

## Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society

Vol 54, No 1 (2003)



### Meteorological conditions affecting cattle production in the area of Thessaloniki, Greece

G. E. VALERGAKIS (Γ.Ε. ΒΑΛΕΡΓΑΚΗΣ)

doi: [10.12681/jhvms.15218](https://doi.org/10.12681/jhvms.15218)

#### To cite this article:

VALERGAKIS (Γ.Ε. ΒΑΛΕΡΓΑΚΗΣ) G. E. (2017). Meteorological conditions affecting cattle production in the area of Thessaloniki, Greece. *Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society*, 54(1), 41–56.  
<https://doi.org/10.12681/jhvms.15218>

## Μετεωρολογικές συνθήκες που επηρεάζουν την εκτροφή των βοοειδών στην περιοχή του Νομού Θεσσαλονίκης.

Γ. Ε. Βαλεργάκης

**ΠΕΡΙΛΗΨΗ.** Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν οι κλιματικοί παράγοντες (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, άνεμος, υετός) που επηρεάζουν την εκτροφή των βοοειδών, στην ευρύτερη περιοχή του Νομού Θεσσαλονίκης, η οποία αποτελεί την κύρια περιοχή άσκησης της αγελαδοτροφικής δραστηριότητας στην Ελλάδα. Τα στοιχεία, που αφορούσαν τη δεκαετία 1990-1999, κατατάχθηκαν σε ζώνες, δημιουργήθηκαν τύποι ημέρας, χρησιμοποιήθηκαν κλίμακες και δείκτες και μελετήθηκαν τόσο σε επίσημα όσο και σε εποχικά βάση. Από τη μελέτη αυτή επιβεβαιώθηκε ότι η υψηλή θερμοκρασία και η υψηλή σχετική υγρασία είναι οι βασικοί επιβαρυντικοί παράγοντες για την παραγωγικότητα των βοοειδών και μάλιστα, η ένταση και η διάρκειά τους, είναι μεγάλη. Επιπλέον, δεν είναι οι σχετικά σπάνιες χαμηλές θερμοκρασίες καθαυτές που επηρεάζουν την απόδοση των βοοειδών το χειμώνα, αλλά οι σχετικά ισχυροί και ψυχροί, κυρίως βόρειοι-βορειοδυτικοί άνεμοι, σε συνδυασμό με την υψηλή σχετική υγρασία.

**Λέξεις ευρετηρίου:** Κλιματικοί παράγοντες, βοοειδή, παραγωγικότητα

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κλίμα που επικρατεί σε μία γεωγραφική περιοχή επιδρά με πολλούς τρόπους στις αποδόσεις των ζώων και την άσκηση της κτηνοτροφικής δραστηριότητας σ' αυτήν. Το είδος και η φυλή των εκτρεφόμενων ζώων, οι διαθέσιμες ζωοτροφές (και η δυνατότητα παραγωγής τους), ο τύπος των σταβλικών εγκαταστάσεων και γενικά το σύστημα εκτροφής το οποίο εφαρμόζεται, επηρεάζονται σε μεγάλο βαθμό από τη διακύμανση των τιμών και τη συνδυασμένη επίδραση των κλιματικών παραγόντων (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, άνεμοι, υετός) κατά τη διάρκεια του έτους (Κατσαούνης και Ζυγογιάννης 1998).

Επιπλέον, τα ζώα της υψηλής παραγωγικής ικανότη-

## Meteorological conditions affecting cattle production in the area of Thessaloniki, Greece

Valergakis G. E.

**ABSTRACT.** This paper presents a study of the climatic factors (temperature, relative humidity, wind, precipitation) affecting cattle production in the area of Thessaloniki, the main dairy-farming region of Greece. Data was collected from 1990-1999 and was classified in zones, day-types were created and indexes and scales were used in order to study the annual and seasonal effects of climate. From this study, it was confirmed that high temperatures and high relative humidity are the most important factors affecting cattle productivity in the area. The intensity and duration of such conditions are high. Moreover, it is not low temperature *per se*, a relatively rare phenomenon, that affects cattle performance during winter but the relatively strong and cold, mainly north-northwest winds, combined with high relative humidity.

**Keywords:** Climatic factors, cattle, productivity

### INTRODUCTION

The local climate in a geographic region affects in many ways the animal performance and farming activity. The species and the breed of animals kept, the availability of feeds (and the ability to produce them), the type of barns and the method of animal farming that is practiced are in general affected to a great extent by the combined effect of the various climatic factors (temperature, relative humidity, wind, precipitation) and the variability of the climate during the year (Katsaounis and Zygogiannis 1998).

Moreover, high yielding Holstein cattle that are kept today on Greek dairy farms are affected to a greater extent by the various climatic factors compared to those of other

τας φυλής Holstein τα οποία εκτρέφονται σήμερα στις μονάδες παραγωγής αγελαδινού γάλατος της χώρας μας, επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό από τους διάφορους κλιματικούς παράγοντες σε σχέση με τα ζώα άλλων φυλών, τα οποία εκτρέφονταν παλαιότερα (Κατσαούνης και Ζυγογιάννης 1998).

Οι επιδράσεις της θερμοκρασίας στις αποδόσεις των ζώων είναι εκείνες που έχουν μελετηθεί περισσότερο στις διάφορες κλιματικές περιοχές και έχει εντοπιστεί ένα εύρος θερμοκρασιών το οποίο έχει χαρακτηριστεί από διάφορους ερευνητές ως "ουδέτερη θερμοκή ζώνη" (Albright and Arave 1997, National Research Council 2001), ζώνη "άνεσης" (Fostier et al. 1985, Ensminger 1993, Capdeville and Tillie 1995), "εύκολης προσαρμογής" (Capdeville and Tillie 1995) ή "διατήρησης της παραγωγικότητας" (Graves and Brugger 1996, Κατσαούνης και Ζυγογιάννης 1998). Έξω από τα όρια αυτής της ζώνης θερμοκρασιών, η παραγωγικότητα των βοοειδών μειώνεται. Για το ανώτατο όριο υπάρχει σχετική συμφωνία μεταξύ των ερευνητών (20°C-25°C) (Fostier et al. 1985, Ensminger 1993, Radostits et al. 1994, Wathes and Charles 1994, Capdeville and Tillie 1995, Graves and Brugger 1996, Albright and Arave 1997, Κατσαούνης και Ζυγογιάννης 1998, Κατσαούνης 2000, National Research Council 2001). Σε θερμοκρασίες υψηλότερες από αυτές, η κατανάλωση τροφής από τα βοοειδή μειώνεται (η μείωση μπορεί να ξεπεράσει το 20%, αναφέρονται και τιμές έως 55%) (Holter et al. 1997, Eastridge et al. 1998, National Research Council 2001) ενώ αυξάνονται οι ενεργειακές ανάγκες συντήρησής τους (7-25%) (Eastridge et al. 1998, Fox and Tylutki 1998, National Research Council 2001). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της παραγωγής γάλατος και τον περιορισμό του ρυθμού αύξησης των βοοειδών, τη μείωση της γονιμότητάς τους και σε ακραίες περιπτώσεις τον περιορισμό ή και την παύση των εκδηλώσεων της αναπαραγωγικής τους δραστηριότητας (Fostier et al. 1985, Radostits et al. 1994, Albright and Arave 1997, Κατσαούνης και Ζυγογιάννης 1998, National Research Council 2001). Για λόγους σύγκρισης σημειώνεται ότι το όριο θερμοκής καταπόνησης για ανθρώπους που εργάζονται είναι οι 30°C (Delaney and Goldfrank 1998). Για το κατώτατο όριο της "ουδέτερης θερμοκής ζώνης" οι αναφορές αρχίζουν από τους 5°C (Ensminger 1993, National Research Council 2001) και καταλήγουν (συχνότερα) γύρω στους -5°C (Fostier et al. 1985, Radostits et al. 1994, Capdeville and Tillie 1995, Graves and Brugger 1996, Albright and Arave 1997, Κατσαούνης 2000). Τα βοοειδή προσαρμόζονται με σχετική ευκολία στις χαμηλές θερμοκρασίες αυξάνοντας την κατανάλωση τροφής, σε θερμοκρασίες όμως χαμηλότερες από -5°C οι ενεργειακές τους ανάγκες αυξάνονται σημαντικά και η παραγωγικότητά τους αρχίζει να μειώνεται (National Research Council 2001). Σημειώνεται ότι για τους πολύ νεαρούς μόσχους (μέχρι την ηλικία των τριών εβδομάδων), ως κατώτατο όριο της "ουδέτερης θερμοκής ζώνης" αναφέρονται οι 7°C (Capdeville and Tillie 1995) ή οι 15°C (National Research Council 2001), ενώ για τους

breeds that were kept in the past (Katsaounis and Zygogiannis 1998).

The effects of temperature on animal performance have been studied in detail in most climatic zones and temperature profiles have been identified, referred as the "thermo-neutral zone" (Albright and Arave 1997, National Research Council 2001), "comfort zone" (Fostier et al. 1985, Ensminger 1993, Capdeville and Tillie 1995), "easy adaptation zone" (Capdeville and Tillie 1995) or "zone of maintenance of productivity" (Graves and Brugger 1996, Katsaounis and Zygogiannis 1998). Outside the limits of these temperature zones, the productivity of cattle is reduced. It is generally agreed that the upper limit is 20°C - 25°C (Fostier et al. 1985, Ensminger 1993, Radostits et al. 1994, Wathes and Charles 1994, Capdeville and Tillie 1995, Graves and Brugger 1996, Albright and Arave 1997, Katsaounis and Zygogiannis 1998, Katsaounis 2000, National Research Council 2001). At higher temperatures, cattle can reduce feed consumption (the reduction can be more than 20%, a case of a 55% reduction is reported) (Holter et al. 1997, Eastridge et al. 1998, National Research Council 2001), while their net energy maintenance requirements increase by 7-25% (Eastridge et al. 1998, Fox and Tylutki 1998, National Research Council 2001). This increase results in reduced milk production, body weight gain and fertility and in extreme cases anoestrus (Fostier et al. 1985, Radostits et al. 1994, Albright and Arave 1997, Katsaounis and Zygogiannis 1998, National Research Council 2001). For comparison reasons it is noted that for humans in working conditions the heat stress limit is set at 30°C (Delaney and Goldfrank 1998). The lower limit of the thermo-neutral zone is reported to be about 5°C (Ensminger 1993, National Research Council 2001). However, many reports conclude that the lower critical temperature is around -5°C (Fostier et al. 1985, Radostits et al. 1994, Capdeville and Tillie 1995, Graves and Brugger 1996, Albright and Arave 1997, Katsaounis 2000). Cattle adapt relatively easily to low temperatures by increasing their feed consumption, but at temperatures lower than -5°C, their net energy requirements are increased and their productivity starts to decline (National Research Council 2001). It must be noted that for very young calves (up to the age of three weeks), 7°C (Capdeville and Tillie 1995) or 15°C (National Research Council 2001) are reported as the lower limit of the "thermo-neutral zone" while for older calves this limit is about 5°C-10°C (Ensminger 1993, Radostits et al. 1994, Capdeville and Tillie 1995, National Research Council 2001). At temperatures lower than these, net energy maintenance requirements of calves increase (about 13% for each 5°C decline of the temperature) (National Research Council 2001), which results in a reduced body weight gain or even in a weight loss.

Cattle productivity is adversely affected by both high and low relative humidity. High relative humidity increases heat sensitivity when the ambient temperature is high (i.e.

μεγαλύτερους σε ηλικία αναφέρονται θερμοκρασίες μεταξύ 5°C και 10°C (Ensminger 1993, Radostits et al. 1994, Capdeville and Tillie 1995, National Research Council 2001). Σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από αυτές, οι ενεργειακές ανάγκες συντήρησης των μύσων αυξάνονται (περίπου κατά 13% ανά 5°C πτώση της θερμοκρασίας) (National Research Council 2001) με αποτέλεσμα τη μείωση του ρυθμού αύξησής τους ή ακόμα και την απώλεια βάρους.

Η σχετική υγρασία, τόσο η υψηλή όσο και η χαμηλή, επηρεάζει αρνητικά την παραγωγικότητα των βοοειδών. Η υψηλή σχετική υγρασία αυξάνει την αίσθηση της θερμότητας στα ζώα όταν επικρατούν υψηλές θερμοκρασίες (μείωση της ικανότητας αποβολής θερμότητας με εξάτμηση), ενώ όταν επικρατούν χαμηλές τη μειώνει (μείωση της μονωτικής ιδιότητας του τριχώματος) (Fostier et al. 1985, Ensminger 1993, Radostits et al. 1994, Wathes and Charles 1994, Capdeville and Tillie 1995, Graves and Brugger 1996, Veenhuizen 1996, Albright and Arave 1997, Κατσαούνης και Ζυγογιάννης 1998, National Research Council 2001). Η υψηλή σχετική υγρασία σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες ευνοεί την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών και την αύξηση της νοσηρότητας ((Fostier et al. 1985, Radostits et al. 1994, Capdeville and Tillie 1995, Veenhuizen 1996, Κατσαούνης και Ζυγογιάννης 1998, Κατσαούνης 2000). Αλλά και οι παρατεταμένες περιόδους χαμηλής σχετικής υγρασίας έχουν δυσμενή επίδραση στο αναπνευστικό σύστημα των ζώων (Κατσαούνης και Ζυγογιάννης 1998).

