Εκτίμηση παραμέτρων βόσκησης με τη χρήση μεθόδων παθητικής ακουστικής παρακολούθησης

Η. Καρμίρης[1*], Χ. Αστάρας[1], Κ. Ιωάννου[1], Ι. Βασιλειάδης[1], Δ. Γιουλάτος[2], Ν. Στεφανάκης[3,4], Θ. Κομηνός[2], Α. Γαλανάκη[2]

[1] Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός «ΔΗΜΗΤΡΑ», Ινστιτούτο Δασικών Ερευνών, 57006 Βασιλικά, Θεσσαλονίκη

[2] Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Βιολογίας, 54124 Θεσσαλονίκη

[3] Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο, Τμήμα Μουσικής Τεχνολογίας και Ακουστικής, 74100 Ρέθυμνο

[4] Ίδρυμα Τεχνολογίας και Έρευνας, Ινστιτούτο Πληροφορικής, 70013 Ηράκλειο

*Email: ilias@fri.gr

Περίληψη

Η εκτίμηση παραμέτρων βόσκησης, όπως η εποχή και η διάρκεια βόσκησης, είναι απαραίτητες για την εφαρμογή ορθολογικής βόσκησης. Ωστόσο, οι διαδικασίες εκτίμησής τους είναι χρονοβόρες και πολυέξοδες καθώς απαιτείται η συνεχής παρακολούθηση των ζώων για να διαπιστωθεί αν μία έκταση χρησιμοποιείται ως βοσκότοπος τακτικά ή περιστασιακά. Η συλλογή πληροφοριών από κτηνοτρόφους μέσω ερωτηματολογίων χρησιμοποιείται ευρέως για τον σκοπό αυτό, ωστόσο ενδέχεται τα δεδομένα που συλλέγονται να είναι αμφιβόλου αξιοπιστίας. Τα παραπάνω μειονεκτήματα θα μπορούσαν να υπερκεραστούν με την εφαρμογή τεχνολογιών αιχμής, όπως η παθητική ακουστική παρακολούθηση (ΠΑΠ). Για τον σκοπό αυτό, τοποθετήθηκαν πιλοτικά ακουστικοί αισθητήρες σε επιλεγμένους βοσκότοπους της οροσειράς της Ροδόπης, για πρώτη φορά σε παγκόσμιο επίπεδο. Τα αποτελέσματα της έρευνας συνηγορούν στο ότι η ΠΑΠ μπορεί να συμβάλλει καθοριστικά στην οικονομική και με υψηλή ακρίβεια εκτίμηση παραμέτρων βόσκησης σε μεγάλη χωρική κλίμακα και ειδικά για απομακρυσμένες περιοχές.

Λέξεις κλειδιά: ακουστικοί αισθητήρες, αλγόριθμος ανίχνευσης, περίοδος βόσκησης, διάρκεια βόσκησης, διαχείριση βόσκησης

Εισαγωγή

Η διερεύνηση των επιπτώσεων της βόσκησης στα βιοτικά και αβιοτικά συστατικά των οικοσυστημάτων προϋποθέτει την εκτίμηση ποικιλίας παραμέτρων (Cook and Stubbendieck 1986, Holechek et al. 2011). Μεταξύ αυτών, η γνώση της διάρκειας της βόσκησης σε ημερήσια βάση, όπως και της περιόδου και της εποχής που ασκείται η βόσκηση είναι ιδιαιτέρως σημαντική καθώς οι παράμετροι αυτοί συμμετέχουν στον καθορισμό των τιμών και άλλων βασικών παραμέτρων που σχετίζονται με τη βόσκηση, όπως η βοσκοφόρτωση, η πίεση βόσκησης, κ.ά. Η συλλογή των δεδομένων για τη διάρκεια της άσκησης της βόσκησης σε ημερήσια ή εποχιακή βάση είναι ιδιαίτερα κοπιαστική, χρονοβόρα και κοστοβόρα καθώς απαιτεί την απασχόληση ανθρώπινου δυναμικού για όλη τη χρονική περίοδο που ασκείται η βόσκηση. Εναλλακτικά, θα μπορούσαν να αξιοποιηθούν για τον σκοπό αυτό στοιχεία που δηλώνονται στις αρμόδιες κρατικές υπηρεσίες από τους κτηνοτρόφους, όπως επίσης και να ερωτηθούν οι ίδιοι οι κτηνοτρόφοι για το πού και πότε βόσκουν τα ζώα που εκτρέφουν. Το μειονέκτημα είναι ότι τα στοιχεία αυτά δεν ανταποκρίνονται πάντοτε στην πραγματικότητα,

