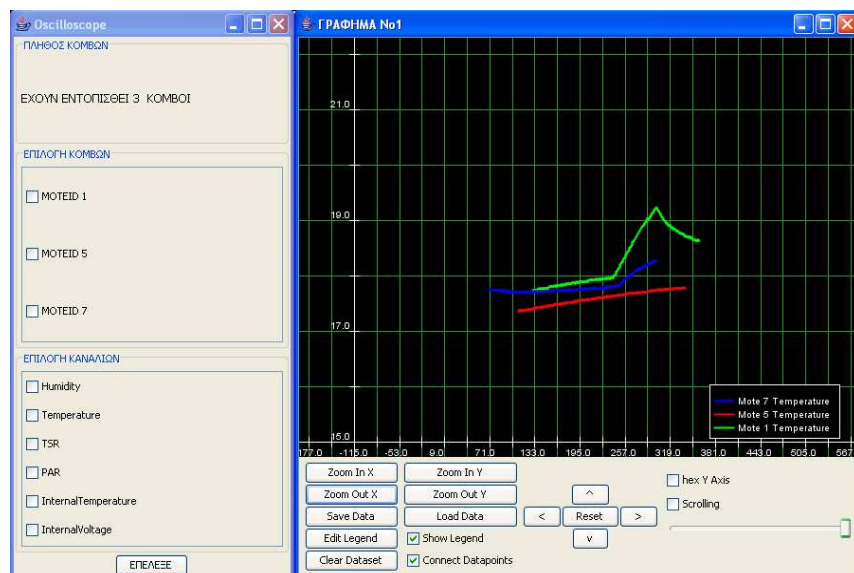
value είναι η τιμή προς μετατροπή.

Channel 5 -> Τάση

$$V_{int} = (value/4096 * V_{ref}) * 2 , \text{ όπου } V_{ref} = 1.5V$$

7.3.2 Παράθυρο-διεπαφής του σημείου καταγραφής

Στο σημείο καταγραφής βρίσκεται ο χρήστης-διαχειριστής, ο οποίος αρχικά καλείται να επιλέξει ποιους κόμβους και ποιες μετρήσεις αυτών επιθυμεί να απεικονίσει τοπικά. Αυτή η διαδικασία γίνεται μέσω του ακόλουθου παράθυρου-διεπαφής.



Σχήμα : Παράθυρο επικοινωνίας του χρήστη με το σημείο καταγραφής.

Από το συγκεκριμένο παράθυρο ο χρήστης έχει την δυνατότητα να αποφασίσει την αποθήκευση των δεδομένων στην βάση δεδομένων του συστήματος.

7.4 Περιγραφή της βάσης δεδομένων

Τα δεδομένα αποθηκεύονται σε έναν πίνακα στην βάση δεδομένων. Το “σχήμα” στο οποίο γίνεται η αποθήκευση στη βάση έχει την παρακάτω μορφή:

result_time	node_id	packet_id	temperature	TSR	PAR	humidity	moisture	int_voltage	Int_temper
-------------	---------	-----------	-------------	-----	-----	----------	----------	-------------	------------

Σχήμα : Δομή της Βάσης Δεδομένων

Όπου στο πεδίο:

- **result_time** αποθηκεύεται η χρονική στιγμή, την οποία γίνεται η αποθήκευση των μετρήσεων της συγκεκριμένης εγγραφής.
- **node_id** αποθηκεύεται το id του κόμβου από τον οποίο προέρχονται οι μετρήσεις της συγκεκριμένης εγγραφής.
- **packet_id** αποθηκεύεται το id του πακέτου με το οποίο στάλθηκαν οι μετρήσεις της εγγραφής.
- **temperature** αποθηκεύεται η μέτρηση της θερμοκρασίας
- **TSR** αποθηκεύεται η μέτρηση της συνολικής ηλιακής ακτινοβολίας.

- **PAR** αποθηκεύεται η μέτρηση της ενεργής φωτοσυνθετικής ακτινοβολίας.
- **humidity** αποθηκεύεται η μέτρηση της υγρασίας της ατμόσφαιρας.
- **moisture** αποθηκεύεται η μέτρηση της υγρασίας εδάφους.
- **int_voltage** αποθηκεύεται η μέτρηση της εσωτερικής τάσης.
- **int_temper** αποθηκεύεται η μέτρηση της εσωτερικής θερμοκρασίας.

Σαν πρωτεύων κλειδί του “σχήματος” χρησιμοποιούμε τον συνδυασμό των πεδίων **result_time & nodeid & packetid**. Οι ιδιότητες των υπόλοιπων πεδίων φαίνονται στο παρακάτω σχήμα.

Field	Type	Collation	Attributes	Null	Default
<u>result_time</u>	timestamp			No	CURRENT_TIMESTAMP
<u>nodeid</u>	int(11)			No	0
<u>packetid</u>	double			No	0
temp	double			Yes	NULL
humidity	double			Yes	NULL
tsr	double			Yes	NULL
par	double			Yes	NULL
moisture	double			Yes	0
int_voltage	double			Yes	NULL
int_temp	double			Yes	0

Σχήμα : Ιδιότητες των πεδίων της Βάσης Δεδομένων

Για την μελέτη όμως και επεξεργασία των δεδομένων μπορούμε να εξάγουμε όλα τα δεδομένα σε λογιστικά φύλλα. Έτσι η όλη διαδικασία της επεξεργασίας έγινε σαφέστερα πιο γρήγορα.

8

Παράγοντες επηρεασμού του γάλακτος

Μεταξύ αγελάδων διαφόρων φυλών, καθώς και μεταξύ αγελάδων της ίδιας φυλής παρατηρούνται μικρές ή μεγάλες ποσοτικές και ποιοτικές διαφορές στο γάλα τους που εξαρτώνται από παράγοντες, που επηρεάζονται από την κληρονομικότητα και το περιβάλλον. Ο ακριβής προσδιορισμός του καθενός από τους παράγοντες αυτούς, στην εκδήλωση της παραλλακτικότητας της γαλακτοπαραγωγής είναι δύσκολος, γιατί είναι πολύπλοκος και αλληλεπιδρούν ο ένας στον άλλον.

8.1 Κληρονομική προδιάθεση

Η παραλλακτικότητα των αγελάδων, ως προς την ικανότητα παραγωγής γάλακτος είναι κατά ένα ποσοστό κληρονομικής φύσης. Η κληρονομική προδιάθεση δεν επηρεάζει μόνο την ποσότητα αλλά και την περιεκτικότητα του γάλακτος σε λίπος και στα άλλα συστατικά, καθώς και

σε άλλες ιδιότητες της γαλακτοπαραγωγής, όπως είναι η διάρκεια, η εμμονή κτλ.

Η διερεύνηση της κληρονομικότητας της γαλακτοπαραγωγής είναι πολύ δύσκολη, γιατί η έκκριση του γάλακτος εξαρτάται από πολλές φυσιολογικές λειτουργίες, που η κάθε μια μπορεί να έχει τη δική της κληρονομική βάση. Έτσι για να υπάρχει μεγάλη γαλακτοπαραγωγή είναι απαραίτητη η κανονική ανάπτυξη και λειτουργία των μαστών, των διαφόρων ενδοκρινών αδένων, η παραγωγή των ορμονών σε κανονικές ποσότητες και σε σωστή μεταξύ τους σχέση, καθώς και η ικανότητα για καλή εκμετάλλευση των τροφών.

Φυσικά για να αποδώσουν οι καλές κληρονομικές καταβολές, χρειάζονται οι κατάλληλες συνθήκες διατήρησης και διατροφής της αγελάδας. Επειδή αυτές οι συνθήκες συνήθως δεν είναι καλές, οι αποδόσεις σε γάλα δεν είναι σύμφωνες με τις παραγωγικές ικανότητες των ζώων.

Από την άλλη πλευρά, οι αγελάδες με μικρό κληρονομικό δυναμικό, όπως οι ντόπιες φυλές, δεν μπορούν να δώσουν πολύ γάλα, όσο και να βελτιωθούν οι συνθήκες του περιβάλλοντος.