Τα αποδεκτά όρια της σχετικής υγρασίας σχετίζονται άμεσα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (Capdeville and Tillie 1995). Έτσι, αν και γενικά θεωρείται ότι τιμές σχετικής υγρασίας μεταξύ 60% και 80% είναι οι ιδανικότερες (Ensminger 1993, Veenhuizen 1996), οι ανώτατες τιμές διαφέρουν σημαντικά κατά τις διαφορετικές εποχές του έτους (85% στους 5°C και 60% στους 30°C) (Fostier et al. 1985, Capdeville and Tillie 1995). Αντίθετα, το εύρος των αναφερόμενων ως κατώτατων τιμών είναι μικρότερο (50% στους 5°C και 40% στους 30°C) (Fostier et al. 1985, Ensminger 1993, Capdeville and Tillie 1995).

Ο υετός (βροχή, χιόνι, χάλαξα) αυξάνει τον υγρομετρικό βαθμό στους χώρους διαβίωσης των ζώων και δημιουργεί "εχθρικότερο" μικροκλίμα. Στην Ελλάδα, πρόκειται ουσιαστικά για βροχόπτωση, αφού στις περισσότερες περιοχές άσκησης της βοοτροφικής δραστηριότητας, τα επεισόδια χιονόπτωσης και χαλαζόπτωσης δεν είναι συχνά (2-3 ανά έτος) (Φλόκας 1997).

Η ένταση των ανέμων είναι επίσης ένας κλιματικός παράγοντας που μπορεί να επηρεάσει την παραγωγικότητα των βοοειδών. Η αύξηση της ταχύτητας του ανέμου κατά 1 m/s (περίπου 2 κόμβοι ή 3,6 km/h) προκαλεί στα ζώα μια αίσθηση χαμηλότερης θερμοκρασίας κατά 1°C κατά τη θερινή περίοδο, ενώ κατά τη χειμερινή, η αίσθηση αυτή είναι χαμηλότερη κατά 2°C τουλάχιστον (Capdeville and Tillie 1995, National Research Council

the ability of heat exchange through evaporation is reduced) and decreases it at low temperatures (reduction of hair's insulation capacity) (Fostier et al. 1985, Ensminger 1993, Radostits et al. 1994, Wathes and Charles 1994, Capdeville and Tillie 1995, Graves and Brugger 1996, Veenhuizen 1996, Albright and Arave 1997, Katsaounis and Zygoiannis 1998, National Research Council 2001). High humidity at high temperature favors the growth of pathogenic microorganisms and increases the morbidity (Fostier et al. 1985, Radostits et al. 1994, Capdeville and Tillie 1995, Veenhuizen 1996, Katsaounis and Zygoiannis 1998, Katsaounis 2000). Prolonged periods of low relative humidity have a negative effect on animals' respiratory system as well (Katsaounis and Zygoiannis 1998).

The acceptable levels of relative humidity are related closely to the environmental temperature (Capdeville and Tillie 1995). Although it is generally considered that relative humidity values between 60% and 80% are ideal (Ensminger 1993, Veenhuizen 1996), upper limits differ considerably in different seasons of the year (85% at 5°C and 60% at 30°C) (Fostier et al. 1985, Capdeville and Tillie 1995). In contrast, the variability of the lower limits is less (50% at 5°C and 40% at 30°C) (Fostier et al. 1985, Ensminger 1993, Capdeville and Tillie 1995).

Precipitation (rain, snow, hail) increases humid conditions in cattle barns and can create a more harsh microclimate. In Greece rainfall occurs in most dairy cattle breeding regions and the incidence of snow and hail is rare (2-3 occasions per year) (Flokas 1997).

Wind speed is also a climatic factor that can affect cattle productivity. An increase of 1m/sec (approximately 2 knots or 3.6km/h) in wind velocity corresponds to a lower temperature sensitivity by cattle of 1°C during the summer, while during the winter temperature sensitivity is at least 2°C lower (Capdeville and Tillie 1995, National Research Council 2001). The combination of wind and high relative humidity, when the ambient's temperature is low causes an even lower temperature sensitivity in cattle (wind chill effect) (Capdeville and Tillie 1995, Katsaounis and Zygoiannis 1998). During winter, wind speed inside cattle barns should not exceed 0.5m/sec for adults and 0.25m/sec for young cattle (0-4 months old) (Capdeville and Tillie 1995), but airflow should not be impaired in upper areas of barns since in that case, ventilation (necessary for the reduction of relative humidity, ammonia levels and the number of pathogenic microorganisms) would be impossible (Capdeville and Tillie 1995, Graves and Brugger 1996, Fox and Tylutki 1998, Katsaounis 2000). In contrast, during the summer period, an increased wind speed (4-5m/sec) is desirable, in order to minimize heat stress (Capdeville and Tillie 1995, Veenhuizen 1996, Katsaounis 2000).

The combined effect of climatic factors on heat stress of cattle has been the object of extensive research and comprehensive reviews (for example, Kazdere et al. 2002). Temperature-Humidity Index (T.H.I.) is the most well

2001). Ο συνδυασμός ανέμου και υψηλής σχετικής υγρασίας, όταν η θερμοκρασία του περιβάλλοντος είναι χαμηλή, προκαλεί ακόμα χαμηλότερη αίσθηση θερμοκρασίας στα βοοειδή (Capdeville and Tillie 1995, Κατσαούνης και Ζυγογιάννης 1998). Κατά τη χειμερινή περίοδο, η ταχύτητα του ανέμου στο άμεσο περιβάλλον των βοοειδών δεν θα πρέπει να ξεπερνά τα 0,5 m/s για τα ενήλικα και τα 0,25 m/s για τα νεαρά βοοειδή (0-4 μηνών) (Capdeville and Tillie 1995) ούτε βέβαια και να παρεμποδίζεται πλήρως η κίνησή του στα υψηλότερα σημεία των ζωοστασίων, αφού στην περίπτωση αυτή ο αερισμός τους (απαραίτητος για τη μείωση της σχετικής υγρασίας, των επιπέδων της αμμωνίας και της συγκέντρωσης των παθογόνων μικροοργανισμών), θα είναι αδύνατος (Capdeville and Tillie 1995, Graves and Brugger 1996, Fox and Tylutki 1998, Κατσαούνης 2000). Αντίθετα, κατά τη θερινή περίοδο επιζητείται η αυξημένη ταχύτητα του ανέμου (4-5 m/s), με σκοπό τη μείωση της θερμοκίνησης καταπόνησης των ζώων (Capdeville and Tillie 1995, Veenhuizen 1996, Κατσαούνης 2000).

Σε ό,τι αφορά τη συνδυασμένη επίδραση των κλιματικών παραγόντων, αντικείμενο συστηματικής μελέτης έχει αποτελέσει η θερμοκίνηση καταπόνηση των βοοειδών και έχουν δημοσιευθεί αξιολογικές βιβλιογραφικές ανασκοπήσεις (π.χ. Kadzere et al 2002). Ο Δείκτης Θερμοκρασίας-Υγρασίας (Temperature-Humidity Index ή T.H.I.) (Fuquay 1981, Armstrong 1994) είναι ο γνωστότερος δείκτης που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της θερμοκίνησης καταπόνησης. Πιο πρόσφατα (Fox and Tylutki 1998) και με σκοπό την ακριβέστερη περιγραφή των συνθηκών που προκαλούν θερμοκίνηση καταπόνηση, έχει προταθεί ο Δείκτης «Αποτελεσματικής» Θερμοκρασίας (Effective Temperature Index), ο οποίος και χρησιμοποιήθηκε για τον προσδιορισμό της επίδρασης των κλιματικών παραγόντων στις ανάγκες για καθαρή ενέργεια των γαλακτοπαραγωγών αγελάδων για τη συντήρησή τους ( $NE_m$ ). Αντίθετα, η συνδυασμένη (αρνητική) επίδραση των κλιματικών παραγόντων κατά τη χειμερινή περίοδο, μόλις πρόσφατα (National Research Council 2001) έχει γίνει προσπάθεια να εκφραστεί ποσοτικά.

Η παρούσα εργασία έχει ως αντικειμενικό σκοπό τη μελέτη των κλιματικών παραγόντων στην κύρια περιοχή άσκησης της βοοτροφικής δραστηριότητας στην Ελλάδα, ώστε τα αποτελέσματα να χρησιμοποιηθούν ως βάση για το σχεδιασμό των βουστασίων.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η περιοχή η οποία επιλέχθηκε για τη μελέτη των κλιματικών παραγόντων είναι η ευρύτερη περιοχή του Νομού Θεσσαλονίκης, στην οποία υπολογίζεται ότι παράγεται το 30% της εθνικής παραγωγής αγελαδινού γάλατος (Apostolopoulos 1999).

Η μορφολογία του εδάφους της συγκεκριμένης περιοχής ποικίλλει σημαντικά και περιλαμβάνει την πεδιάδα της Θεσσαλονίκης (η οποία επεκτείνεται εντός των ορίων των Νομών Ημαθίας και Πέλλας προς δυσμάς και του Νο-

known index used to measure heat stress (Fuquay 1981, Armstrong 1994). More recently and in order to describe more accurately the conditions that cause heat stress, an "Effective Temperature Index" (E.T.I.) has been proposed (Fox and Tylutki 1998). This index has been used to account for the combined effect of the climatic factors on the net energy requirements for maintenance ( $NE_m$ ) of dairy cows. In contrast, the combined (negative) effect of the climatic factors during winter has just recently been addressed quantitatively (National Research Council 2001).

The objective of this paper is to study the climatic factors in the main dairy farming area of Greece and use the results as a basis for the design of cattle barns.

## MATERIALS AND METHODS

The area that was selected for the study of the climatic factors is the broader area of Thessaloniki County. It is estimated that cow milk production in this area is greater than 30% of the national production (Apostolopoulos 1999).

The geography of the area is diverse. It includes the plain of Thessaloniki (which extends to the counties of Imathia and Pella to the west and the county of Kilkis to the north), the basin of Lagadas, the semi-mountainous area of Sokhos and the mountainous areas of Vertiskos and Khortiatis. Dairy farming is intense in the plain of Thessaloniki and in the areas of Lagadas-N. Appolonia and Sokhos.

The data on climatic factors were collected by the Greek National Service of Meteorology (NSM station No 622, Mikra). It is considered that this data can be used as a basis to study the climatic conditions that prevail mainly in the plain of Thessaloniki and the basin of Lagadas. These areas are within a range of 30-40 km from the station, have a similar altitude and hydrological conditions (rivers and lakes respectively), and are classified in the same or an analogous zone concerning their average sunlight hours, barometry, annual temperature range, relative humidity and precipitation (Flokas 1997).

The data was collected for 1990-1999, including temperature, relative humidity, wind and precipitation. The data on the first three factors include, for each day, eight measurements (every three hours, 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 and 21:00) and are expressed in degrees Centigrade (temperature), as a percentage (relative humidity), in degrees (wind direction) and knots (wind speed). The data on precipitation are 24-hour observations and include total precipitation in millimeters and total duration in hours and minutes.

The data were studied in three ways. The first analysis was the individual study of each climatic factor. The second analysis was the study of each climatic factor during each season of the year and finally the combined effect of the factors was assessed.

μού Κιλκίς προς βορρά), τη λεκάνη του Λαγκαδά, την ημιορεινή περιοχή του Σοχού και τις ορεινές του Βεργίτσου και του Χορτιάτη. Η αγελαδοτροφική δραστηριότητα είναι έντονη στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης και στις περιοχές Λαγκαδά-Ν. Απολλωνίας και Σοχού.

Τα στοιχεία των κλιματικών παραγόντων προέρχονται από μετρήσεις της Εθνικής Μετεωρολογικής Υπηρεσίας (σταθμός 622, Μίκρα) και εκτιμάται ότι είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθούν ως βάση μελέτης των συνθηκών οι οποίες επικρατούν στην πεδιάδα της Θεσσαλονίκης κυρίως και δευτερευόντως στη λεκάνη του Λαγκαδά. Οι περιοχές αυτές βρίσκονται εντός ακτίνας 30-40 χιλιομέτρων από το σταθμό μέτρησης, έχουν παρόμοιο υψόμετρο και υδρογραφία (ποταμοί και λίμνες αντίστοιχα) και κατατάσσονται στην ίδια (ή ανάλογη) ζώνη σε ό,τι αφορά τη μέση διάρκεια ηλιοφάνειας, τη μέση βαρομετρική κατάσταση, το ετήσιο θερμομετρικό εύρος, τη μέση σχετική υγρασία και το μέσο βροχομετρικό ύψος (Φλόκας 1997).

Τα στοιχεία αφορούν τη δεκαετία 1990-1999 και οι κλιματικοί παράγοντες που μελετήθηκαν είναι η θερμοκρασία, η σχετική υγρασία, ο άνεμος και ο νετός. Τα στοιχεία των τριών πρώτων παραγόντων περιλαμβάνουν, για κάθε ημέρα, οκτώ μετρήσεις (ανά τρίωρο, δηλαδή τις ώρες 00:00, 03:00, 06:00, 09:00, 12:00, 15:00, 18:00 και 21:00) και εκφράζονται, η θερμοκρασία σε βαθμούς Κελσίου, η σχετική υγρασία επί τοις εκατό, η διεύθυνση του ανέμου σε μοίρες και η ένταση του ανέμου σε κόμβους. Τα στοιχεία του νετού αφορούν ολόκληρο το 24ωρο και εκφράζονται: το συνολικό ύψος σε χιλιοστά του μέτρου και η συνολική διάρκεια σε ώρες και πρώτα λεπτά.