ενώ η συνεργασία των κτηνοτρόφων δεν είναι δεδομένη καθώς συχνά παρατηρούνται φαινόμενα άρνησης συμμετοχής εκ μέρους τους. Είναι λοιπόν προφανές, ότι σε τέτοιες περιπτώσεις απαιτείται η ενασχόληση ανθρώπινου δυναμικού για την εκτίμηση των απαραίτητων παραμέτρων βόσκησης, η οποία καθίσταται περαιτέρω δυσχερής και ίσως αδύνατη όταν πρόκειται για δύσβατες ή απρόσιτες περιοχές. Για τους λόγους αυτούς, η χρήση αυτόνομων αισθητήρων που καταγράφουν συστηματικά την παρουσία αγροτικών ζώων χωρίς την ανάγκη συχνής ανθρώπινης παρουσίας δυνητικά αποτελεί πολύτιμο εργαλείο για τη διαχείριση της βόσκησης και του περιβάλλοντος.

Η παθητική ακουστική παρακολούθηση (ΠΑΠ) έχει παγκοσμίως αναγνωριστεί ως αξιόπιστη μέθοδος εκτίμησης τα τελευταία έτη με υψηλή χωροχρονική ακρίβεια της παρουσίας ζώων και ανθρώπινων δραστηριοτήτων, όπως το κυνήγι και η υλοτομία (π.χ. Astaras et al. 2017). Η ΠΑΠ προϋποθέτει την εγκατάσταση πλέγματος ακουστικών αισθητήρων που καταγράφουν το ηχοτοπίο της περιοχής έρευνας. Τα ακουστικά δεδομένα εξετάζονται στη συνέχεια για την ανίχνευση ηχητικών περιστατικών ενδιαφέροντος (π.χ. καλέσματα ζώων, πυροβολισμοί). Για να είναι όμως η ΠΑΠ πρακτική σε μεγάλα πλέγματα και μακρές περιόδους, είναι απαραίτητη η χρήση αυτόματων αλγορίθμων ανίχνευσης. Αυτόματοι αλγόριθμοι έχουν αναπτυχθεί τόσο για είδη της άγριας πανίδας (Figueira et al. 2015, Comazi et al. 2016, Enari et al. 2019) όσο και για ανθρώπινες δραστηριότητες (Brown et al. 2013, Pirotta et al. 2015). Αναφορικά με τα αγροτικά ζώα, τα βελάσματα των ζώων καθώς και οι ήχοι των κουδουνιών που παραδοσιακά φέρουν στο λαιμό τους αφήνουν ηχητική υπογραφή που υποδηλώνει χωρίς αμφιβολία την παρουσία τους σε μία περιοχή.