Από τα παραπάνω βγαίνουν ορισμένα οικονομικά συμπεράσματα, που είναι χρήσιμα για τους αγελαδοτρόφους. Έτσι δεν θα αποδώσει οικονομικά η προμήθεια αγελάδων μεγάλης γαλακτοπαραγωγικής ικανότητας, που έχουν ψηλό κόστος αγοράς, εάν δεν τους εξασφαλίσουν οι απαραίτητες συνθήκες εκτροφής. Το ίδιο αποτέλεσμα θα έχουν και οι αγελάδες χαμηλού δυναμικού, στις οποίες παρέχονται μεγάλες ποσότητες ζωοτροφών, που δεν μπορούν να τις αξιοποιήσουν πλήρως.

Οι γονοτυπικές διαφορές, που συμβάλλουν στη διαφορετική γαλακτοπαραγωγή μεταξύ αγελάδων της ίδιας φυλής, ηλικίας, διατροφής και διατήρησης δεν είναι γνωστές. Ενδείξεις για τις κληρονομικές τάσεις της γαλακτοπαραγωγής, όπως και άλλων ιδιοτήτων, δίνονται από το συντελεστή κληρονομικότητας (h^2), που υπολογίζεται με βιομετρικές μεθόδους, από το κλάσμα της γενετικής διακύμανσης, προς την ολική διακύμανση των προς μελέτη ιδιοτήτων. Ο συντελεστής κληρονομικότητας της γαλακτοπαραγωγής κυμαίνεται από 0,20 μέχρι 0,30 και από αυτό συμπεραίνεται ότι η γενετική βελτίωση της ιδιότητας αυτής είναι δύσκολη με τη χρήση απλών μεθόδων επιλογής.

8.2 Φυλή

Μεταξύ των φυλών υπάρχουν μεγάλες διαφορές στην ποσότητα και την ποιότητα του γάλακτος που παράγουν. Οι βελτιωμένες φυλές, που εκτρέφονται στις πεδινές περιοχές έχουν μεγαλύτερη γαλακτοπαραγωγή με μικρότερο ποσοστό λίπους και υπόλοιπου ξερού υπολείμματος. Το αντίθετο συμβαίνει με τις ημιβελτιωμένες ή αβελτίωτες φυλές. Εξαιρεση αποτελούν μερικές πεδινές φυλές γαλακτοπαραγωγικής κατεύθυνσης, όπως η Jersey

και η Guernsey που παρά το ότι έχουν σχετικά καλές αποδόσεις γάλακτος παρουσιάζουν μεγάλη λιποπεριεκτικότητα. Εκτός από αυτό, το γάλα τους έχει λιποσφαίρια μεγάλης διαμέτρου, με έντονο κίτρινο χρώμα λόγω άφθονης παρουσίας καροτινίων.

8.3 Μη γενετικοί παράγοντες

Ορισμένοι από τους παράγοντες, οι οποίοι επιδρούν στην ποσοτική και ποιοτική γαλακτοπαραγωγή, εξαρτώνται κατά κύριο λόγο από τον τρόπο διατήρησης και εκτροφής των ζώων. Η λεπτομερής μελέτη τους έχει μεγάλη σημασία από πρακτική άποψη. Μερικοί από τους μη γενετικούς παράγοντες είναι το στάδιο της γαλακτικής περιόδου, η ηλικία, η διατροφή και η μεταχείριση, η εποχή τοκετού, ο χρόνος μεταξύ τοκετών, η διάρκεια της ξηράς περιόδου κτλ.

Για παράδειγμα, η επίδραση της εποχής που γίνεται ο τοκετός στην παραγωγή γάλακτος είναι μεγαλύτερη, όταν οι αγελάδες είναι σταβλισμένες το χειμώνα και τους χορηγούνται ξερές τροφές και την άνοιξη-καλοκαίρι βρίσκονται στη βοσκή.

Οι αγελάδες, που γεννάνε το φθινόπωρο ή νωρίς το χειμώνα, επωφελούνται καλύτερα τη βοσκή της άνοιξης, που είναι πλούσια σε πρωτεΐνες και ενέργεια και φτωχή σε κυτταρίνες, ενώ αυτές που γεννάνε την άνοιξη, μπαίνουν στην ξηρά περίοδο, πριν τη βλάστηση του επόμενου χρόνου.

Το χαμηλότερο ποσοστό λίπους παρατηρείται την άνοιξη και το καλοκαίρι και οφείλεται στις μεγάλες ποσότητες χλωρού χόρτου, που τρώνε οι αγελάδες την περίοδο αυτή.

Οι ακραίες θερμοκρασίες μειώνουν την ποσότητα του γάλακτος. Πάνω από 30ο C ελαττώνεται η όρεξη και η κατανάλωση τροφής, οπότε μειώνεται η ποσότητα του γάλακτος, του λίπους και του ξερού υπολείμματος χωρίς λίπος. Αντίθετα οι χαμηλές θερμοκρασίες προκαλούν την αύξηση του λίπους και του ξηρού υπολείμματος.

8.3.1 Η επίδραση των κλιματικών παραγόντων στα βοοειδή

8.3.1.1 Θερμοκρασία

Τα εκτρεφόμενα σήμερα στη χώρα μας βοοειδή ανήκουν σε δυο είδη της υποοικογένειας *Bovinae*: το είδος *Bos taurus* και το είδος *Bubalus bubalis*. Από αυτά το πρώτο είδος παρουσιάζει μεγαλύτερο οικονομικό

ενδιαφέρον γι' αυτό και έχει διαδοθεί στις περισσότερες περιοχές τις γης. Τα ζώα του είδους *B. taurus*, ανάλογα με την ηλικία και το φύλο τους ονομάζονται ως εξής:

Τα αρσενικά μέχρι την ηλικία των 14 μηνών ονομάζονται *μόσχοι*, από την ηλικία των 14-24 μηνών *ταυρίδια*, ή «*δαμάλια*» και μετάλλων τους 24 μήνες *ταύροι*. Τα αρσενικά που έχουν υποστεί εκτομή ονομάζονται *βόες* ή «*βόδια*».

Τα θηλυκά μέχρι 14 μηνών ονομάζονται *μοσχίδες*, από τους 14-24 μήνες *μοσχίδες* ή «*δαμαλίδες*» και σε περίπτωση που έχουν γονιμοποιηθεί *έγκυες μοσχίδες*. Μετά τον πρώτο τοκετό ονομάζονται *αγελάδες*.

Η κρίσιμη θερμοκρασία για τα βοοειδή είναι πολύ χαμηλή σε σχέση με τους χοίρους και τις όρνιθες. Έτσι στη χώρα μας δεν έχουμε πρόβλημα από τις χαμηλές θερμοκρασίες του χειμώνα. **Πρόβλημα μπορεί να υπάρξει μόνο όταν οι χαμηλές θερμοκρασίες συνδυάζονται με ισχυρά ρεύματα αέρα.** Αντίθετα, οι υψηλές θερμοκρασίες του θέρους και συγκεκριμένα **θερμοκρασίες υψηλότερες από 25°C, μπορεί να επηρεάσουν δυσμενώς την απόδοση των ζώων.** Πειραματικές εργασίες, που έχουν γίνει σε διάφορα μέρη του κόσμου, έχουν καταλήξει στο συμπέρασμα ότι τα βοοειδή δεν επηρεάζονται τόσο από τις χαμηλές όσο απομακρύνονται τις υψηλές θερμοκρασίες.

8.3.1.1.1 Αγελάδες γαλακτοπαραγωγής

Στις γαλακτοπαραγωγικές αγελάδες υπάρχουν τρεις ζώνες θερμοκρασίας, που επηρεάζουν ανάλογα την παραγωγή του γάλακτος.

1. Η ζώνη χαμηλών θερμοκρασιών, που επηρεάζει δυσμενώς την παραγωγή, βρίσκεται κάτω από τους 0°C για τη φυλή *Jersey* και τους -12 °C για τις φυλές *Holstein* και *Brown Swiss*.
2. Η ζώνη με τις άριστες θερμοκρασίες είναι περίπου από 0-24 °C για όλα τα είδη.
3. Η ζώνη των υψηλών θερμοκρασιών στην οποία αρχίζει η μείωση της παραγωγής, και βρίσκεται πάνω από τους 24 °C.