Η μελέτη των κλιματικών παραγόντων έγινε σε τρία στάδια. Στο πρώτο, μελετήθηκαν ξεχωριστά τα χαρακτηριστικά καθενός από αυτούς. Σε δεύτερο στάδιο μελετήθηκαν τα χαρακτηριστικά τους ανά εποχή του έτους και σε τρίτο η συνδυασμένη επίδρασή τους.

Σύμφωνα με όσα αναφέρονται στην εισαγωγή, υπολογίστηκε αρχικά ο αριθμός των ωρών που περιλαμβάνονται, ανά έτος, σε κάθε μία από τις παρακάτω πέντε ζώνες θερμοκρασίας: α) Ζώνη T-1: λιγότερο από  $-5^{\circ}\text{C}$ , β) Ζώνη T-2: από  $-5^{\circ}\text{C}$  έως  $5^{\circ}\text{C}$ , γ) Ζώνη T-3: από  $5^{\circ}\text{C}$  έως  $22^{\circ}\text{C}$  (ανώτατο όριο ουδέτερης θερμοκλής ζώνης  $20^{\circ}\text{C}$  έως  $25^{\circ}\text{C}$ ), δ) Ζώνη T-4: από  $22^{\circ}\text{C}$  έως  $30^{\circ}\text{C}$  και ε) Ζώνη T-5: περισσότερο από  $30^{\circ}\text{C}$ .

Με βάση τη διακύμανση της θερμοκρασίας κατά τη διάρκεια του 24ώρου (εξαιρέθηκαν οι τρεις θερμότερες ή οι τρεις ψυχρότερες ώρες της ημέρας), διαμορφώθηκαν επίσης πέντε τύποι ημέρας: 1) Ημέρα τύπου T-A: κατά τη διάρκειά της η θερμοκρασία παραμένει χαμηλότερη από  $5^{\circ}\text{C}$ , το λιγότερο επί 21 ώρες, 2) Ημέρα τύπου T-B: κατά τη διάρκειά της η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από  $5^{\circ}\text{C}$  για περισσότερες από 3 και λιγότερες από 21 ώρες, ενώ η μέγιστη θερμοκρασία δεν ξεπερνά τους  $22^{\circ}\text{C}$ , 3) Ημέρα τύπου T-C: κατά τη διάρκειά της η θερμοκρασία παραμένει μεταξύ  $5^{\circ}\text{C}$  και  $22^{\circ}\text{C}$ , το λιγότερο επί 21 ώρες, 4) Ημέρα τύπου T-D: κατά τη διάρκειά της η θερμοκρασία είναι

The number of hours that are included in the following temperature zones per year was calculated: a) *Zone T-1*: less than  $-5^{\circ}\text{C}$ , b) *Zone T-2*: from  $-5^{\circ}\text{C}$  to  $5^{\circ}\text{C}$ , c) *Zone T-3*: from  $5^{\circ}\text{C}$  to  $22^{\circ}\text{C}$  (upper limit of the thermo-neutral zone at  $20^{\circ}\text{C}$ - $25^{\circ}\text{C}$ ), d) *Zone T-4*: from  $22^{\circ}\text{C}$  to  $30^{\circ}\text{C}$  and e) *Zone T-5*: more than  $30^{\circ}\text{C}$ .

The daily fluctuation in temperature during the 24-hour day period (the three hottest or the three coldest hours of the day were excluded) was classified as "Temperature day-types": 1) *Day type T-A*: temperature remains lower than  $5^{\circ}\text{C}$ , for at least 21 hours, 2) *Day-type T-B*: temperature remains lower than  $5^{\circ}\text{C}$ , for more than 3 and less than 21 hours and maximum temperature does not exceed  $22^{\circ}\text{C}$ , 3) *Day-type T-C*: temperature remains between  $5^{\circ}\text{C}$  and  $22^{\circ}\text{C}$ , for at least 21 hours, 4) *Day-type T-D*: temperature remains higher than  $22^{\circ}\text{C}$ , for more than 3 and less than 21 hours and minimum temperature is not less than  $5^{\circ}\text{C}$  and 5) *Day-type T-E*: temperature remains above  $22^{\circ}\text{C}$ , for at least 21 hours.

The study on relative humidity conditions followed a similar methodology. The first step was the calculation of the number of hours per year that are included in each of the following relative humidity zones: a) *Zone H-1*: relative humidity clearly lower (more than 5%) than the lowest desirable, b) *Zone H-2*: relative humidity near the lowest limit (up to 5% less than the lowest desirable), c) *Zone H-3*: relative humidity clearly inside the acceptable limits (from lowest desirable up to 5% less than the highest desirable), d) *Zone H-4*: relative humidity near the highest limit (up to 5% less than the highest desirable) and e) *Zone H-5*: relative humidity clearly higher than the highest desirable. Moreover, the number of hours per year, that relative humidity reached or exceeded the "absolute high value" of 90%, was also calculated.

Relative humidity was very variable during the 24-hour period of the day, so the time limit of 12 hours was selected in order to make the classification in "Day-types". Thus the following five "Day-types" were formed: 1) *Day-type H-A*: relative humidity remains clearly lower than the desirable level for more than 12 hours, 2) *Day-type H-B*: relative humidity remains clearly lower than the desirable level for more than 3 and less than 12 hours, 3) *Day-type H-C*: relative humidity values remain within the desirable zone for at least 21 hours or present a diurnal fluctuation outside this zone, both lower and higher, but the difference in their duration is less than 3 hours, 4) *Day-type H-D*: relative humidity remains higher than the desirable level for more than 3 and less than 12 hours and 5) *Day-type H-E*: relative humidity remains higher than the desirable level for more than 12 hours.

The study on the prevailing winds included their direction and their velocity. After a preliminary study, they were classified, according to their direction, in four classes: a) East-Southeast winds (40-130 degrees), b) South winds (140-210 degrees), c) Southwest-West winds (220-290

υψηλότερη από 22 °C για περισσότερες από 3 και λιγότερες από 21 ώρες, ενώ η ελάχιστη θερμοκρασία δεν είναι χαμηλότερη από 5 °C και 5) Ημέρα τύπου T-E: κατά τη διάρκειά της η θερμοκρασία παραμένει υψηλότερη από 22 °C, το λιγότερο επί 21 ώρες.

Η μελέτη των συνθηκών σχετικής υγρασίας έγινε με ανάλυση μεθοδολογία. Αρχικά υπολογίστηκε ο αριθμός των συνολικών ωρών ανά έτος που περιλαμβάνονται σε κάθε μία από τις παρακάτω ζώνες σχετικής υγρασίας: α) Ζώνη H-1: σχετική υγρασία σαφώς χαμηλότερη (περισσότερο από 5%) από την ελάχιστη επιθυμητή, β) Ζώνη H-2: σχετική υγρασία οριακά χαμηλή (έως 5% λιγότερο από την ελάχιστη επιθυμητή), γ) Ζώνη H-3: σχετική υγρασία σαφώς εντός των αποδεκτών ορίων (ελάχιστη επιθυμητή έως 5% χαμηλότερη από τη μέγιστη επιθυμητή), δ) Ζώνη H-4: σχετική υγρασία οριακά υψηλή (έως 5% χαμηλότερη από τη μέγιστη επιθυμητή) και ε) Ζώνη H-5: σχετική υγρασία υψηλότερη από τη μέγιστη επιθυμητή. Επιπλέον υπολογίστηκε ο αριθμός των ωρών του έτους κατά τις οποίες η σχετική υγρασία έφτανε ή ξεπερνούσε την «απόλυτα υψηλή» τιμή του 90%.

Η διακύμανση της σχετικής υγρασίας κατά τη διάρκεια του 24ωρου ήταν μεγάλη και επελέγη το χρονικό όριο των 12 ωρών για το χαρακτηρισμό των τύπων ημέρας. Έτσι διαμορφώθηκαν οι παρακάτω πέντε τύποι ημέρας: 1) Ημέρα τύπου H-A: κατά τη διάρκειά της η σχετική υγρασία παραμένει σαφώς χαμηλότερη από την επιθυμητή περισσότερες από 12 ώρες, 2) Ημέρα τύπου H-B: κατά τη διάρκειά της η σχετική υγρασία παραμένει σαφώς χαμηλότερη από την επιθυμητή για περισσότερες από 3 και λιγότερες από 12 ώρες, 3) Ημέρα τύπου H-C: κατά τη διάρκειά της η σχετική υγρασία παραμένει εντός των αποδεκτών ορίων, το λιγότερο επί 21 ώρες ή παρουσιάζει διακύμανση σε όρια υψηλότερα και χαμηλότερα από τα επιθυμητά, η διαφορά όμως της χρονικής διάρκειάς τους είναι μικρότερη των 3 ωρών, 4) Ημέρα τύπου H-D: κατά τη διάρκειά της η σχετική υγρασία παραμένει υψηλότερη από την επιθυμητή για περισσότερες από 3 και λιγότερες από 12 ώρες και 5) Ημέρα τύπου H-E: κατά τη διάρκειά της η σχετική υγρασία παραμένει υψηλότερη από την επιθυμητή για περισσότερες από 12 ώρες.

Οι άνεμοι που επικρατούν στην περιοχή μελετήθηκαν ως προς τη διεύθυνση και την έντασή τους. Μετά από προκαταρκτική μελέτη, αυτοί κατατάχθηκαν, ως προς τη διεύθυνσή τους, σε τέσσερις κατηγορίες: α) Άνεμοι Ανατολικοί-Νοτιοανατολικοί (40-130 μοίρες), β) Άνεμοι Νότιοι (140-210 μοίρες), γ) Άνεμοι Νοτιοδυτικοί-Δυτικοί (220-290 μοίρες) και δ) Άνεμοι Βορειοδυτικοί-Βόρειοι (300-30 μοίρες). Για τη μελέτη τους ως προς την ένταση, χρησιμοποιήθηκε η ανεμολογική κλίμακα Beaufort (Φλόκας 1997) καθώς οι κτηνοτρόφοι είναι εξοικειωμένοι με αυτήν, ταυτόχρονα χρησιμοποιήθηκαν όμως και άλλες μονάδες (km/h). Υπολογίστηκε επίσης ο αριθμός δύο τύπων ημέρας: 1) Ημέρα «Βαρδάρη» (τοπικός άνεμος με διεύθυνση 300-360 μοίρες και ένταση μεγαλύτερη από 15 κόμβους -27 km/h ή 5 Beaufort). Η συνθηθέστερη διάρκειά του εί-

degrees) and d) Northwest-North winds (300-30 degrees). Their velocity was studied according to the Beaufort wind scale (Flokas 1997), because farmers are accustomed to it, but S.I. units (km/h) are used as well. The number of two "Day-types" was also calculated: 1) Days of "Vardaris": local wind, 300-360 degrees direction, velocity of more than 15 knots or 27 km/h (5 degrees on the Beaufort scale). This wind usually lasts for 1-2 days (Flokas 1997). In order to classify a day in this "day-type", it should have blown for more than 12 consecutive hours in the same 24-hour period and 2) Calm days: no wind for at least 12 consecutive hours (as for the previous day-type).

The study on precipitation includes: a) monthly and annual averages, b) the average number of monthly and annual precipitation days and c) the classification of precipitation days (Pennas et al. 1997) in five classes: 1) Day-type P-A: very light rain (0,1-1 mm), 2) Day-type P-B: light rain (1,1-2,5 mm), 3) Day-type P-C: intermediate rain (2,6-5,5 mm), 4) Day-type P-D: heavy rain (5,6-11,5 mm) and 5) Day-type P-E: very heavy rain (more than 11,6 mm). For all classes, both the average annual number of days and the average daily duration were calculated. It must be noted that the data included days with "traces of rain" with a reported precipitation of zero (0) mm. These days were not included in the study.

The definition of seasons (winter, spring, summer, fall) for cattle in the area was based on the temperature "day-type" classification. The last T-B day defined the end of the winter period and the beginning of spring, except for the years 1994 and 1996, during which, a longer than a week time-period of T-C days intervened before the last (1 or 2) days of the T-B type. More than three consecutive days of the T-D type defined the beginning of the summer period, while the last day of this type defined its end and the beginning of fall, except for the year 1992, during which, a longer than a week time-period of T-C days intervened before the last day of the T-D type. Finally, more than three consecutive days of the T-B (or even the T-A) type, defined the beginning of the winter period. Data on all other climatic factors were then classified and studied for each season.

The Temperature-Humidity Index and the Effective Temperature Index were calculated as follows:

a)  $T.H.I. = 0.72x(W + D) + 40.6$ , where W is wet bulb and D is dry bulb temperature in °C.

b)  $E.T.I. = 27,88 - (0,456 x T) + (0,010754 x T^2) - (0,4905 x RH) + (0,00088 x RH^2) + (1,1507 x W) - (0,126447 x W^2) + (0,019876 x T x RH) - (0,046313 x T x W) + (0,4167 x S)$ , where: a) T= Average daily temperature (in °C) b) RH= Average daily relative humidity (%) c) W= Average wind velocity, m/s and d) S= Average daily exposure to direct sunlight, in hours.