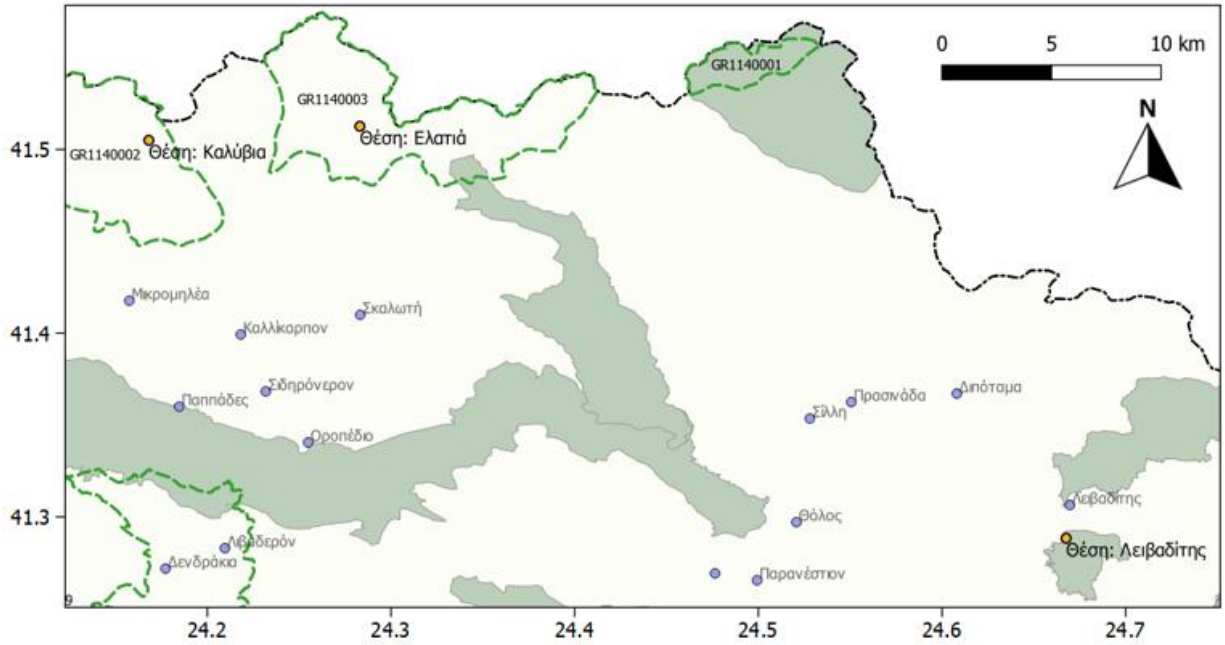
Σκοπός της εργασίας είναι η παρουσία των αποτελεσμάτων πιλοτικής εφαρμογής μεθόδου ΠΑΠ για την εκτίμηση της διάρκειας της παρουσίας των αγροτικών ζώων (αιγοπρόβατα και αγελάδες) σε λιβαδικές εκτάσεις σε ωριαία και ημερήσια για περίοδο τεσσάρων μηνών στην περιοχή της οροσειράς της Ροδόπης. Για την επίτευξη του σκοπού αυτού αναπτύχθηκαν αλγόριθμοι ανίχνευσης των καλεσμάτων των αγροτικών ζώων και των ήχων των κουδουνιών. Από όσο γνωρίζουμε, η χρήση αυτή της ΠΑΠ είναι παγκόσμια καινοτόμος.

Υλικά και μέθοδοι

Η οροσειρά της Ροδόπης επιλέχθηκε ως περιοχή της πιλοτικής μελέτης. Τρεις ακουστικοί αισθητήρες SWIFT (Cornell University) εγκαταστάθηκαν σε θέσεις στις οποίες υπήρξαν πληροφορίες ότι εφαρμόζεται βόσκηση αγροτικών ζώων (Εικόνα 1). Οι πληροφορίες αυτές επιβεβαιώθηκαν και με επιτόπια έρευνα. Για την επιλογή της θέσης εγκατάστασης συνυπολογίστηκε το ανάγλυφο, η βλάστηση και η έκθεση στον άνεμο με στόχο την μείωση του θορύβου βάθους (background noise) και του κινδύνου ανίχνευσης από ανθρώπους. Οι αισθητήρες τοποθετήθηκαν περίπου στο στηθιαίο ύψος δένδρων, μακριά από ρυάκια με μόνιμη ροή όπου η ροή του νερού θα μείωνε την ποιότητα των δεδομένων. Ο πρώτος αισθητήρας (θέση Λειβαδίτης) τοποθετήθηκε εντός ποολίβαδου με αραιή παρουσία ατόμων αρκεύθου, εντός ΚΑΖ και 2km νότια του χωριού Λειβαδίτης. Σε απόσταση περίπου 200m υπήρχε μόνιμη ποτίστρα για την ύδρευση των ζώων. Ο δεύτερος αισθητήρας (θέση Ελατιά) τοποθετήθηκε σε ξέφωτο δασικής περιοχής με έλατα (περιοχή Natura 2000 - GR1140003), 3km ΒΔ από το δασικό χωριό Ελατιάς, και ο τρίτος (θέση Καλύβια) σε ξέφωτο (περιοχή Natura 2000 - GR1140002), 3km ΒΑ από τον σταθμό δασοπροστασίας Καλύβια Καρυώτη.