Στη μέση ημερήσια παραγωγή γάλακτος μειώνεται ελαφρά όταν η μέση ημερήσια θερμοκρασία είναι κάτω από -4°C. Σε υψηλές θερμοκρασίες η παραγωγή γάλακτος μπορεί να περιορίζεται αισθητά πάνω από τους 25 °C. Η επίδραση της θερμοκρασίας παρουσιάζει διακύμανση ανάλογα με τις φυλές των ζώων. Αγελάδες με υψηλή παραγωγή επηρεάζονται περισσότερο από τις υψηλές θερμοκρασίες, απ' ότι αγελάδες με χαμηλότερη απόδοση.

Οι ευρωπαϊκές αγελάδες αντέχουν περισσότερο στο κρύο παρά στη ζέση. Το εύρος της κατάλληλης θερμοκρασίας γι' αυτές είναι 0-20 °C. Κάτω από τους 0 °C επέρχεται μείωση της παραγωγής γάλακτος, η οποία εξαρτάται από τη φυλή. Όσον αφορά την «*άνω κρίσιμη θερμοκρασία*», για τις περισσότερες ευρωπαϊκές αγελάδες, συμπεριλαμβανομένων και των φυλών

Friesian και *Jersey*, ανέρχεται περίπου στους 21-25 °C, ενώ για τη φυλή *Brown Swiss* στους 30-32 °C.

Οι αγελάδες των τροπικών κλιμάτων παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στις υψηλές θερμοκρασίες, π.χ. στη φυλή *Brahman*, μείωση της παραγωγής γάλακτος, μπορεί να εμφανιστεί πάνω από τους 38 °C.

Διασταύρωση των ευρωπαϊκών με τροπικές αγελάδες, δίνει ζώα που έχουν ενδιάμεσες απαιτήσεις θερμοκρασίας. Σε τέτοια ζώα η «άνω κρίσιμη θερμοκρασία» είναι περίπου 30 °C.

Στον πίνακα, δίνεται η απαιτούμενη για τα βοοειδή θερμοκρασία.

Απαιτούμενη θερμοκρασία βοοειδών

Είδος	Εύρος θερμοκρασίας, °C
Αγελάδα γαλακτοπαραγωγής	Άριστη: 10-20 °C, αλλά θερμοκρασία από 6-25 °C ελάχιστη επηρεάζει την παραγωγή γάλακτος.
Αγελάδα κρεοπαραγωγής	Άριστη: -6 έως 25 °C
Μόσχοι	10-15 °C κατά τη γέννηση. Η θερμοκρασία αυτή μειώνεται διαδοχικά με το χρόνο. Για μόσχους κρεοπαραγωγής προτιμάται θερμοκρασία 15-22 °C

Πίνακας.7

Η δυσμενής επίδραση των υψηλών θερμοκρασιών πρέπει ν' αντιμετωπίζεται με τη χρησιμοποίηση κατάλληλης σκίασης και τη δημιουργία τεχνητής βροχής (ντουζ). Σε θερμοκρασίες 30-33 °C, η ημερήσια παραγωγή γάλακτος αυξήθηκε κατά 2-5 kg, όταν, εκτός από τα μέσα σκίασης, χρησιμοποιήθηκε και τεχνητή βροχή.

8.3.1.1.2 Αγελάδες κρεοπαραγωγής

Στις αγελάδες κρεοπαραγωγής η ζώνη με τις άριστες θερμοκρασίες είναι μεγαλύτερη. Με σωστή διαχείριση και κατάλληλης προστασία από ισχυρούς ανέμους, είναι δυνατό να γίνουν ανεκτές χαμηλές θερμοκρασίες μέχρι -10 °C, όταν η διάρκεια τους είναι περιορισμένη (*Bianca & Blaxter, 1961*). Αντίθετα, υψηλές θερμοκρασίες 27 °C επιδεινώνουν τις αποδόσεις (*Ragsdale et al, 1957*). Η ηλιακή ακτινοβολία σε συνδυασμό με υψηλές θερμοκρασίες έχει δυσμενής επίδραση στις αγελάδες κρεοπαραγωγής (*Ittner et al, 1955*) και γαλακτοπαραγωγής (*Yeck & Stewart, 1959*). Γι' αυτό και κάτω από συνθήκες υψηλής ηλιακής ακτινοβολίας, τα ζώα κατά τη βοσκή απαιτούν φυσική ή τεχνητή σκίαση.

Στις αγελάδες κρεοπαραγωγής η «άνω κρίσιμη θερμοκρασία» είναι περίπου 25 °C για τις ευρωπαϊκές φυλές και 35 °C για τις τροπικές, ενώ το εύρος της κατάλληλης θερμοκρασίας είναι -7 έως 15 °C και 10 έως 26 °C, αντίστοιχα.

8.3.1.1.3 Μόσχοι

Στους μόσχους, ιδιαίτερα δυσμενής επίδραση, έχουν οι απότομες αλλαγές της θερμοκρασίας. Η πιο κατάλληλη θερμοκρασία γι' αυτούς είναι 10 °C, και το εύρος της θερμοκρασίας που ανέχονται είναι από 4-29 °C. Παρ' όλα αυτά, μόσχοι έχουν επιβιώσει και σε θερμοκρασία -20°C (Sainsbury & Sainsbury, 1979), αλλά σε στεγνό περιβάλλον, απαλλαγμένο από ρεύματα.

Η χαμηλή κρίσιμη θερμοκρασία στους μόσχους της φυλής *Ayrshire* βρέθηκε ότι μειώνεται καθημερινά μέχρι την ηλικία των τριών εβδομάδων. Έτσι, ενώ σε ηλικία τριών ημερών η κρίσιμη θερμοκρασία είναι 12,8 °C, σε 20 ημέρες πέφτει στους 8,2 °C (Gonzalez – Jimenez & Blaxter, 1962). Οι μόσχοι λόγω του τριχωτού του δέρματος τους και λόγω του ότι είναι ομόθερμα ζώα, βελτιωμένου σταδίου, αντέχουν στις χαμηλές θερμοκρασίες περισσότερο από άλλα νέα σε ηλικία αγροτικά ζώα. Σχετικά πειράματα έδειξαν ότι, μόσχοι ανατρεφόμενοι σε καθαρά κτίρια, **με χαμηλή υγρασία και καλό αερισμό, αλλά σε χαμηλές θερμοκρασίες από -3 έως 9 °C**, παρουσίασαν ελαφρά καλύτερες αποδόσεις από άλλα ζώα, ανατρεφόμενα σε θερμοκρασίες από 5-20 °C (Vilner et al., 1955). **Καλύτερες αποδόσεις παρουσίασαν επίσης μόσχοι, ανατρεφόμενοι σε θερμοκρασία 10 °C**, παραγωγή σε θερμοκρασία 26,7 °C (Kibler, 1957· Ragsdale et al., 1957). **Επίσης οι απώλειες λόγω ασθενειών ήταν μικρότερες σε -4 έως 4 °C, παραγωγή σε 10-15 °C (Vasilets & Golushko, 1951).**

8.3.1.2 Υγρασία

Η υψηλή σχετική υγρασία δεν επηρεάζει την παραγωγή γάλακτος των γαλακτοπαραγωγικών αγελάδων, όταν η θερμοκρασία κυμαίνεται από -8 έως 24 °C. Όταν όμως η θερμοκρασία υπερβαίνει τους 24 °C, υψηλή σχετική υγρασία ενισχύει τις δυσμενείς επιδράσεις της υψηλής θερμοκρασίας (Yeck & Stewart, 1959).

8.3.1.3 Ταχύτητα αέρα

Η ταχύτητα του αέρα στις αγελάδες μπορεί να είναι επιζήμια αλλά και ευεργετική. Σε ψυχρό περιβάλλον (0 °C) όπου είναι ιδιαίτερα σημαντική

η διατήρηση της θερμότητας, αυξημένη ταχύτητα αέρα συνέβαλε στην αύξηση των θερμικών απωλειών κατά 6% περίπου από το σώμα αγελάδων τριών ετών και με προσλαμβανόμενη τροφή μόνο για τη συντήρησή τους. Επίσης οι θερμικές απώλειες αγελάδων τρεφόμενων μόνο για συντήρηση και σε θερμοκρασία 7,5 °C, αυξήθηκαν κατά 70%, όταν η ταχύτητα του αέρα αυξήθηκε από 2,5 σε 17,5 μίλια την ώρα (Webster, 1967).