Values of 72 and 27, for the Temperature-Humidity and Effective Temperature Indexes respectively, were set as lower limits for the heat stress zones (Fuquay 1981, Fox

να 1-2 ημέρες (Φλόκας 1997) συνεπώς για να χαρακτηριστεί έτσι μια ημέρα θα πρέπει αυτός να φουσά για περισσότερο από 12 συνεχόμενες ώρες στο ίδιο 24ωρο και 2) Ημέρα νηνεμίας (άπνοια διάρκειας τουλάχιστον 12 συνεχόμενων ωρών, κατ' αντιστοιχία με τον προηγούμενο τύπο ημέρας).

Σε ό,τι αφορά τον υετό, η μελέτη περιλαμβάνει: α) τον υπολογισμό του μέσου μηνιαίου και ετήσιου ύψους του, β) τον υπολογισμό του μέσου μηνιαίου και ετήσιου αριθμού ημερών υετού και γ) την κατάταξη των ημερών υετού, ανάλογα με το ημερήσιο ύψος του (Πέννας και συν. 1997), στους εξής πέντε τύπους: 1) *Ημέρα τύπου P-A*: πολύ ασθενής (0,1-1 χιλ.), 2) *Ημέρα τύπου P-B*: ασθενής (1,1-2,5 χιλ.), 3) *Ημέρα τύπου P-C*: μέτριος (2,6-5,5 χιλ.), 4) *Ημέρα τύπου P-D*: έντονος (5,6-11,5 χιλ.) και 5) *Ημέρα τύπου P-E*: πολύ έντονος (περισσότερο από 11,6 χιλ.). Για κάθε τύπο υπολογίστηκε τόσο ο μέσος ετήσιος αριθμός ημερών όσο και η μέση διάρκεια του φαινομένου ανά ημέρα. Επισημαίνεται εδώ ότι τα στοιχεία της Ε.Μ.Υ. περιλαμβάνουν και ημέρες με "ίχνη βροχής", για τα οποία αναφέρεται ύψος υετού μηδέν (0) χιλιοστά. Οι ημέρες αυτές δεν συμπεριλήφθηκαν στη μελέτη.

Ο καθορισμός των περιόδων-εποχών (χειμώνας, άνοιξη, θέρος, φθινόπωρο) για τα βοοειδή στη συγκεκριμένη γεωγραφική περιοχή, στηρίχθηκε στην κατάταξη των ημερών του έτους σε τύπους, με βάση τη θερμοκρασία. Η τελευταία ημέρα του τύπου T-B καθόριζε το τέλος της χειμερινής περιόδου και την έναρξη της εαρινής, εκτός από τα έτη 1994 και 1996, κατά τα οποία, πριν από τις τελευταίες (1 ή 2) ημέρες αυτού του τύπου, μεσολαβούσε διάστημα μεγαλύτερο της εβδομάδας από ημέρες του τύπου T-C. Περισσότερες από τρεις συνεχόμενες ημέρες του τύπου T-D καθόριζαν την έναρξη της θερινής περιόδου, ενώ η τελευταία ημέρα αυτού του τύπου σηματοδοτούσε το τέλος της και την έναρξη της φθινοπωρινής, εκτός από το έτος 1992, κατά το οποίο, πριν από την τελευταία ημέρα του τύπου T-D, προηγήθηκε διάστημα μεγαλύτερο της εβδομάδας από ημέρες του τύπου T-C. Τέλος, περισσότερες από τρεις συνεχόμενες ημέρες του τύπου T-B (ή και του τύπου T-A) σήμαιναν την έναρξη της χειμερινής περιόδου. Στη συνέχεια ταξινομήθηκαν και μελετήθηκαν ανά εποχή και τα στοιχεία των υπόλοιπων κλιματικών παραγόντων.

Οι Δείκτες: α) Θερμοκρασίας-Υγρασίας (T.H.I.), και β) «Αποτελεσματικής» Θερμοκρασίας (E.T.I.) υπολογίστηκαν από τους παρακάτω τύπους:

α)  $THI = 0,72 \times (W + D) + 40,6$  όπου W και D η θερμοκρασία του υγρού και του ξηρού θερμομέτρου αντίστοιχα.

β)  $ETI = 27,88 - (0,456 \times T) + (0,010754 \times T^2) - (0,4905 \times RH) + (0,00088 \times RH^2) + (1,1507 \times W) - (0,126447 \times W^2) + (0,019876 \times T \times RH) - (0,046313 \times T \times W) + (0,4167 \times S)$  όπου: T = Μέση ημερήσια θερμοκρασία σε °C, RH = Μέση ημερήσια σχετική υγρασία %, W = Μέση ταχύτητα του ανέμου σε m/s και S = Μέση ημερήσια απευθείας έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία σε h.

and Tylutki 1998).

The use of the Temperature-Humidity Index (T.H.I.) is the classical method for measuring the number of heat-stress days. The Effective Temperature Index (E.T.I.) is a more dynamic model and it was used to examine the effect of changing values of its parameters on the number of heat-stress days that it identifies in the following hypothetical cases: a) *Case C-1*: Values of climatic factors in the microclimate, identical to those in the atmosphere and direct exposure of cattle to sunlight for 6 hours per day, b) *Case C-2*: Microclimate conditions, identical to those of C-1, except for relative humidity (5% increase), c) *Case C-3*: Microclimate conditions, identical to those of C-1, except for wind velocity (50% decrease), d) *Case C-4*: Atmospheric temperature, relative humidity increased by 5%, wind velocity decreased by 50%, 6-hour period of direct exposure to sunlight per day and e) *Case C-5*: Microclimate conditions, identical to those of C-1, except for daily sunlight exposure (3-hour period).

For the winter period, there are no similar equations for the estimation of cold stress using the above climatic factors (temperature, relative humidity, wind speed, direct exposure to sunlight), but it is well known that an increase in wind velocity of 1 m/s results in a decreased temperature sensation of at least 2°C (Capdeville and Tillie 1995, National Research Council 2001). Based on this principle, the change in the average annual number of temperature day-types of T-A, T-B and T-C was calculated when cattle were exposed to winds during the winter period, a) in the case that wind velocity is decreased by 50% in their housed environment and b) when cattle are totally unprotected (100% wind exposure). Moreover, the average number of winter days of both low temperature (T-A and T-B day types) and high relative humidity (H-D and H-E day types), *LT-HRH day-type*, was also calculated in both of the previous cases.

For the statistical description, the arithmetic mean and the standard error were used (Giannakopoulos 1996). All calculations were made with the use of the Excel 2000 software program.

## RESULTS AND DISCUSSION

### a. The climatic factors

#### 1. Temperature

The average number of hours per temperature zone per year and the respective average annual percentage of each zone's duration are presented in Table 1. The number of hours of very low temperature (T-1 zone, negative effect on cattle productivity) is very small. The relatively cold T-2 zone, during which is necessary to provide protection to young calves, but a negative effect on the productivity of older cattle is doubtful, constitutes only 11.3% of total year duration. The ideal temperature zone for cattle (T-3 zone) constitutes its largest part (5,527 hours, 63.1%). The zones of high temperature, during which cattle productivity is



Ως κατώτατα όρια για τις ζώνες θερμοκλής καταπόνησης ορίστηκαν οι τιμές 72 και 27, για τους δείκτες Τ.Η.Ι και Ε.Τ.Ι αντίστοιχα (Fuquay 1981, Fox and Tylutki 1998).

Η χρήση του Δείκτη Θερμοκρασίας-Υγρασίας (Τ.Η.Ι.) αποτελεί την κλασική μέθοδο μέτρησης του αριθμού των ημερών θερμοκλής καταπόνησης. Ο Δείκτης «Αποτελεσματικότητας» Θερμοκρασίας (Ε.Τ.Ι.) αποτελεί ένα πιο δυναμικό περιγραφικό μοντέλο και χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο των παρακάτω υποθετικών περιπτώσεων με σκοπό τη διαπίστωση της επίδρασης που έχει η μεταβολή των παραμέτρων του στον αριθμό των ημερών θερμοκλής καταπόνησης που «εντοπίζει»: α) *Υπόθεση C-1*: Τιμές κλιματικών παραγόντων στο μικροκλίμα ίδιες με τις ατμοσφαιρικές και δωρη απευθείας έκθεση των ζώων στην ηλιακή ακτινοβολία, β) *Υπόθεση C-2*: Συνθήκες μικροκλίματος ίδιες με την υπόθεση C-1, εκτός από τη σχετική υγρασία (αυξημένη κατά 5%), γ) *Υπόθεση C-3*: Συνθήκες μικροκλίματος ίδιες με την υπόθεση C-1, εκτός από την ταχύτητα του ανέμου (μειωμένη κατά 50%), δ) *Υπόθεση C-4*: Μικροκλίμα με θερμοκρασία ίδια με την ατμοσφαιρική, σχετική υγρασία αυξημένη κατά 5%, ταχύτητα του ανέμου μειωμένη κατά 50%, δωρη έκθεση των ζώων στην ηλιακή ακτινοβολία και ε) *Υπόθεση C-5*: Συνθήκες μικροκλίματος ίδιες με την υπόθεση C-1, αλλά με 3ωρη απευθείας έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία.

Σε ό,τι αφορά τη χειμερινή περίοδο, δεν έχουν προταθεί ανάλογες συναρτήσεις για την εκτίμηση της καταπόνησης που προκαλείται από το ψύχος, οι οποίες να χρησιμοποιούν τους παραπάνω κλιματικούς παράγοντες (θερμοκρασία, σχετική υγρασία, ταχύτητα του ανέμου και έκθεση στην ηλιακή ακτινοβολία). Είναι όμως γνωστή η μείωση της αίσθησης της θερμοκρασίας κατά τουλάχιστον 2 °C, την οποία προκαλεί στα βοοειδή μια αύξηση της ταχύτητας του ανέμου κατά 1 m/s (Capdeville and Tillie 1995, National Research Council 2001). Με βάση αυτή την αρχή, υπολογίστηκε η μεταβολή του αριθμού των θερμοκρασιακών τύπων ημέρας T-A, T-B και T-C, από την έκθεση των ζώων στους ανέμους της περιοχής κατά τη χειμερινή περίοδο, α) στην περίπτωση κατά την οποία η ταχύτητα του ανέμου είναι, στο χώρο διαβίωσής τους, μειωμένη κατά 50% και β) στην περίπτωση κατά την οποία δεν τους παρέχεται καμία προστασία (100% έκθεση στους ανέμους). Επιπλέον, υπολογίστηκε ο μέσος ετήσιος αριθμός των ημερών της χειμερινής περιόδου (*ημέρες τύπου LT-HRH*), κατά τις οποίες συνυπάρχουν συνθήκες χαμηλής θερμοκρασίας (*ημέρες τύπου T-A και T-B*) και υψηλής σχετικής υγρασίας (*ημέρες τύπου H-D και H-E*), τόσο στην περίπτωση πλήρους προστασίας των βοοειδών από τον άνεμο όσο και στις δύο περιπτώσεις που περιγράφονται παραπάνω.

Για την περιγραφή των στατιστικών στοιχείων χρησιμοποιήθηκε ο αριθμητικός μέσος όρος (arithmetic mean) και το τυπικό σφάλμα (standard error) (Γιαννακόπουλος 1996). Όλοι οι υπολογισμοί έγιναν με τη χρήση του προγράμματος Excel 2000.

negatively affected, that is, the warm T-4 zone and the hot T-5 zone, together constitute approximately 25.6% of total year duration.

The average number of each "temperature day-type" per year and the respective average annual percentage of each day-type are also presented in Table 1. The relatively "cold" T-A days, during which is necessary to provide protection to young calves and the productivity of older cattle could be impaired are rare (11.7 per year or 3.2%). The cool T-B and the mild T-C days constitute 18.2% and 38.1% respectively, of total year duration. On the contrary, warm T-D and hot T-E days are rather frequent (147.5 days) and their percentage is relatively high (40.4%). During these days, a decrease in cattle productivity is expected.

These results suggest that high temperatures cause a substantial problem for cattle farming in the area than low temperatures do. However, it becomes evident that prevailing temperature conditions are not extreme either in intensity or in duration. This supports the view that other climatic factors (relative humidity, wind velocity) and housing conditions are important in cold or hot temperature stress.

## 2. Relative humidity

The average number of hours per relative humidity zone per year and the respective average annual percentage of each zone's duration are presented in Table 1. The H-1 zone (low relative humidity) constitutes 12.6% of total year duration while the desirable H-2 and H-3 zones together constitute 42.3% of its total duration. The H-4 zone (relative humidity reaching the upper desirable limit), together with the H-5 zone (relative humidity values clearly beyond it), during which cattle's productivity could be impaired, constitute approximately 45.1% of the total year duration. Moreover, relative humidity reaches and exceeds the "absolute value" of 90% for more than 20% of its annual duration (21.4 ± 1.2). These results are related to atmospheric relative humidity values. Inside cattle barns, these values should normally be higher and the percentage of H-4 and H-5 zones might be even greater.