Τα ακουστικά δεδομένα που αναλύθηκαν για την πιλοτική μελέτη αφορούν τους μήνες Ιούλιο έως Οκτώβριο του έτους 2019. Οι αισθητήρες λειτουργούν με 12 αλκαλικές μπαταρίες D (Panasonic Pro Power 1.5V), οι οποίες επαρκούν για την τροφοδότησή τους για συνεχόμενη καταγραφή (24 ώρες/ημέρα) με ρυθμό δειγματοληψίας (sampling rate) 8 KHz και ενίσχυση σήματος (gain) 33 dB για 89 ημέρες, έως ότου εξαντληθεί η χωρητικότητα της κάρτας μνήμης SD 128 Gb (1.32 Gb/ημέρα/αισθητήρα). Οι μπαταρίες και οι κάρτες μνήμης αντικαταστάθηκαν μία φορά κατά τη διάρκεια της έρευνας. Αναπτύχθηκαν τρεις αλγόριθμοι ανίχνευσης

βελασμάτων αιγοπροβάτων και αγελάδων και των ήχων των κουδουνιών τους με τη χρήση της λειτουργίας cluster analysis του λογισμικού ακουστικής ανάλυσης Kaleidoscope Pro v5.3.9 (Wildlife Acoustics). Μετά τη σάρωση των δεδομένων με αλγόριθμο, οι δυνητικοί ήχοι ενδιαφέροντος εξετάστηκαν οπτικώς (σπεκτρόγραμμα) ή/και ακουστικώς και είτε έγιναν αποδεκτοί, είτε απορρίφθηκαν ως ψευδείς. Τα τελικά δεδομένα (αρχείο .txt) περιλάμβαναν πληροφορίες για τον αισθητήρα, την ώρα και ημέρα κάθε ηχητικού περιστατικού ενδιαφέροντος. Ο ρυθμός ανάκλησης (recall rate) των αλγόριθμων εκτιμήθηκε μετά από αξιολόγησή τους έναντι δεδομένων συγκεκριμένων ημερών για τις οποίες όλα τα περιστατικά ενδιαφέροντος είχαν εντοπιστεί δια χειρός (hand browsing).



Εικόνα 1. Τοποθεσία των τριών ακουστικών αισθητήρων (●) εντός του Εθνικού Πάρκου Οροσειράς Ροδόπης (θέσεις: Λειβαδίτης, Ελατιά, Καλύβια).