Βρέθηκε ακόμη, ότι η κρίσιμη θερμοκρασία αγελάδων γαλακτοπαραγωγής, με ημερήσια απόδοση γάλακτος 11,5 kg. Αυξήθηκε από -7 σε 5 °C, όταν η ταχύτητα του αέρα αυξήθηκε από 0,5 σε 8,0 μίλια την ώρα (Kibler & Brody, 1954).

Σε περιβάλλον με υψηλή θερμοκρασία, η αύξηση της ταχύτητας του αέρα μπορεί να έχει ευεργετική επίδραση στην παραγωγή γάλακτος. Συγκεκριμένα όταν η ταχύτητα του αέρα αυξηθεί, σε θερμοκρασία περιβάλλοντος πάνω από 24 °C, έχει σαν αποτέλεσμα τη μείωση των δυσμενών επιδράσεων της υψηλής θερμοκρασίας.

8.3.1.4 Θέρμανση

Η διατήρηση μιας θερμοκρασίας που κυμαίνεται μέσα σε ορισμένα όρια έχει ιδιαίτερη σημασία για τους χώρους άμελης. Από διάφορες έρευνες βρέθηκε ότι η ιδανική θερμοκρασία για τις αγελάδες γαλακτοπαραγωγής, για μια ικανοποιητική ημερήσια απόδοση, πρέπει να κυμαίνεται από 20 °C μέχρι 25 °C, περίπου, με σχετική υγρασία γύρω στο 50%. Επομένως, η διατήρηση της θερμοκρασίας μεταξύ των ορίων αυτών πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη για τους χώρους άμελης.

Κριτήριο για το είδος των μέσων ρύθμισης της θερμοκρασίας που χρησιμοποιούνται στους χώρους άμελης είναι η εποχή του έτους και οι κλιματικές συνθήκες του τόπου όπου εγκαθίσταται μια κτηνοτροφική μονάδα.

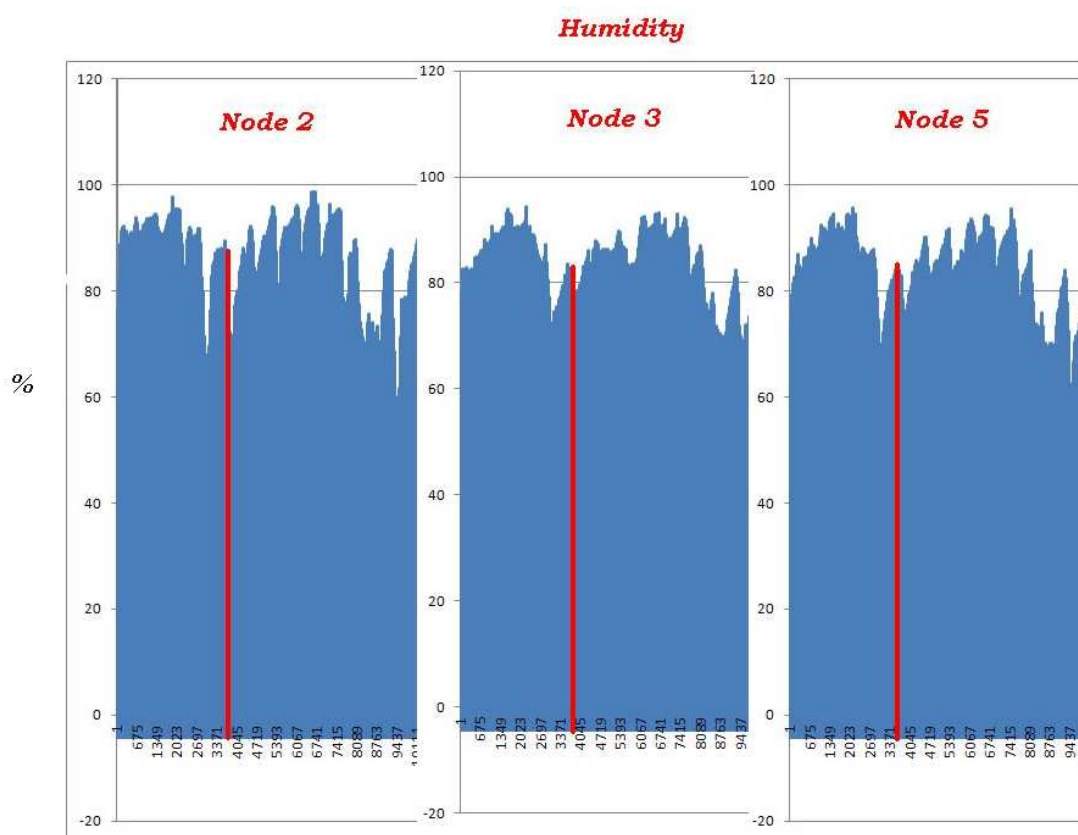
Το καλοκαίρι συνήθως χρησιμοποιούνται ηλεκτρικοί ανεμιστήρες, με τους οποίους μπορεί η θερμοκρασία να κατέρχεται μέχρι τα επιθυμητά όρια, δεδομένου ότι κατά τις ώρες που γίνεται η άμελη η θερμοκρασία δεν είναι αρκετά υψηλή. Η διακοπή και η επαναλειτουργία των ανεμιστήρων ρυθμίζεται με θερμοστάτες, ώστε η θερμοκρασία μέσα στους χώρους άμελης να διατηρείται σχεδόν σταθερή.

8.4 Στη φάρμα του Ζ.Π.

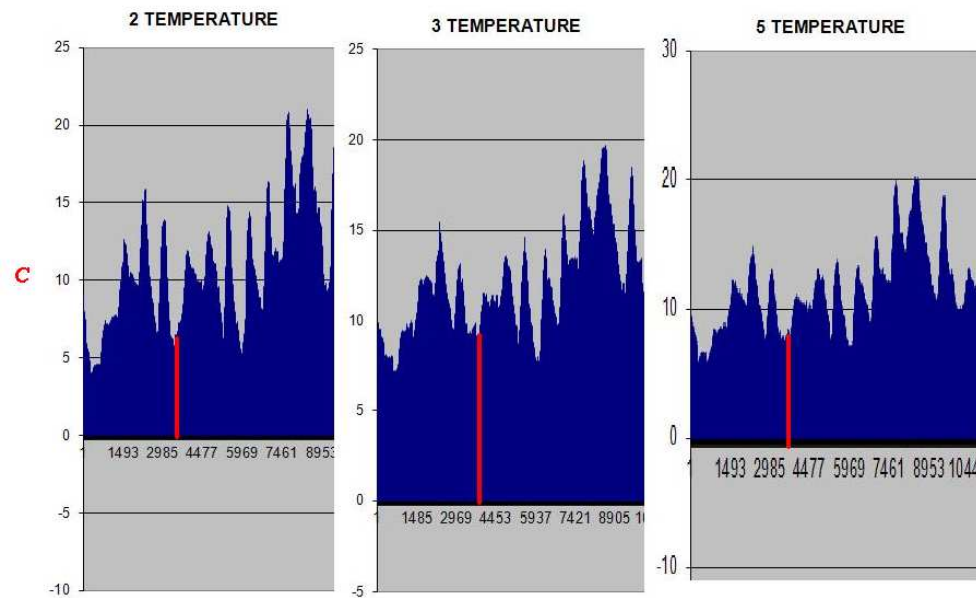
Στη φάρμα του Ζ.Π. υπήρξαν 2 διαφορετικά είδη φυλών σε αγελάδες οι οποίες δραστηριοποιούνταν στο χώρο που εμφυτεύσαμε τους αισθητήρες. Οι αγελάδες οι οποίες ήρθαν από τη Δανία αποτέλεσαν τη μια ομάδα και όλες οι υπόλοιπες την άλλη.