The average number of each "relative humidity day-type" per year and the respective average annual percentage of each day-type are also presented in Table 1. The H-A and H-B days, during which low relative humidity prevails, are few (14.3% of total year duration). In contrast, the number of the high relative humidity days of the H-D and H-E types is quite large (233.6 days) and the respective percentage high (64%). H-E type days constitute almost half of total year duration (45.4%). "Normal", H-C type days, constitute only about 21.7% of annual duration, but in reality, about half of them present low and high relative humidity values of almost equal duration.

These results suggest that high relative humidity creates a problem in cattle farming and animal management in the area of the study. Furthermore, the high relative humidity

**Πίνακας 1.** Αριθμός και κατανομή (%) των ωρών και των ημερών του έτους ανά ζώνη και ανά τύπο ημέρας αντίστοιχα, σε σχέση με τη θερμοκρασία και τη σχετική υγρασία.

**Table 1.** Number and distribution (%) of year hours and days per zone and per day-type respectively, in relation with temperature and relative humidity.

Ζώνη Zone	Μέσος όρος (± s.e.) Mean (± s.e.)	%	Τύπος ημέρας Day-type	Μέσος όρος (± s.e.) Mean (± s.e.)	%
<b>Θερμοκρασία/Temperature</b>					
T-1	5.9±3.7	0.1	T-A	11.7±2.1	3.2
T-2	987.7±65.1	11.3	T-B	66.6±3.9	18.3
T-3	5526.9±71.2	63.1	T-C	139.2±5.4	38.1
T-4	1922.1±45.2	21.9	T-D	113.8±3.2	31.2
T-5	317.4±27.8	3.6	T-E	33.7±3.8	9.2
<b>Σχετική υγρασία/Relative humidity</b>					
H-1	1103.4±75.4	12.6	H-A	19.7±2.4	5.4
H-2	467.1±21.9	5.3	H-B	32.6±3.4	8.9
H-3	3237.6±46.5	37.0	H-C	79.1±3.1	21.7
H-4	957.9±34.7	10.9	H-D	67.9±1.8	18.6
H-5	2994.0±122.3	34.2	H-E	165.7±7.7	45.4

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### α. Οι κλιματικοί παράγοντες

#### 1. Θερμοκρασία

Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται τόσο ο μέσος αριθμός των ωρών ανά ζώνη θερμοκρασίας ανά έτος όσο και το μέσο ποσοστό της διάρκειας του έτους που καταλαμβάνει κάθε ζώνη. Ο αριθμός των ωρών κατά τις οποίες επικρατεί πολύ χαμηλή θερμοκρασία (Ζώνη T-1, αρνητική επίδραση στην παραγωγικότητα των βοοειδών) είναι πολύ μικρός. Η σχετικά ψυχρή Ζώνη T-2, κατά την οποία απαιτείται προστασία των νεαρών μόσχων, αλλά η αρνητική επίδραση στην παραγωγικότητα των υπολοίπων βοοειδών είναι αμφίβολη, αποτελεί μόνο το 11,3% της συνολικής διάρκειας του έτους. Η ιδανική από πλευράς θερμοκρασίας για τα βοοειδή Ζώνη T-3 αποτελεί το μεγαλύτερο τμήμα του (5.527 ώρες, 63,1%). Οι ζώνες υψηλής θερμοκρασίας, κατά τις οποίες η παραγωγικότητα των βοοειδών επηρεάζεται αρνητικά, δηλαδή η θερμή Ζώνη T-4 και η πολύ θερμή Ζώνη T-5 αποτελούν μαζί το 25,6% περίπου της συνολικής διάρκειας του έτους.

Στον ίδιο πίνακα παρουσιάζεται ο μέσος αριθμός των ημερών κάθε τύπου ανά έτος και το ποσοστό της διάρκειας του έτους που καταλαμβάνει ο κάθε τύπος. Οι «ψυχρές» ημέρες τύπου T-A, κατά τις οποίες απαιτείται προστασία των νεαρών μόσχων και η παραγωγικότητα των υπολοίπων βοοειδών θα μπορούσε να επηρεαστεί αρνητικά, είναι σπάνιες (11,7 ανά έτος ή 3,2%). Οι δροσερές ημέρες τύπου T-B αποτελούν το 18,2% της συνολικής διάρκειας του έτους, ενώ οι ήπιες ημέρες τύπου T-C το 38,1%. Αντίθετα, σχετικά μεγάλος είναι ο μέσος αριθμός (147,5) και υψηλό το μέσο ποσοστό (40,4%) των θερμών και των πολύ θερμών ημερών τύπου T-D και T-E. Τις ημέρες αυτές αναμένεται μείωση της παραγωγικότητας των βοοειδών.

Τα στοιχεία αυτά επιβεβαιώνουν την εμπειρική αντί-

incidence is intense and can last for long periods of time. As high relative humidity, combined with both low and high temperatures adversely, affects cattle productivity, the importance of adequate ventilation of barns, during all seasons of the year, in order to achieve satisfactory housing conditions, becomes obvious.

#### 3. Wind

The study suggested that, on average, in 32.5±1.0% of the year prevail calm conditions.

In periods that are not calm, winds blow mainly from a Northwest-North (39.5%, average velocity 11 knots – 19.8km/h or 4 on the Beaufort scale) and an East-Southeast (29.3%, average velocity 5.4 knots – 9.7 km/h or 2 on the Beaufort scale) direction. Winds, blowing from a South and a Southwest-West direction are relatively rare (14.3% and 16.9% respectively, average velocity 8.2 knots – 14.8km/h or 3 on the Beaufort scale).

The classification of winds in velocity classes showed that low (1-2 Beaufort degrees) and medium (3-4 Beaufort degrees) velocity winds represent about 50% and 38% of the total, respectively. Winds are stronger only in the rest 12% of the cases; their direction is mainly (91.6%) Northwest-North, but very rarely (about 86 hours per year – 0.1%) exceed 24 knots (43.2 km/h or 6 on the Beaufort scale).

Average number of calm days was 40.6±3.4 per year. "Vardaris" blows on average 31.8±3.4 days each year, but during the period of 1990-1999 the variation was large. Its maximum and minimum values were 50 (1991) and 17 (1994) days, respectively.

The high frequency of calm periods can create difficulties for the ventilation of barns. On the other hand, the winds that blow in the area are usually of low or medium velocity and most of the times can assist dairy

ληψη ότι οι υψηλές θερμοκρασίες αποτελούν το κύριο πρόβλημα στην εκτροφή των βοοειδών στην περιοχή και όχι οι χαμηλές. Γενικά όμως διαπιστώνεται ότι οι συνθήκες θερμοκρασίας που επικρατούν δεν είναι ακραίες ούτε σε ένταση ούτε και σε διάρκεια. Έτσι, καθίσταται φανερό η σημασία, τόσο των υπολοίπων κλιματικών παραγόντων (σχετική υγρασία, ένταση ανέμων) όσο και των συνθηκών σταβλισμού, σε ό,τι αφορά την αίσθηση του ψύχους ή της θερμότητας η οποία γίνεται αντιληπτή από τα ζώα.

## 2. Σχετική υγρασία

Στον πίνακα 1 παρουσιάζεται τόσο ο μέσος αριθμός των ωρών ανά ζώνη σχετικής υγρασίας ανά έτος όσο και το ποσοστό της διάρκειας του έτους που καταλαμβάνει κάθε ζώνη. Οι ώρες κατά τις οποίες επικρατεί σαφώς χαμηλή σχετική υγρασία (Ζώνη Η-1) αποτελούν το 12,6% της διάρκειας του έτους. Οι επιθυμητές από πλευράς σχετικής υγρασίας Ζώνες Η-2 και Η-3 αποτελούν μαζί το 42,3% της συνολικής διάρκειάς του. Οι ζώνες οριακά υψηλής και σαφώς υψηλότερης από το επιθυμητό σχετικής υγρασίας, κατά τις οποίες η παραγωγικότητα των βοοειδών επηρεάζεται αρνητικά, δηλαδή η Ζώνη Η-4 και Η-5 αποτελούν μαζί το 45,1% περίπου της συνολικής διάρκειας του έτους. Επιπλέον, η σχετική υγρασία φτάνει και ξεπερνά την «απόλυτα υψηλή» τιμή του 90%, για διάστημα μεγαλύτερο από το 20% της διάρκειάς του (21,4±1,2). Εδώ πρέπει να υπενθυμισθεί ότι τα αποτελέσματα αυτά αφορούν τις τιμές της σχετικής υγρασίας στην ατμόσφαιρα. Στο εσωτερικό των ζωοστασίων, οι τιμές της είναι λογικά υψηλότερες, συνελπώς το ποσοστό των ωρών Η-4 και Η-5 πρέπει να είναι ακόμα μεγαλύτερο.

Στον ίδιο πίνακα παρουσιάζεται ο μέσος αριθμός των ημερών κάθε τύπου ανά έτος και το ποσοστό της διάρκειας του έτους που καταλαμβάνει ο κάθε τύπος. Οι ημέρες τύπου Η-Α και Η-Β, κατά τις οποίες επικρατεί χαμηλή σχετική υγρασία είναι λίγες (συνολικά το 14,3% της διάρκειας του έτους). Αντίθετα, πολύ μεγάλος είναι ο αριθμός (233,6) και υψηλό το ποσοστό (64%) των ημερών τύπου Η-Δ και Η-Ε, δηλαδή εκείνων κατά τη διάρκεια των οποίων επικρατούν υψηλές τιμές σχετικής υγρασίας. Ειδικά αυτές του τύπου Η-Ε καταλαμβάνουν σχεδόν τη μισή διάρκεια του έτους (45,4%). Οι ημέρες του τύπου Η-Σ αποτελούν μόνο το 21,7% αλλά και οι μισές περίπου από αυτές δεν παρουσιάζουν επιθυμητές τιμές σχετικής υγρασίας, αλλά εναλλαγές υψηλής και χαμηλής.

Από τα στοιχεία αυτά γίνεται φανερό ότι είναι πράγματι η υψηλή σχετική υγρασία αυτή που αποτελεί βασικό πρόβλημα στην εκτροφή των βοοειδών στην περιοχή και μάλιστα το φαινόμενο παρουσιάζει μεγάλη διάρκεια και ένταση. Καθώς σε συνδυασμό τόσο με τις υψηλές όσο και τις χαμηλές θερμοκρασίες η υψηλή σχετική υγρασία επιδρά αρνητικά στην παραγωγικότητα των βοοειδών, καθίσταται φανερό η σημασία του σωστού αερισμού των βουστασίων, όλες τις εποχές του έτους, για την επίτευξη ικανοποιητικών συνθηκών σταβλισμού.

**Πίνακας 2.** Ημέρες και ύψος νετού ανά μήνα (μέσος όρος±σ.ε.).  
**Table 2.** Precipitation days and level per month (mean±s.e.).

Μήνας/Month	Υετός/Precipitation	
	Ημέρες Days	Ύψος (χιλ.) Level (mm)
Ιανουάριος/January	6.9±1.5	34.3±26.5
Φεβρουάριος/February	7.2±1.4	32.0±8.4
Μάρτιος/March	7.5±1.4	24.1±7.4
Απρίλιος/April	8.9±1.0	34.1±4.3
Μάιος/May	8.6±1.2	46.7±7.8
Ιούνιος/June	4.4±1.0	24.5±6.2
Ιούλιος/July	4.6±0.9	19.1±4.6
Αύγουστος/August	4.0±0.8	19.4±5.2
Σεπτέμβριος/September	4.1±1.0	25.4±8.2
Οκτώβριος/October	6.2±1.1	39.2±8.3
Νοέμβριος/November	9.2±1.0	50.7±10.8
Δεκέμβριος/December	9.6±1.3	57.3±12.4

farmers in their effort to adequately ventilate barns. At the same time, the negative effect of the direct exposure of cattle to winds must be avoided. Therefore, dairy barns must be built after a careful design process.

## 4. Precipitation

The average annual precipitation in the area during the period of 1990-1999 was 401.7±21.3 mm (minimum: 1993 – 284.2 mm, maximum: 1994 – 498.2 mm). The months with the highest precipitation are December, November and May, while those with the lowest are July and August (Table 2).

The average number of precipitation days per year in the area was 80.3±3.6 (minimum: 1993 – 68 days, maximum: 1996 – 109 days). The average number of precipitation days per month is also presented in Table 2. December is the month with the most days of rainfall, followed by April and May, while the months with the least ones are July and August.

In general, both precipitation and number of precipitation days present considerable variation. Although their annual averages do not vary substantially, the monthly distribution does not follow a specific pattern. The days with very low (P-A) and low (P-B) precipitation comprise 50.3% of the total (40.4 days per year), while those with high levels (P-E) constitute only its 12.1% (9.7 days per year). The average duration of each precipitation event is long (2-10 hours) and the average intensity low (0.25-1.5mm per hour). The form of the available data does not allow the verification of the exact number of intense rain events (more than 7.7mm per hour) (Pennas et al.1997), but the same data indicate that they cannot be more than 16 per year and only 6 of them last for more than an hour.

Adult cattle are not troubled by frequent, but light precipitation events, as long as the animals are provided with adequate covered resting areas, covered feed bunks

### 3. Άνεμοι

Από την εξέταση των στοιχείων προέκυψε ότι, κατά μέσο όρο, στο  $32,5 \pm 1,0\%$  της διάρκειας του έτους επικρατεί νηνεμία.