Πρόβλημα μπορεί να υπάρξει μόνο όταν οι χαμηλές θερμοκρασίες συνδυάζονται με ισχυρά ρεύματα αέρα. Όταν οι χαμηλές θερμοκρασίες δρουν μεμονωμένα, δεν φαίνεται να είναι επιζήμιες, όταν όμως συνδυάζονται με υψηλή υγρασία και αυξημένη ταχύτητα αέρα, συμβάλλουν στην αύξηση των θερμικών απωλειών από το σώμα του ζώου, που κινδυνεύει έτσι από ψύξη. Κάτω από τέτοιες συνθήκες η κρίσιμη θερμοκρασία μπορεί να υψωθεί από -8 σε 12 °C (*Bianca & Blaxter, 1961*). Η ανάλυση όμως των παρακάτω διαγραμμάτων μας βοηθά να βγάλουμε κρίσιμα συμπεράσματα.

Στον οριζόντιο άξονα των διαγραμμάτων φαίνεται ο αριθμός του πακέτου που εστάλει από τον αισθητήρα στο σταθμό βάσης και με κόκκινη επισήμανση η μέτρηση την οποία έχουμε συσχετίσει με την παραγωγή του γάλακτος.

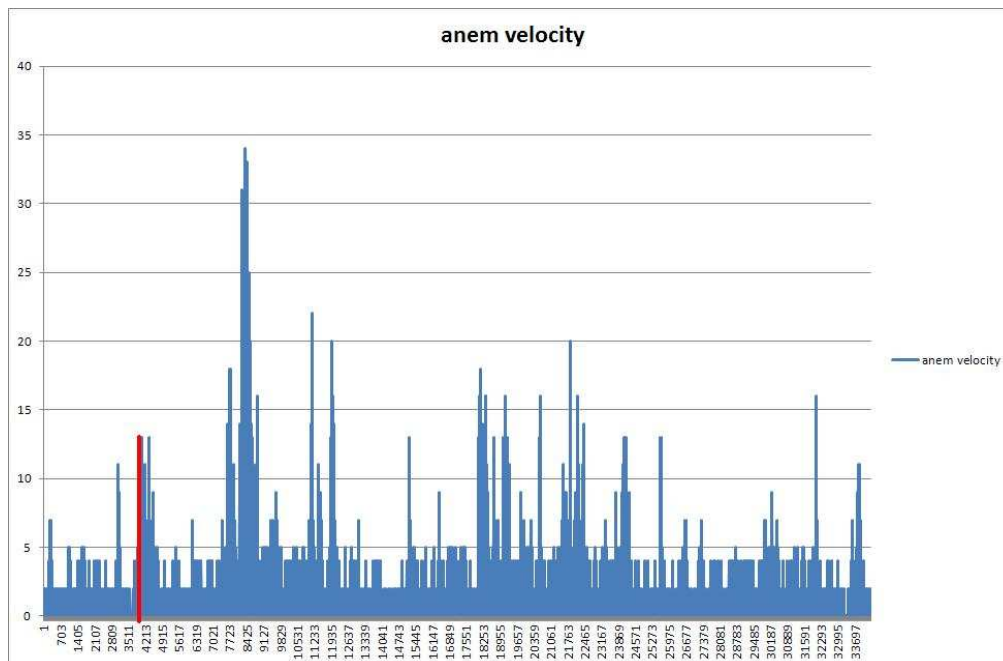


Ενδεικτική θερμοκρασία των κόμβων 2,3,5 οι οποίοι είναι αντιπροσωπευτικοί όλης της φάρμας (φαίνεται και επισημαίνεται ο αριθμός της μέτρησης που επηρέασε την ποσότητα του γάλακτος).

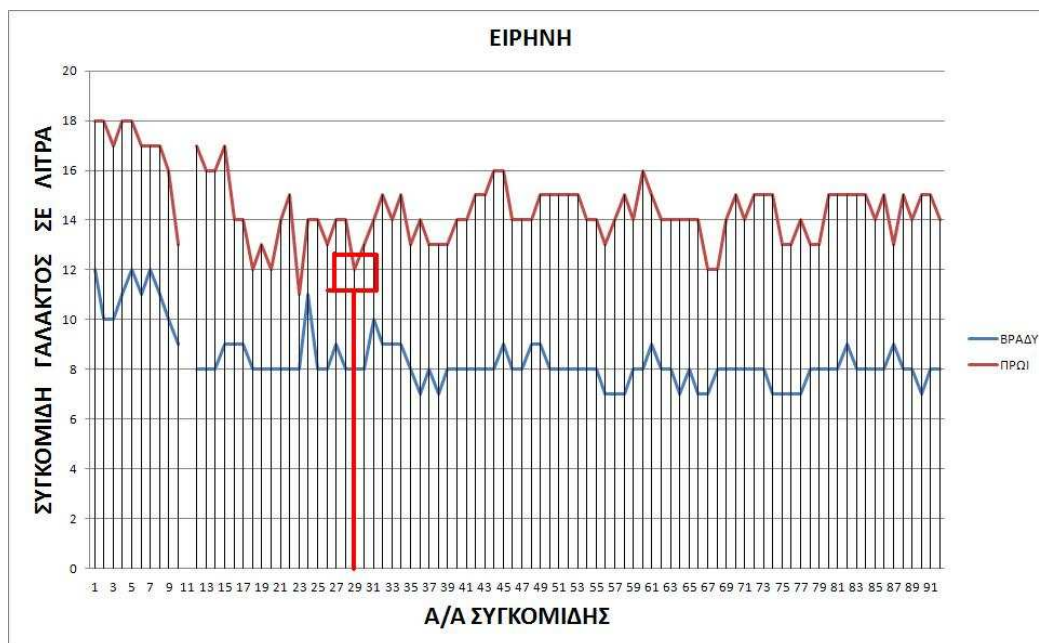


αριθμός πακέτου μέτρησης αισθητήρα

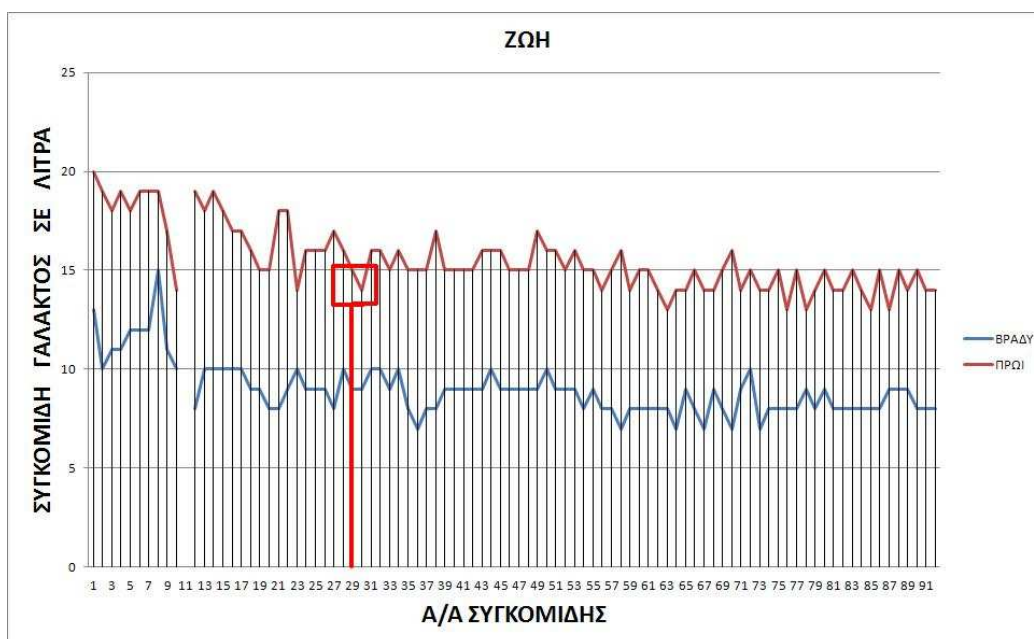
Ενδεικτική θερμοκρασία σε βαθμούς °C, των κόμβων 2,3,5 οι οποίοι είναι αντιπροσωπευτικοί όλης της φάρμας. Χαρακτηριστικά αναφερόμαστε στην ίδια μέτρηση (Στον οριζόντιο άξονα των διαγραμμάτων φαίνεται ο αριθμός του πακέτου που εστάλει από τον αισθητήρα στο σταθμό βάσης και επηρέασε την ποσότητα του γάλακτος).



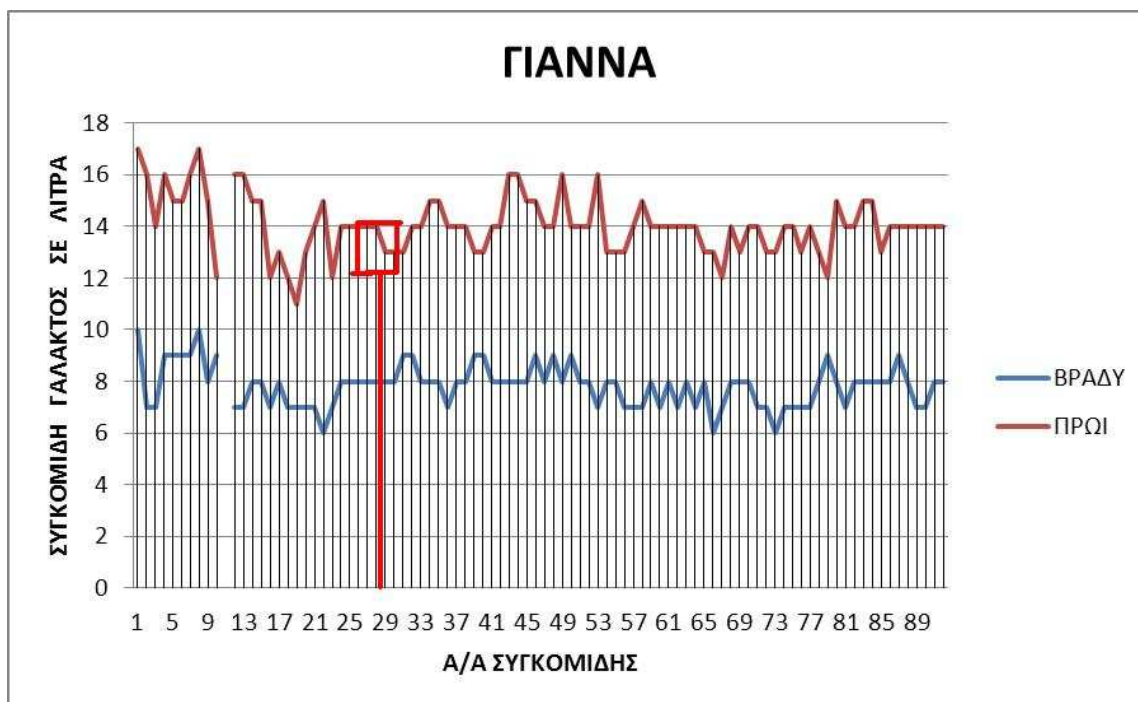
Ταχύτητα του ανέμου στην περιοχή σε κόμβους (Στον οριζόντιο άξονα του διαγράμματος φαίνεται ο αριθμός του πακέτου που εστάλει από τον αισθητήρα στο σταθμό βάσης και επηρέασε την ποσότητα του γάλακτος).



Το γαλακτοπαραγωγικό γράφημα για την Ειρήνη (Δανία)
(Στον οριζόντιο άξονα του διαγράμματος φαίνεται ο αριθμός της
συγκομιδής γάλακτος που παρουσιάζει ενδιαφέρον για περαιτέρω ανάλυση
και έχει συσχετιστεί με τις μετρήσεις των αισθητήρων).



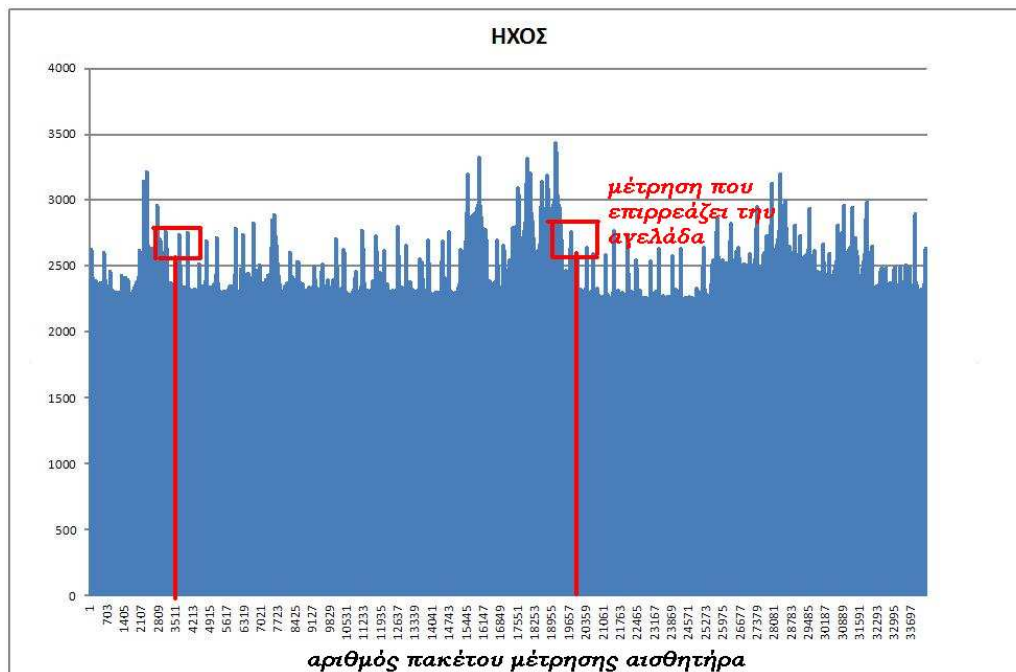
Το γαλακτοπαραγωγικό γράφημα για την Ζωή (Δανία)
(Στον οριζόντιο άξονα του διαγράμματος φαίνεται ο αριθμός της συγκομιδής
γάλακτος που παρουσιάζει ενδιαφέρον για περαιτέρω ανάλυση και έχει
συσχετιστεί με τις μετρήσεις των αισθητήρων).



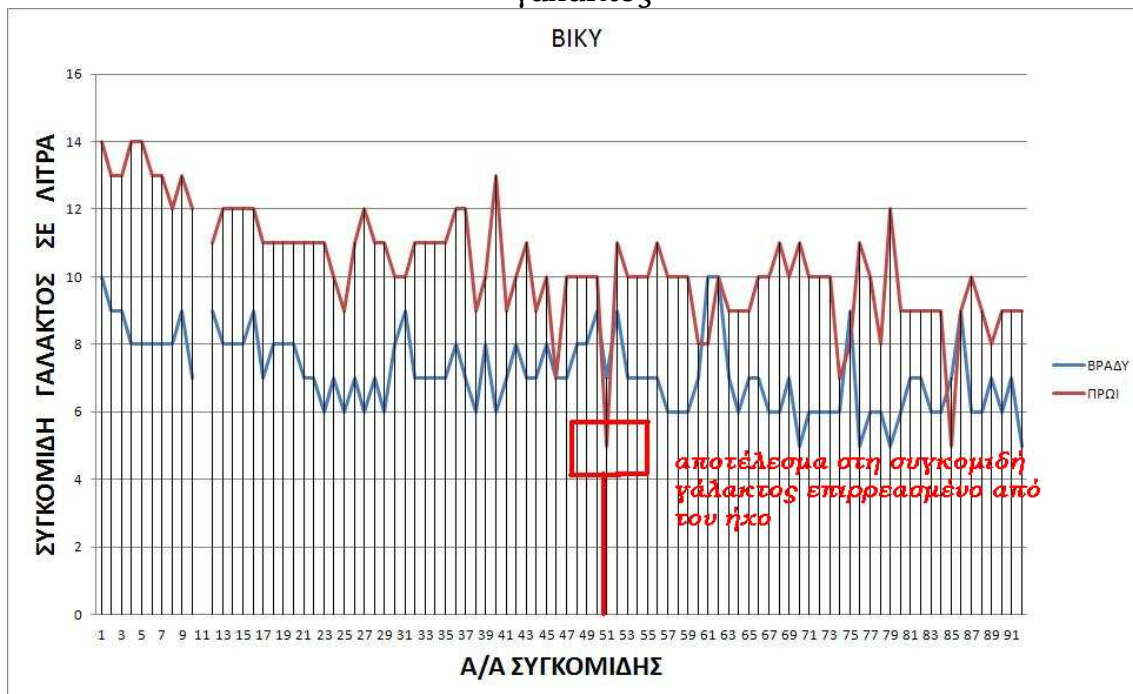
Το γαλαктоπαραγωγικό γράφημα για την Γιάννα (Δανία)
(Στον οριζόντιο άξονα του διαγράμματος φαίνεται ο αριθμός της συγκομιδής γάλακτος που παρουσιάζει ενδιαφέρον για περαιτέρω ανάλυση και έχει συσχετιστεί με τις μετρήσεις των αισθητήρων).