Όταν υπάρχουν άνεμοι, αυτοί πνέουν κυρίως από Βορειοδυτική-Βόρεια ( $39,5\%$ , μέση ένταση 11 κόμβοι – 19,8 km/h ή 4 Beaufort) και Ανατολική-Νοτιοανατολική ( $29,3\%$ , μέση ένταση 5,4 κόμβοι – 9,7 km/h ή 2 Beaufort) διεύθυνση. Αντίθετα, αυτοί που πνέουν από Νότια και Νοτιοδυτική-Δυτική διεύθυνση είναι σπανιότεροι ( $14,3\%$  και  $16,9\%$  αντίστοιχα, μέση ένταση 8,2 κόμβοι – 14,8 km/h ή περίπου 3 Beaufort).

Η κατανομή των ανέμων στις κλάσεις έντασής τους έδειξε ότι περίπου στο  $50\%$  και στο  $38\%$  των περιπτώσεων πρόκειται, αντίστοιχα, για ανέμους ασθενούς (1-2 Beaufort) ή μέτριους (3-4 Beaufort) έντασης. Οι άνεμοι είναι ισχυρότεροι μόνο στο υπόλοιπο  $12\%$  των περιπτώσεων. Η διεύθυνση των τελευταίων είναι κυρίως ( $91,6\%$ ) Βορειοδυτική-Βόρεια, σπάνια όμως (περίπου επί 86 ώρες κάθε έτος –  $0,1\%$  της διάρκειας του) ξεπερνούν τους 24 κόμβους ( $43,2$  km/h ή 6 Beaufort).

Ο μέσος αριθμός ημερών νηνεμίας ήταν  $40,6 \pm 3,4$ . Ο Βαρδάρης πνέει κατά μέσον όρο  $31,8 \pm 3,4$  ημέρες κάθε έτος, όμως, κατά τη δεκαετία 1990-1999, η διακύμανση ήταν μεγάλη. Η μέγιστη τιμή του ήταν 50 ημέρες (1991) και η ελάχιστη 17 ημέρες (1994).

Η μεγάλη συχνότητα εμφάνισης νηνεμίας καθιστά δύσκολο το σωστό αερισμό των βουστασίων. Καθώς όμως οι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή είναι συνήθως ασθενείς ή μέτριοι σε ένταση, μπορούν να αποτελέσουν σύμμαχο των κτηνοτρόφων σ' αυτή την προσπάθεια. Ταυτόχρονα, κατά τη χειμερινή περίοδο πρέπει να αποφεύγεται η αρνητική επίδραση της απευθείας έκθεσης των ζώων σ' αυτούς. Συνεπώς, για την κατασκευή των βουστασίων απαιτείται μελέτη και προσεκτικός σχεδιασμός τους.

### 4. Υετός

Το μέσο ετήσιο ύψος του νετού που δέχθηκε η περιοχή κατά τη δεκαετία 1990-1999 ήταν  $401,7 \pm 21,3$  χιλιοστά (ελάχιστη τιμή: 1993 – 284,2 χιλ., μέγιστη τιμή: 1994 – 498,2 χιλ.). Οι μήνες με το μεγαλύτερο ύψος νετού είναι ο Δεκέμβριος, ο Νοέμβριος αλλά και ο Μάιος, ενώ εκείνοι με το χαμηλότερο ο Ιούλιος και ο Αύγουστος (πίνακας 2).

Ο μέσος ετήσιος αριθμός ημερών νετού στην περιοχή ήταν  $80,3 \pm 3,6$  (ελάχιστη τιμή: 1993 – 68 ημέρες, μέγιστη τιμή: 1996 – 109 ημέρες). Ο Δεκέμβριος είναι ο μήνας με τις περισσότερες ημέρες νετού ακολουθούμενος από τον Απρίλιο και το Μάιο, ενώ οι μήνες με τις λιγότερες ημέρες νετού είναι και πάλι ο Ιούλιος και ο Αύγουστος (πίνακας 2).

Γενικά, οι τιμές, τόσο των ημερών νετού όσο και του ύψους του παρουσιάζουν μεγάλη διακύμανση. Αν και το μέσο ετήσιο ύψος και ο μέσος ετήσιος αριθμός ημερών νετού δεν παραλλάσσουν σημαντικά, η κατανομή τους στη διάρκεια του έτους δεν ακολουθεί εντελώς συγκεκριμένο

and are not exposed to wind. Very wet, muddy conditions of exercise areas during the fall and winter period cannot be attributed to total precipitation or its intensity. These conditions result from inadequate design (there is no drainage) and the negligence of the dairy farmers, concerning the timely cleaning of exercise areas.

### b. Seasonality

#### 1. Spring

The spring period, as is defined for cattle, begins, on average, the 83rd day of the year ( $82.7 \pm 3.9$  – March 23rd), and lasts for about 47 days, but its duration is variable ( $47.2 \pm 6.1$ ).

By definition, it is a period of mild temperatures. More than  $97\%$  of its hours and  $91\%$  of its days are classified in the T-3 temperature zone and the T-C day-type, respectively. It is the season, during which high relative humidity values are least frequent, but more than  $50\%$  of its days are classified in the high relative humidity H-D and H-E day-types. Wind follows the annual pattern and is mainly from a Northwest-North and an East-Southeast direction, although the former appear less often and its velocity is slightly below average. It is also the season during which the "Vardaris" wind rarely blows. Finally, there is a large variation in precipitation height ( $61.3 \pm 13.4$  mm) and in the number of the (very frequent) precipitation days ( $15.1 \pm 1.9$ ), but the average rainfall event is low (about 4 mm).

It is the season with the best climatic conditions for cattle, but the duration of spring is short. Although high relative humidity appears less often than during other seasons, the need for an adequate ventilation of barns must be considered. The prevailing, low and medium velocity winds can contribute to ventilation, as long as wind control structures are correctly operated and drafts are avoided. During this period, young calves must be protected from wind, but the same is also true for adult cattle when it rains. Frequent rainfall, imposing the need for frequent and complete cleaning of exercise areas, aggravates the manure storage problem, because during the preceding winter period, field spreading is not possible.

#### 2. Summer

The period begins, on average, the 130th day of the year ( $129.9 \pm 3.1$  – May 10th), and lasts 160 days with no great variation ( $160.0 \pm 2.8$ ). It is the longest season in duration and the one with the worst climatic conditions for cattle production.

It is a period of high temperatures. About  $58\%$  of its hours and  $90\%$  of its days are classified in the T-4 and the T-5 temperature zones and the T-D and the T-E day-types, respectively. During the months of July and August especially, the respective percentages are  $80\%$  and  $100\%$  (17 T-D days and 14 T-E days). Even during June and September, the average number of T-4 and T-5 hours during the T-D type days is 14 and 11, respectively. High temperatures are very often accompanied by high relative

μηνιαίο πρότυπο. Οι ημέρες με πολύ χαμηλό και χαμηλό υετό (P-A και P-B) αποτελούν το 50,7% του συνόλου (27 και 13 περίπου, αντίστοιχα), ενώ αντίθετα εκείνες με πολύ υψηλό (P-E), μόνο το 12,1% (9,7 ημέρες ανά έτος). Η μέση διάρκεια του φαινομένου είναι μεγάλη (2-10 ώρες) και η μέση ένταση χαμηλή (0,25-1,5 χιλ. ανά ώρα). Η μορφή των διαθέσιμων στοιχείων δεν επιτρέπει τον εντοπισμό του ακριβούς αριθμού των περιστατικών έντονης βροχοπτώσης (7,7 χιλιοστά ανά ώρα) (Πέννας και συν. 1997), αλλά με βάση τα ίδια στοιχεία δεν είναι δυνατόν να ξεπερνά τα 16 ανά έτος και μόνο στα 6 από αυτά η διάρκειά τους μπορεί να ξεπερνά τη μια ώρα.

Τα ενήλικα βοοειδή δεν ενοχλούνται ιδιαίτερα από αυτά τα συχνά αλλά ασθενή περιστατικά υετού εφόσον διαθέτουν επαρκή σε έκταση στεγασμένο χώρο ανάπαυσης, στεγασμένη τροφοδόχο και δεν εκτίθενται στον άνεμο. Ούτε η κακή κατάσταση των προσαλίων των ζώων και των άλλων χώρων των εκτροφών κατά τη φθινοπωρινή και τη χειμερινή περίοδο μπορεί να αποδοθεί στο ύψος και την ένταση του υετού. Αντίθετα, αυτή πρέπει να αποδοθεί στον κακό σχεδιασμό τους (δεν έχει προβλεφθεί η αποστράγγισή τους) και στην αμέλεια που επιδεικνύουν οι κτηνοτρόφοι σχετικά με τη συχνότητα καθαρισμού τους.

## β. Οι κλιματικοί παράγοντες ανά εποχή

### 1. Άνοιξη

Η εαρινή περίοδος, όπως αυτή ορίστηκε για τα βοοειδή, αρχίζει, κατά μέσο όρο, την 83η ημέρα του έτους (82,7±3,9 - 23η Μαρτίου) και διαρκεί 47 ημέρες περίπου, παρουσιάζει όμως μεγάλη διακύμανση (47,2±6,1).

Εξ ορισμού είναι περίοδος ήπιων θερμοκρασιών. Περισσότερο από το 97% των ωρών της και το 91% των ημερών της κατατάσσονται στη ζώνη T-3 και στις ημέρες τύπου T-C αντίστοιχα. Είναι η εποχή κατά την οποία η σχετική υγρασία παρουσιάζει λιγότερο συχνά υψηλές τιμές, παρ' όλα αυτά όμως περισσότερο από το 50% των ημερών της κατατάσσονται στις ημέρες τύπου H-D και H-E. Οι άνεμοι ακολουθούν το ετήσιο μοντέλο και πνέουν κυρίως από Βορειοδυτική-Βόρεια και Ανατολική-Νοτιοανατολική διεύθυνση αν και οι πρώτοι εμφανίζονται λιγότερο συχνά και γενικά η έντασή τους είναι ελαφρά μειωμένη σε σχέση με το μέσο όρο. Είναι επίσης η εποχή κατά την οποία σπάνια εμφανίζεται ο Βαρδάρης. Τέλος, μεγάλη διακύμανση παρουσιάζεται τόσο στο ύψος του υετού (61,3±13,4 χιλιοστά) όσο και στο μεγάλο, κατά μέσο όρο, αριθμό των ημερών υετού (15,1±1,9). Το μέσο ύψος ανά επεισόδιο όμως είναι χαμηλό (περίπου 4 χιλιοστά).

Από πλευράς κλίματος είναι η ευνοϊκότερη περίοδος για τα βοοειδή, η διάρκεια της όμως είναι μικρή. Αν και οι υψηλές τιμές της σχετικής υγρασίας εμφανίζονται λιγότερο συχνά από άλλες εποχές, δεν πρέπει να παραβλέπεται η ανάγκη του σωστού αερισμού των ζωοστασίων. Οι ασθενείς και μέτριοι άνεμοι που επικρατούν, μπορούν να συμβάλλουν στην επίτευξη του σκοπού αυτού, αρκεί να γίνεται σωστή χρήση των αντιανεμικών κατασκευών και να αποφεύγονται τα ρεύματα αέρος. Την περίοδο αυτή πρέ-

humidity values (63% of this period's days are classified in the H-D and the H-E day-types). Wind continues to blow mainly from a Northwest-North direction, but the frequency of South and Southwest-West winds rises considerably. In general, wind velocity is slightly decreased compared to the annual average, but at the same time, the percentage of calm hours during the summer period is the lowest of the year (29.3%) and the frequency of the "Vardaris" wind is relatively high-similar to the annual average. Precipitation (125.3±16.6 mm) and the number of days with rain (23.5±2.5) are the lowest of all seasons.

The results of the combined effect of climatic factors are presented in Table 3. The Temperature-Humidity Index identifies on average 60 days of heat stress per year. When all factors at the microclimate level are the same as those in the atmosphere (C-1 case), the Effective Temperature Index exceeds the limit for about 42 days each summer period (from a total of 160 days). A small (5%) increase in relative humidity in relation to the atmospheric one (C-2 case), which is expected inside cattle barns, increases the number of these days by 24% (52 days) while a 50% reduction in wind velocity (C-3 case) increases it by 56% (65 days). The combination of the last two cases (C-4 case), a condition that is very frequent in barns with inadequate ventilation, results in an increase in the number of heat stress days by 73% (72 days in total and 45% of the total summer period). On the contrary, full exposure of cattle to atmospheric conditions with extra protection against direct sunlight (C-5 case) decreases the number of these days, compared to the C-1 case, by 45% (23 days).

Consequently, the prevailing high temperatures combined with the high relative humidity, impose the need for a complete and unobstructed airflow inside barns. The intense sunshine during this period (Flokas 1997) also imposes the need for a shaded resting area, with adequate surface space, volume and ventilation for all age classes of cattle. Of equal importance is the shading of feed bunks and water troughs. This can be accomplished even with temporary structures (shading nets). The adverse conditions that prevail during July and August justify the installation of special equipment (fans and water sprinklers) (Armstrong 1994, Turner et al. 1996). All the above measures, combined with some operational changes (ration adjustments and changing of feeding hours, heat detection during the night) can have a very beneficial effect as the vast majority (97%) of days that the Temperature-Humidity and the Effective Temperature Indexes exceeded the limits of 72 and 27 degrees, respectively, were classified in the mild heat stress zone (72-78 and 27-33 degrees respectively) (Fuquay 1981, Fox and Tylutki 1998).