Όπως μπορούμε να αντιληφτούμε με αυτήν την πειραματική εφαρμογή επαληθεύουμε την μείωση της παραγωγικότητας όχι μόνο ενός ζώου (θα μπορούσε να είναι τυχαίο γεγονός) αλλά μιας ολόκληρης ομάδας που δραστηριοποιείται στο ίδιο χώρο. Συνεπώς με την κατάλληλη αξιοποίηση του συστήματος μπορούμε να προλάβουμε περιβαλλοντικούς παράγοντες ώστε να βελτιστοποιήσουμε την παραγωγή μας.

Ενδιαφέρον όμως παρουσιάζει και η ηχορύπανση κατά την διάρκεια της διαδικασίας του αρμέγματος. Κατόπιν της ανάλυσης των δεδομένων συναγάγαμε το ακόλουθο συμπέρασμα που παραθέτουμε στις δυο επόμενες γραφικές παραστάσεις.



Η δεύτερη μέτρηση έχει ως αποτέλεσμα την τρομακτική μείωση του γάλακτος



Η Βίκυ έπεσε θύμα ηχορύπανσης.
(Στον οριζόντιο άξονα του διαγράμματος φαίνεται ο αριθμός της συγκομιδής γάλακτος που παρουσιάζει ενδιαφέρον για περαιτέρω ανάλυση και έχει συσχετιστεί με τις μετρήσεις των αισθητήρων).

9 ΕΠΙΛΟΓΟΣ

9.1 Προοπτικές - Μελλοντικές δυνατότητες επέκτασης.

Στις προηγούμενες ενότητες περιγράψαμε ένα σύστημα διαχείρισης αγροτικών εφαρμογών με την χρήση δικτύου ασύρματων αισθητήρων. Το σύστημα που περιγράφηκε, παρόλη την αποτελεσματικότητά του και τις δυνατότητές του, έχει μεγάλα περιθώρια βελτίωσης. Θα μπορούσαμε να θέσουμε σε 2 μεγάλους άξονες:

- το περιβάλλον του ζώου
- το ίδιο το ζώο.

9.1.1 Επέκταση στο περιβάλλον του ζώου

Θα έπρεπε να είναι ενεργοποιημένη και διασφαλισμένη η **σύνδεση ίντερνετ** ώστε να μπορούμε ανά πάσα ώρα και στιγμή να γνωρίζουμε τι συνθήκες του περιβάλλοντος χωρίς να απαιτείται η φυσική παρουσία του σταβλίτη ώστε να ρυθμίσει τυχόν προβλήματα. Η προσθήκη **υπηρεσίας ειδοποίησης** είναι κάτι που χρειάζεται άμεσα. Η δυνατότητα δηλαδή το σύστημα να παρακολουθεί τις τιμές των μετρήσεων που κάνει και να

ειδοποιεί τον χρήστη στην περίπτωση όπου κάποια από αυτές βγει εκτός των επιτρεπτών ορίων της. Κάτι τέτοιο θα βοηθούσε και στην έγκαιρη ανάκτηση της ενέργειας σε περίπτωση βλάβης του δικτύου ηλεκτροδότησης. (Συνέβη 1/1/2009).

Επίσης, το χειμώνα, που επιδιώκεται η άνοδος της θερμοκρασίας των χώρων άμελξης, χρησιμοποιούνται διάφορα μέσα θέρμανσης, όπως θερμάστρες στερεών, υγρών ή αερίων καυσίμων, ηλεκτρικές θερμάστρες συνήθως των 1500-3000 Watt με ανεμιστήρα, για την εκπομπή θερμού αέρα με θερμοστάτη, εφόσον δεν γίνεται χρήση στην εκμετάλλευση δικτύου κεντρικής θέρμανσης, όπου σαν καύσιμη υλη χρησιμοποιείται το πετρέλαιο.

Άλλος ένας τρόπος θέρμανσης ειδικά για τις αίθουσες, είναι με θερμό ρεύμα αέρα, που δημιουργείται με τη βοήθεια μιας αεραντλίας και του ψυγείου του γάλακτος. Στην περίπτωση αυτή το ψυγείο πρέπει να εργάζεται 4-5 ώρες περισσότερο την ημέρα από την κανονική διάρκεια λειτουργίας του. Τα τελευταία χρόνια σε πολλές χώρες με φθηνή ηλεκτρική ενέργεια, η θέρμανση των βοηθητικών κυρίως χώρων γίνεται είτε με 4-10 λαμπτήρες θέρμανσης με υπεριώδη ακτινοβολία (των 250 Watt η κάθε μια) ή με ηλεκτρικούς συσσωρευτές θερμότητας.

Η εκλογή ενός από τα **μέσα θέρμανσης** που αναφέρονται είναι θέμα που έχει άμεση σχέση με την οικονομική πλευρά της εκμετάλλευσης και δεν είναι εύκολο να προταθεί ένα από αυτά σαν καλύτερο. Βασικά κριτήρια για την εκλογή των μέσων θέρμανσης θεωρούνται το μέγεθος της μονάδας, ο τρόπος κατασκευής των κτιριακών εγκαταστάσεων, η κατηγορία, ο τύπος και το μέγεθος της αίθουσας άμελξης, το μέγεθος του γαλακτοκομείου, η ύπαρξη ηλεκτρικού ρεύματος και η οικονομική ευρωστία της εκμετάλλευσης. Επίσης δεν θα πρέπει να ξεχνάμε και τους **θερμότερους μήνες**. Μια μελέτη που διεξάγεται χειμώνα εμφανίζει λιγότερα προβλήματα σε τέτοιου τύπου ζώα τα οποία υποφέρουν περισσότερο κατά την διάρκεια περιόδων που η θερμοκρασία είναι μεγαλύτερη.

Ανεξάρτητα πάντως από όλα αυτά, εκείνο που έχει μεγάλη σημασία για τη διατήρηση σταθερής θερμοκρασίας είναι η χρησιμοποίηση καλής μόνωσης στους τοίχους και την οροφή, καθώς επίσης και η καλή εφαρμογή των παραθύρων και θυρών κατά το κλείσιμο. Σε συνδυασμό όλων αυτών η **σύνδεση με ένα ασύρματο δίκτυο αισθητήρων** και η **αυτοματοποίηση κάποιων διεργασιών** ρουτίνας μπορεί άνετα να αυξήσει την ποιότητα και ποσότητα της παραγωγής μας.

9.1.2 Επέκταση στο ίδιο το ζώο

Είναι αρκετά σημαντικό να μπορούμε να διαχειριστούμε το περιβάλλον που ζει ένα ζώο και να έχουμε να παρέμβουμε για την πιο υγιή ανάπτυξη του αλλά εξίσου σημαντικό θα ήταν να είχαμε την δυνατότητα να μπορούμε να «διαβάσουμε» το καθένα ξεχωριστά ζώο και

όχι μια ομάδα ζώων που μπορεί και κάποιες φορές να παρουσιάζουν ανομοιογένεια.

Θα αποκτούσε αρκετό ενδιαφέρον να μπορούμε να παρακολουθήσουμε την του ζώου ώστε να έχουμε ένα παράγοντα καλής λειτουργίας και ευζωίας αλλά και μπορούμε να καταλάβουμε πότε ένα ζώο βρίσκεται σε οίστρο.

Επίσης εκτός από τις τεχνικές εντοπισμού ζώου αλλά και αγέλης θα μπορούσαμε να παρακολουθήσουμε το ρh στο μαστό της αγελάδας. Με το κατάλληλο trigger θα μπορούσαμε να προλάβουμε μαστίτιδες που ταλανίζουν τη ζωική παραγωγή.