### 3. Fall

The fall period begins, on average, the 290th day of the year (289.9±2.0 – October 17th), and lasts for about 47 days, but its duration is variable (47.3±6.1).

It is also (like spring), a period of mild temperatures.

πει να λαμβάνεται μέριμνα για την προστασία των νεαρών μόσχων από τους ανέμους, το ίδιο όμως ισχύει και για τα ενήλικα βοοειδή κατά τις ημέρες νεοτού. Η συχνή βροχόπτωση επιβάλλει επίσης το συχνό και πλήρη καθαρισμό των προαυλίων καθώς κατά την προηγηθείσα χειμερινή περίοδο η συγκέντρωση της κόπρου είναι μεγάλη χωρίς να είναι δυνατή η διασπορά της στους αγρούς.

## 2. Θέρος

Η περίοδος αυτή αρχίζει, κατά μέσο όρο, την 130η ημέρα του έτους ( $129,9 \pm 3,1$  - 10η Μαΐου) και διαρκεί 160 ημέρες, χωρίς μεγάλη διακύμανση ( $160,0 \pm 2,8$ ). Είναι η μεγαλύτερη σε διάρκεια και δυσμενέστερη σε κλίμα εποχή του έτους για τα βοοειδή.

Είναι περίοδος υψηλών θερμοκρασιών. Το 58% περίπου των ωρών της και το 90% των ημερών της κατατάσσονται στις ζώνες T-4 και T-5 και στις ημέρες τύπου T-D και T-E αντίστοιχα. Ειδικά κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο τα αντίστοιχα ποσοστά είναι 80% και 100% (17 ημέρες T-D και 14 ημέρες T-E). Αλλά και τους μήνες Ιούνιο και Σεπτέμβριο, ο μέσος αριθμός των ωρών T-4 και T-5 στις ημέρες τύπου T-D ήταν 14 και 11 αντίστοιχα. Οι υψηλές θερμοκρασίες συνοδεύονται πολύ συχνά και από υψηλές τιμές σχετικής υγρασίας (το 63% των ημερών της κατατάσσονται στις ημέρες τύπου H-D και H-E). Οι άνεμοι εξακολουθούν να πνέουν κυρίως από Βορειοδυτική-Βόρεια διεύθυνση, αλλά η συχνότητα των Νότιων και των Νοτιοδυτικών-Δυτικών αυξάνει πολύ. Γενικά, η έντασή τους είναι ελαφρά μειωμένη σε σχέση με τον ετήσιο μέσο όρο. Ταυτόχρονα όμως, το ποσοστό των ωρών νηνεμίας είναι, κατά τη θερινή περίοδο, το χαμηλότερο του έτους (29,3%) και η συχνότητα του Βαρδάρη σχετικά υψηλή - αντίστοιχη του ετήσιου μέσου όρου. Το ύψος ( $125,3 \pm 16,6$  χιλιοστά) και οι ημέρες νεοτού ( $23,5 \pm 2,5$ ), παρουσιάζουν υψηλές τιμές και μεγάλη διακύμανση αλλά είναι αναλογικά τα χαμηλότερα από όλες τις εποχές.

Στον πίνακα 3 παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της μελέτης της συνδυασμένης επίδρασης των κλιματικών παραγόντων. Ο Δείκτης T.H.I. «εντοπίζει» κατά μέσον όρο, 60 περίπου ημέρες θερμοκτικής καταπόνησης ετησίως. Στην περίπτωση κατά την οποία οι τιμές τους στο μικροκλίμα είναι οι ίδιες με τις ατμοσφαιρικές (υπόθεση C-1), ο Δείκτης της «Αποτελεσματικής» Θερμοκρασίας ξεπερνά το όριο, κατά μέσο όρο, περίπου 42 ημέρες κάθε θερινή περίοδο (η μέση διάρκειά της είναι 160 ημέρες). Μια μικρή αύξηση της σχετικής υγρασίας κατά 5% σε σχέση με την ατμοσφαιρική (υπόθεση C-2), αναμενόμενη στους χώρους διαβίωσης των ζώων, αυξάνει τον αριθμό των ημερών αυτών κατά 24% (52 ημέρες), ενώ μείωση της ταχύτητας του ανέμου κατά 50% (υπόθεση C-3), τον αυξάνει κατά 56% (65 ημέρες). Ο συνδυασμός των δύο τελευταίων περιπτώσεων (υπόθεση C-4), συνθήκη η οποία απαντά πολύ συχνά σε κτίρια με κακό αερισμό, έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του αριθμού των ημερών αυτών κατά 73% (συνολικά, 72 ημέρες και 45% της θερινής περιόδου). Αντίθετα, η πλήρης έκθεση των ζώων στο εξωτερικό περιβάλλον με επι-

**Πίνακας 3.** Ημέρες θερμοκτικής καταπόνησης (μέσος όρος  $\pm$  s.e.).

**Table 3.** Days of heat stress (mean  $\pm$  s.e.).

Δείκτης και υπόθεση Index and case	Ημέρες Days
THI	59.7 $\pm$ 3.7
ETI, C-1	41.5 $\pm$ 4.1
ETI, C-2	51.5 $\pm$ 4.5
ETI, C-3	64.8 $\pm$ 4.2
ETI, C-4	71.9 $\pm$ 4.4
ETI, C-5	22.7 $\pm$ 3.9

More than 96% of its hours and 90% of its days are classified in the T-3 temperature zone and the T-C day-type, respectively. However, it is also the season during which high relative humidity values are most often. About 77% of its days are classified in the H-D and the H-E day-types, while at the same time the percentage of calm hours during this period is the highest of the year (about 39.1%). The frequency of Northwest-North and East-Southeast winds increases, while South and Southwest-West winds become rare. Wind velocity is similar to the annual although the days that "Vardaris" blows are few. Like the spring period, there is a large variation both in amount of precipitation ( $89.1 \pm 16.7$  mm) and in the number of days of rain ( $15.8 \pm 2.5$ ), while the average rainfall event was 5.6 mm.

Although temperature conditions are ideal, long periods of high relative humidity, combined with the large number of calm hours, create a need for adequate ventilation of cattle barns. The correct and timely use of wind control structures can assist the farmer to use the prevailing low and medium velocity winds to improve ventilation for young calves and adult cattle, without exposure to high wind velocity. Finally, as the frequency and the intensity of rainfall increases during the fall, the timely and complete cleaning of the exercise areas is essential. If not, an ordinary fall rain is enough to turn them into mud.

## 4. Winter

The winter period begins, on average, the 337th day of the year ( $337.2 \pm 4.5$  - December 3rd), and lasts for about 110 days ( $110.5 \pm 6.2$ ).

It is a season of contrasts. Only 35.5% of its hours and 66% of its days are classified in the T-1 and T-2 temperature zones and the T-A and the T-B day-types, respectively. The rest are classified in the T-3 zone and the T-C type days. Winter is very often a season of mild temperatures. Relative humidity values are high. About 65% of the winter days are classified in the H-D and the H-E day-types. During this period, the number of calm days is the highest of the year (43.9% of total calm days). The same is also true for the number of days that "Vardaris" blows (44.1% of the total). The frequency of the Northwest-North and the East-Southeast winds is increased and South winds become very rare. In general,

πλέον προστασία τους από την ηλιακή ακτινοβολία (υπόθεση C-5) μειώνει τον αριθμό των ημερών αυτών, σε σχέση με την υπόθεση C-1, κατά 45% (συνολικά 23 ημέρες).

Συνεπώς, οι υψηλές θερμοκρασίες που επικρατούν, σε συνδυασμό με την υψηλή σχετική υγρασία, επιβάλλουν την ανάγκη για πλήρη και ανεμπόδιστη κυκλοφορία του αέρα στα ζωοστάσια. Η έντονη ηλιοφάνεια αυτής της περιόδου (Φλόκας 1997) επιβάλλει επίσης την παροχή σκιασμένου χώρου ανάπαυσης με επαρκή επιφάνεια, όγκο και αερισμό, σε όλες τις κατηγορίες βοοειδών. Εξίσου σημαντική, αν όχι σημαντικότερη, είναι και η σκίαση των χώρων πρόσληψης τροφής και ύδατος. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί και με προσωρινές κατασκευές (δίχτυα σκίασης). Οι δυσμενείς συνθήκες που επικρατούν κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο δικαιολογούν την εγκατάσταση, ύστερα από μελέτη, των κατάλληλων για την περιοχή, ειδικών συστημάτων (ανεμιστήρων και συστημάτων ψεκασμού ύδατος) (Armstrong 1994, Turner et al. 1996). Όλα τα παραπάνω μέτρα, συνδυαζόμενα και με κάποιες λειτουργικές αλλαγές (π.χ. προσαρμογή των σιτηρεσίων και αλλαγή της ώρας χορήγησής τους, παρακολούθηση των ζώων για εντοπισμό του οίστρου κατά τις βραδινές ώρες) είναι δυνατόν να έχουν πολύ θετικά αποτελέσματα καθώς στο 97% των περιπτώσεων οι τιμές των Δεικτών T.H.I. και E.T.I. ήταν στα όρια της ήπιας θερμοκτικής καταπόνησης (72-78 και 27-33, αντίστοιχα) (Fuquay 1981, Fox and Tylutki 1998).

### 3. Φθινόπωρο

Η φθινοπωρινή περίοδος αρχίζει, κατά μέσο όρο, τη 290η ημέρα του έτους (289,9±2,0 - 17η Οκτωβρίου) και διαρκεί 47 ημέρες περίπου, παρουσιάζει όμως μεγάλη διακύμανση (47,3±6,1).

Είναι εξ ορισμού, όπως και η εαρινή, περίοδος ήπιων θερμοκρασιών. Περισσότερο από το 96% των ωρών της και το 90% των ημερών της κατατάσσονται στη ζώνη T-3 και στις ημέρες τύπου T-C αντίστοιχα. Είναι όμως και η εποχή κατά την οποία η σχετική υγρασία παρουσιάζει συχνότερα υψηλές τιμές. Το 77% περίπου των ημερών της κατατάσσονται στις ημέρες τύπου H-D και H-E, ενώ ταυτόχρονα, το ποσοστό των ωρών νηνεμίας είναι κατά την περίοδο αυτή, το υψηλότερο του έτους (περίπου 39,1%). Η συχνότητα των ανέμων που πνέουν από Βορειοδυτική-Βόρεια και Ανατολική-Νοτιοανατολική διεύθυνση είναι αυξημένη ενώ οι Νότιοι και οι Νοτιοδυτικοί-Δυτικοί γίνονται σπάνιοι. Η έντασή τους είναι γενικά αντίστοιχη του ετήσιου μοντέλου αν και οι ημέρες που πνέει ο Βαρδάρης είναι αναλογικά λίγες. Όπως και κατά την εαρινή περίοδο, μεγάλη διακύμανση παρουσιάζεται τόσο στο μεγάλο αριθμό των ημερών νετού (15,8±2,5) όσο και στο ύψος του το οποίο όμως είναι μεγαλύτερο (89,13±16,7 χιλιοστά) όπως και η έντασή του (5,6 χιλιοστά).

Αν και από πλευράς θερμοκρασίας οι συνθήκες είναι ευνοϊκές, οι επί μεγάλο χρονικό διάστημα, πολύ υψηλές τιμές της σχετικής υγρασίας, σε συνδυασμό και με τις πολλές ώρες νηνεμίας, κάνουν και πάλι επιτακτική την ανάγκη για σωστό αερισμό των ζωοστασίων. Η σωστή και έ-

**Πίνακας 4.** Αριθμός των διαφόρων τύπων ημέρας κατά τη χειμερινή περίοδο ανάλογα με την έκθεση των βοοειδών στον άνεμο (μέσος όρος ± s.e.).

**Table 4.** Number of various day-types during the winter period according to the exposure of cattle to wind (mean ± s.e.).

Τύπος ημέρας	πλήρης προστασία από τον άνεμο full protection from the wind	ταχύτητα ανέμου μειωμένη κατά 50% wind's velocity decreased by 50%	πλήρης έκθεση στον άνεμο full exposure to the wind
T-A	11.7±2.1	34.4±2.6	47.0±3.2
T-B	61.2±3.8	56.6±4.1	54.4±4.3
T-C	37.6±6.3	19.5±4.7	9.6±3.1
LT-HRH	44.0±3.2	55.4±4.1	63.2±4.9

wind velocity during this period is increased. Just like other seasons, there is a large variation in precipitation (131.6±23.9 mm) and in the number of days of rain (26.8±3.7).

Winter presents periods of cold and mild weather. Adult cattle in the area are not affected from the prevailing temperatures per se. It is the exposure to wind that creates the feeling of cold. This is clearly demonstrated in Table 4. The number of cold days of the T-A type is quadrupled (from about 12 to 47), when cattle are exposed to wind with no protection, while the number of the mild days of the T-C type is decreased to the 1/4 of the original. The average temperature of the winter period is "decreased", under the effect of wind, by 6°C. This effect is evident even when wind velocity is reduced by 50%. In this case, the number of cold days of the T-A type is tripled (from about 12 to 34), while the number of the mild ones of the T-C type is decreased to 1/2 of the original (from 38 to 20, Table 4).