9.2 Συμπεράσματα

Στο σύστημα που περιγράψαμε και εφαρμόσαμε στα πλαίσια της συγκεκριμένης εργασίας, χρησιμοποιήσαμε τεχνολογίες ,όπως τα ασύρματα δίκτυα αισθητήρων και στην ουσία ήταν μία εφαρμογή του συστήματος στην κτηνοτροφία. Αποτελεί δηλαδή ένα παράδειγμα της χρήσης νέων τεχνολογιών στην καθημερινή μας ζωή στο επίπεδο όμως που θα το επιτρέψουμε.

Οι νέες αυτές τεχνολογίες, αν και βρίσκονται ακόμα σε αρχικό στάδιο, έχουν μεγάλες δυνατότητες και μπορούν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά για την ικανοποίηση διάφορων αναγκών μας και την βελτιστοποίηση της παραγωγής αλλά και της εξοικονόμησης μακροπρόθεσμα του κόστους παραγωγής..

10

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] <http://www.xbow.com>
- [2] <http://www.enthesiis.net/index.php?news=645>
- [3] <http://commonsense.epfl.ch/COMMONSense/description.htm>
- [4] <http://www.dustnetworks.com>
- [5] C. Chong, S.P.Kumar “Sensor Networks: Evolution, Opportunities, and Challenges” *Proceedings of the IEEE*, vol. 91, no. 8, August 2003.
- [6] The SOSUS Project: Available on line at
(<http://www.globalsecurity.org/intell/systems/sosus.htm>)
- [7] The COBRA BRASS Project: Available on line at
(<http://www.globalsecurity.org/space/systems/cobrabrass.htm>)
- [8] S. Kumar and D. Shepherd, “SensIT: Sensor information technology for the warfighter,” in *Proc. 4th Int. Conf. on Information Fusion*, 2001
- [9] http://users.auth.gr/~silleos/new_page_6.htm
- [10] http://en.wikipedia.org/wiki/Precision_farming
- [11] <http://en.wikipedia.org/wiki/Smartdust>

- [12] Römer, Kay; Friedemann Mattern (December 2004). "[The Design Space of Wireless Sensor Networks](#)". *IEEE Wireless Communications*
- [13] <http://www.moteiv.com>
- [14] <http://www.tinyos.net/>
- [15] <http://www.decagon.com/>
- [16] <http://wssl.inf.uth.gr>
- [17] <http://www.polastre.com/papers/sensysOS-sp.pdf>
- [18] <http://java.sun.com/javase/technologies/database/index.jsp>
- [19] <http://www.mysql.com/>
- [20] <http://www.apache.org>
- [21] <http://www.php.net/>
- [22] <http://www.w3.org/MarkUp/>
- [23] <http://www.mozilla.org/js/>
- [24] <http://www.w3.org/Style/CSS/>
- [25] <http://www.aditus.nu/jpgraph/>
- [26] <http://www.boutell.com/gd/>
- [27] <http://www.srcosmos.gr/srcosmos/showpub.aspx?aa=10021>
- [28] <http://www.ceid.upatras.gr/courses/katanemhmena/wiki>
- [29] http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.15.4
- [30] http://en.wikipedia.org/wiki/Unified_Modeling_Language
- [31] ΚΤΗΝΟΤΡΟΦΙΚΕΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΕΣ ΝΙΚΗΤΑ-ΜΑΡΤΖΟΠΟΥΛΟΥ (Nikita-Martzopoulou & Martzopoulos, 1983).
- [32]](Moustgaard et al, 1959)
- [33] FARM ELECTRIFICATION HANDBOOK NO10 – CONTROLLED ENVIRONMENT -1970- THE ELECTRICITY COUNCIL-LONDON S.W.I.

[34]STIETENROTH K. STALLUEFTUNG UND WAS SAMIT ZUSSAMEN HAENGT,1962 W. GERMANY.

[35]ΒΑΣΣΑΛΟΥ ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΚΡΕΑΤΟΠΑΡΑΓΩΓΟΥ ΒΟΟΤΡΟΦΙΑΣ

[36] ΒΟΟΤΡΟΦΙΑ ΑΙΤΟΠΡΟΒΑΤΟΤΡΟΦΙΑ ΓΚΙΩΣΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ-ΛΙΑΓΚΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

[37]ΓΕΝΙΚΗ ΖΩΟΤΕΧΝΙΑ ΚΑΤΣΑΟΥΝΗ-ΖΥΓΟΓΙΑΝΝΗ

[38]Ζωοστάσια ,Γενικές αρχές κατασκευής ζωοστασίων

[39] Jenna Burrell, Tim Brooke, and Richard Beckwith (2004), Vineyard Computing: Sensor Networks in Agricultural Production, Published by the IEEE CS and IEEE ComSoc 1536-1268/04/

[40] D. Goense¹, J. Thelen² and K. Langendoen (2004), Wireless sensor networks for precise Phytophthora decision support, Agrotechnology and Food Innovations BV Wageningen Agricultural University Delft University of Technology

[41] Aline Baggio (2005), Wireless sensor networks in precision agriculture, Delft University of Technology – The Netherlands

[42] Wei Zhang, George Kantor, Sanjiv Singh (2003), Integrated Wireless Sensor/Actuator Networks in an Agricultural Application, Carnegie Mellon University J.

[43] H. J. Pharo¹, M. J. Sopian¹, M. Kamaruddin¹, M. A. Abu Hassan¹, P. F. Cheah¹ and T. W. Choo¹ “Progress in the use of computerised recording systems in dairy cow monitoring”, Tropical Animal Health and Production, Volume 22, Number 2 / June, 2004.

[44] Philo Juang, Hidekazu Oki, Yong Wang, Margaret Martonosi, LiShiuan Peh, and Daniel Rubenstein “Energy Efficient Computing for Wildlife Tracking: Design Tradeoffs and Early Experiences with ZebraNet”, appeared at ASPLOS-X conference. October, 2002. San Jose, CA.

[45] T. Small, Z. J. Haas, A. Purgue, and K. Frstrup. A sensor network for biological data acquisition. In M. Ilyas, editor, Sensor Networks. CRC Press, 2004.

[46] P. Sikka, P. Corke, and L. Overs. Wireless sensor devices for animal tracking and control. In First IEEE Workshop on Embedded Networked Sensors in 29th Conference on Local Computer Networks, pages 446–454, 2004.

[47] P. Sikka, P. Corke, P. Valencia, C. Crossman, D. Swain, and G. Bishop-Hurley. Wireless adhoc sensor and actuator networks on the farm. In IPSN’06. ACM, Apr. 2006.

[48] T. Small and Z. J. Haas. The shared wireless infostation model—a new ad hoc networking paradigm (or where there is a whale, there is a way). In MOBIHOC. ACM Press, 2003.

- [49] Z.Butler, P. Corke, R. Peterson, and D. Rus. Virtual fences for controlling cows. In Proc. IEEE Int. Conf. Robotics and Automation, pages 4429–4436, New Orleans, Apr. 2004.
- [50] <http://www.fleming.gr/en/services/mousefacil.html>
- [13] A. Goldsmith and S.B. Wicker “Design challenges for energy-constrained ad hoc wireless networks” IEEE Commun. Mag., 9:8–27, August 2002.
- [51] V. Raghunathan, C. Schurgers, S. Park, and M.B. Srivastava “Energy-aware wireless microsensor networks.”, IEEE Signal Processing Magazine, 19:40–50, March 2002.
- [52] R. Min et al. “Energy-centric enabling technologies for wireless sensor networks.”, IEEE Commun.Mag., 9:28–39, August 2002.
- [53] R. Min, M. Bhardwaj, S.H Cho, N. Ickes, E. Shih, A. Sinha, A. Wang and A. Chandrakasan “Energy-Centric Enabling Technologies For Wireless Sensor Networks.”, IEEE Wireless Communications, August 2002.
- [54] Ανάπτυξη συστήματος διαχείρισης αγροτικών εφαρμογών με τη χρήση Δικτύου ασύρματων αισθητήρων, Περλεπές Λεωνίδας