The negative-effect combination of low temperature and high relative humidity (LT-HRH day-type, Table 4) appears, on average, on 44 days (39.8%) of the winter period, when cattle are fully protected from wind. The wind's effect increases the number of these days by 43% and 26% (that is 63 and 55 days) respectively.

Therefore, it is not the temperature per se, but the combination with wind, rain, high relative humidity and lack of bedding that creates the cold stress periods. The correct orientation, construction and form of cattle barns protect the animals and prevent drafts, while at the same time, permit air movement through the higher parts of the buildings, thus removing ammonia and water vapor and preventing high relative humidity around cattle. The same principles apply to the barns, where young calves are housed. Protection from cold weather is achieved with the avoidance of drafts and the provision of plenty, dry bedding and not by blocking ventilation.

## CONCLUSIONS

The conclusions from the data provided suggest that

γκαιρη χρήση των αντιανεμικών κατασκευών μπορεί, όπως και κατά την εαρινή περίοδο, να μετατρέψει σε συμμάχους των κτηνοτρόφων τους ασθενείς και μέτριους ανέμους που επικρατούν, ώστε και ο σκοπός αυτός να επιτελείται αλλά και να προστατεύονται όταν υπάρχει ανάγκη, τόσο οι νεαροί μόσχοι, όσο και τα ενήλικα βοοειδή από τους δυνατούς ανέμους. Τέλος, καθώς η συχνότητα και η ένταση των βοροχοπτώσεων αυξάνει κατά τη φθινοπωρινή περίοδο, είναι απαραίτητος ο έγκαιρος και πλήρους καθαρισμός των προαυλίων από τα ζωικά απόβλητα. Σε αντίθετη περίπτωση, αρκεί μία συνηθισμένη φθινοπωρινή βροχή για να τα μετατρέψει σε βούρκο.

#### 4. Χειμώνας

Η χειμερινή περίοδος αρχίζει, κατά μέσο όρο, την 337η ημέρα του έτους ( $337,2 \pm 4,5$  - 3η Δεκεμβρίου) και διαρκεί 110 ημέρες περίπου ( $110,5 \pm 6,2$ ).

Είναι μια εποχή αντιθέσεων. Μόνο το 35,5% των ωρών της και το 66% των ημερών της κατατάσσονται στις ζώνες T-1 και T-2 και στις ημέρες τύπου T-A και T-B αντίστοιχα. Οι υπόλοιπες ανήκουν στην ζώνη T-3 και τις ημέρες T-C. Είναι δηλαδή από πλευράς θερμοκρασίας, πολύ συχνά, ήπια η χειμερινή περίοδος. Η σχετική υγρασία παρουσιάζει υψηλές τιμές. Το 65% περίπου των ημερών της κατατάσσονται στις ημέρες τύπου H-D και H-E. Το ποσοστό των ημερών ηνεμίας είναι κατά την περίοδο αυτή, το υψηλότερο του έτους (43,9%), ακριβώς το ίδιο ισχύει όμως και για το Βαρόδω (44,1%). Η συχνότητα των ανέμων που πνέουν από Βορειοδυτική-Βόρεια και Ανατολική-Νοτιοανατολική διεύθυνση είναι αυξημένη, ενώ οι Νότιοι άνεμοι γίνονται σπάνιοι. Η ένταση γενικά των ανέμων είναι κατά την περίοδο αυτή αυξημένη. Όπως και κατά τις άλλες εποχές, μεγάλη διακύμανση παρουσιάζεται, τόσο στο ύψος του νετού ( $131,6 \pm 23,9$  χιλιοστά), όσο και στον αριθμό των ημερών νετού ( $26,8 \pm 3,7$ ).

Η χειμερινή περίοδος παρουσιάζει, σε ό,τι αφορά τη θερμοκρασία, μία εναλλαγή ψυχρών και ήπιων διαστημάτων. Τα ενήλικα βοοειδή, όμως, δεν επηρεάζονται από αυτές καθαυτές τις θερμοκρασίες που επικρατούν στην περιοχή. Ουσιαστικά, η έκθεσή τους στον άνεμο προκαλεί την αίσθηση του ψύχους. Αυτό φαίνεται καθαρά στον πίνακα 4. Ο αριθμός των ψυχρών ημερών τύπου T-A τετραπλασιάζεται (από 12 περίπου, σε 47) όταν τα ζώα εκτίθενται, χωρίς καμιά προστασία, στον άνεμο, ενώ εκείνος των ήπιων του τύπου T-C μειώνεται στο 1/4 του αρχικού. Η μέση θερμοκρασία της χειμερινής περιόδου «μειώνεται», από την επίδραση του ανέμου, κατά  $6^\circ \text{C}$ . Η επίδραση αυτή εκδηλώνεται έντονη, ακόμα και όταν η ταχύτητα του ανέμου είναι μειωμένη κατά 50%. Στην περίπτωση αυτή, ο αριθμός των ψυχρών ημερών τύπου T-A τριπλασιάζεται (από 12 περίπου σε 34) και εκείνος των ήπιων του τύπου T-C μειώνεται στο 1/2 του αρχικού (από 38 σε 20 περίπου, πίνακας 4).

Ο αρνητικός συνδυασμός χαμηλής θερμοκρασίας και υψηλής σχετικής υγρασίας (ημέρες τύπου LT-HRH, πίνακας 4) εμφανίζεται, κατά μέσο όρο, επί 44 ημέρες

cattle barns in the area must be constructed in a way that minimizes the negative effects of high temperatures and high relative humidity by allowing adequate air movement inside them. The structure must be designed to allow adaptation to "winter" conditions, whose duration is rather short. This description corresponds to buildings of relatively low cost with no heavy-type framework or extensive walls. Buildings of this type are more often the exception rather than the rule in the area (Valergakis 2000).

As the Greek climate is relatively stable throughout the year, it is estimated that the construction of cattle barns in most areas of the country must be based on similar principles. However, further studies of the climatic factors in all major cattle breeding areas will provide very useful and specific information to support this conclusion. □

#### BIBLIOΓΡΑΦΙΑ - REFERENCES

- Albright JL, Arave CW (1997) The behaviour of cattle. CAB International
- Apostolopoulos C (1999) The challenge of dairying in Greece. International Dairy Federation Bulletin No 341:4-9.
- Armstrong DV (1994) Heat stress interaction with shade and cooling. J. Dairy Sci. 77:2044-2050.
- Capdeville J, Tillie M (1995) L'ambiance dans les bâtiments d'élevage bovin, ovin, caprin & equin. Institut de l'Élevage. Paris.
- Delancy KA and Goldfrank LR (1998) Hot and cold work environments. In: Rom W.N. Environmental and occupational medicine, 3rd edition. Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia.
- Eastridge ML, Bucholz HF, Slater AL, and Hall CS (1998) Nutrient requirements for dairy cattle of the national research council versus some commonly used software. J. Dairy Sci. 81:3049-3062.
- Ensminger ME (1993) Dairy cattle science. Interstate Publishers, Inc., Danville, IL.
- Flokas AA (1997) Lessons of meteorology and climatology. Zitis Editions, Thessaloniki, Greece.
- Fostier B, Soissons J, Tillie M (1985) Pathologie et logement de bovins. ITEB, Paris.
- Fox DG and Tylutki TP (1998) Accounting for the effects of environment on the nutrient requirements of dairy cattle. J. Dairy Sci. 81:3085-3095.
- Fuquay JW (1981) Heat stress as it affects animal production. J. Anim. Sci. 52:164
- Giannakopoulos A (1996) Data analysis of biological experimentations. Contemporary Education, Thessaloniki, Greece.
- Graves RE and Brugger M (1996) Naturally ventilated freestall barns. In: Expansion strategies for dairy farms. Facilities and financial planning. Notebook for the Expansion Strategies for Dairy Farms National Conference, Ellicott City, Maryland, NRAES-38, Ithaca, NY.
- Holter JB, West JW, McGillard ML (1997) Predicting ad libitum dry matter intake and yield of Holstein cows. J. Dairy Sci. 80:2188-2199.
- Kadzere CT, Murphy MR, Silanikove N, Maltz E (2002). Heat stress in lactating dairy cows: a review. Livestock Production Science 77:59-91.
- Katsaounis N and Zygogiannis D (1998) General Husbandry. Contemporary Education, Thessaloniki, Greece.



(39,8%) κάθε χειμερινή περίοδο, εφόσον τα ζώα είναι πλήρως προστατευμένα από τον άνεμο. Ο υπολογισμός της επίδρασης του τελευταίου τις αυξάνει κατά 43% ή 26% αντίστοιχα (δηλαδή σε 63 και 55 ημέρες), στις δύο προηγούμενες περιπτώσεις.

Δεν είναι λοιπόν μόνη της η θερμοκρασία, αλλά ο συνδυασμός της με την έκθεση στον άνεμο, στα ρεύματα αέρος, στη βροχή, σε συνθήκες υψηλής σχετικής υγρασίας και την έλλειψη στρωμνής, που προκαλεί την αίσθηση του ψύχους. Ο σωστός προσανατολισμός, η χωροθέτηση, αλλά και η κατάλληλη κατασκευή και διαμόρφωση των ζωοστασίων, προστατεύουν τα ζώα και αποτρέπουν τη δημιουργία ρευμάτων αέρα, επιτρέποντας ταυτόχρονα την κίνησή του στα υψηλότερα σημεία των ζωοστασίων, ώστε να απομακρύνονται η αμμωνία και οι υδρατμοί και να αποφεύγεται η υψηλή σχετική υγρασία στο περιβάλλον των ζώων. Το ίδιο ακριβώς ισχύει και για τα κτίρια στα οποία σταβλίζονται οι νεαροί μόσχοι. Προστασία από τις χαμηλές θερμοκρασίες δεν επιτυγχάνεται με τον αποκλεισμό του αερισμού, αλλά από την αποφυγή ρευμάτων και τη χρησιμοποίηση άφθονης, στεγνής στρωμνής.

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Από την παρουσίαση των χαρακτηριστικών των κλιματικών παραγόντων συμπεραίνεται ότι τα βουστάσια στην περιοχή πρέπει να κατασκευάζονται έτσι ώστε να διευκολύνεται κυρίως η αντιμετώπιση των δυσμενών επιπτώσεων των υψηλών θερμοκρασιών και της υψηλής σχετικής υγρασίας, δηλαδή με κύριο χαρακτηριστικό τους την ελεγχόμενη αλλά άνετη κυκλοφορία του αέρα, ενώ παράλληλα η κατασκευή τους θα επιτρέψει την προσαρμογή στις «χειμερινές» συνθήκες, η χρονική διάρκεια των οποίων είναι σχετικά μικρή. Η περιγραφή αυτή αντιστοιχεί σε κτίρια χωρίς βαρύ σκελετό και εκτεταμένη τοιχοποιία, σχετικά χαμηλού κόστους. Κτίρια αυτού του τύπου όμως αποτελούν μάλλον την εξαίρεση παρά τον κανόνα στην περιοχή (Βαλεργάκης 2000).

Καθώς το κλίμα της Ελλάδας δεν παρουσιάζει μεγάλη παραλλακτικότητα, εκτιμάται ότι η κατασκευή των ζωοστασίων, στο μεγαλύτερο μέρος της χώρας, πρέπει να διέπεται από τις ίδιες αρχές. Μια αναλυτική όμως μελέτη των κλιματικών παραγόντων σε κάθε κύρια περιοχή άσκησης της αγελαδοτροφικής δραστηριότητας μπορεί να αποδώσει πολύ χρήσιμες ειδικές πληροφορίες που να ενισχύουν αυτό το συμπέρασμα. □

- Katsaounis N (2000) Cattle husbandry. Contemporary Education, Thessaloniki, Greece.
- National Research Council. Nutrient requirements of dairy cattle. 7th revised edition. (2001) National Academy Press. Washington D.C.
- Pennas P, Karakostas T, Flokas AA (1997) Contribution to the study of precipitation intensity in Northwestern Thessaly. Trikalina, vol. 17th.
- Radostits OM, Leslie KE, Fretow J (1994) Herd health: Food animal production medicine, 2nd edition. W.B. Saunders Company, Philadelphia, PA.
- Turner LW, Warner RC, Chastain JP (1996) Micro-sprinklers and fan cooling for dairy cows: Practical design considerations. In: Expansion strategies for dairy farms. Facilities and financial planning. Notebook for the Expansion Strategies for Dairy Farms National Conference, Ellicott City, Maryland, NRAES-38, Ithaca, NY.
- Valergakis GE (2000) Farm conditions and methods of dairy cattle production in relation to the dairy farming productivity and profitability. Doctoral thesis. Faculty of Veterinary Medicine, Aristotle University of Thessaloniki, Greece.
- Veenhuizen MA (1996) Providing a healthy environment with proper ventilation. In: Expansion strategies for dairy farms. Facilities and financial planning. Notebook for the Expansion Strategies for Dairy Farms National Conference, Ellicott City, Maryland, NRAES-38, Ithaca, NY.
- Wathes CM and Charles DR (1994) Livestock housing. CAB International.