Αποτελέσματα και συζήτηση

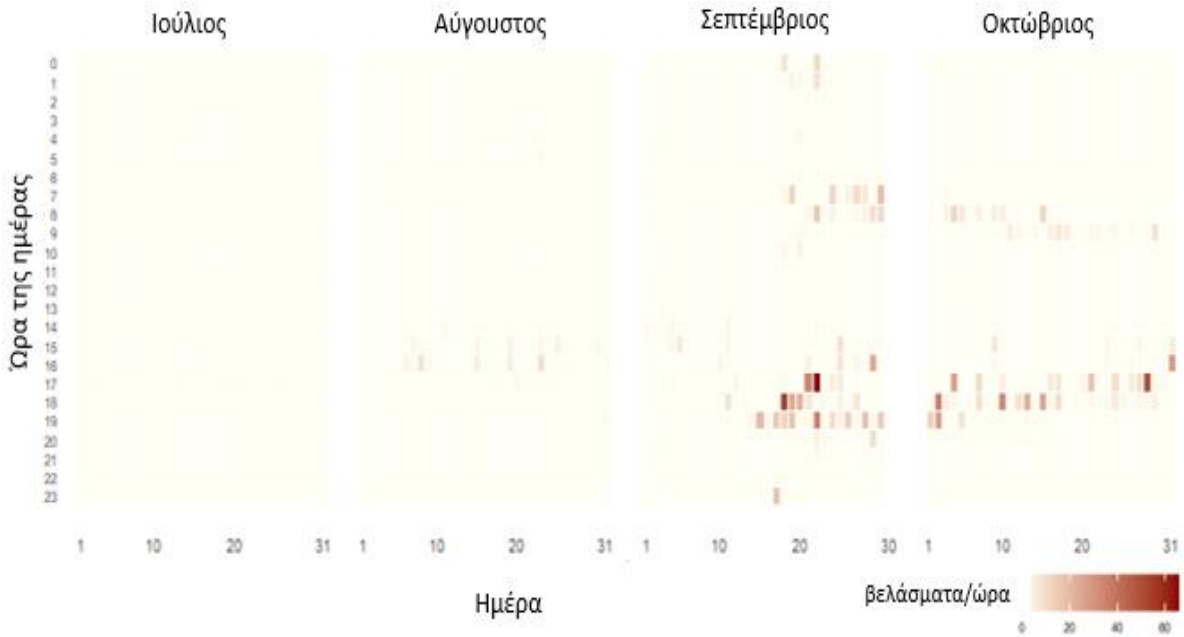
Τα δεδομένα επιτυχώς κατέγραψαν την παρουσία αγροτικών ζώων και στις τρεις τοποθεσίες μέσω της ανίχνευσης βελασμάτων και κουδουνιών. Ο ρυθμός ανάκλησης των αλγόριθμων κυμάνθηκε από περίπου 1 στα 10 για τα κουδουνίσματα και περίπου 1 στα 5 για τα βελάσματα, ο οποίος αν και φαινομενικά χαμηλός αφορά εκατοντάδες ήχους ανά ώρα, και άρα καταγράφει αποτελεσματικά την παρουσία ενός κοπαδιού όταν βρίσκεται στην ακτίνα ανίχνευσης του αισθητήρα (κατά εκτιμήσεις πεδίου σε ακτίνα 150-200m).

Στη θέση Λειβαδίτη ανιχνεύθηκαν βελάσματα αγελάδων και προβάτων καθώς και ήχοι κουδουνιών και στους τέσσερεις μήνες καταγραφής (Εικόνα 2). Η παρουσία αγελάδων ήταν σχεδόν καθημερινή και για πολλές ώρες, τον πρώτο μήνα καταγραφής (Ιούλιο). Ωστόσο, η παρουσία τους από τα μέσα Αυγούστου έως και τα τέλη Οκτωβρίου ήταν σποραδική (16 ημέρες συνολικά). Αντιθέτως, τα πρώτα καλέσματα αιγοπροβάτων καταγράφονται από τις αρχές Αυγούστου και συνεχίζονται σχεδόν καθημερινά ως το τέλος της έρευνας. Από τα μέσα Αυγούστου ως τις αρχές Σεπτεμβρίου καταγράφηκε πληθώρα ήχων κουδουνιών όλο το 24ωρο, υποδηλώνοντας τη συνεχή παρουσία των ζώων. Από τις αρχές Σεπτέμβρη και μετά, η παρουσία αιγοπροβάτων είναι καθημερινή και επικεντρώνεται κυρίως στα ωριαία διαστήματα 08:00-10:00 και 16:00-18:00, οπότε και τα ζώα επισκέπτονταν τη γειτονική ποτίστρα.

Στη θέση Ελατιά καταγράφηκαν μυκηθμοί αγελάδων και κουδούνια μόνο σε τρεις μεμονωμένες ημέρες (δύο ημέρες τον Αύγουστο και μία τον Σεπτέμβριο). Οι καταγραφές έγιναν κατά τη διάρκεια της ημέρας (07:00 – 16:00), που υποδηλώνει ότι το κοπάδι ήταν

περαστικό από την περιοχή και δεν διανυκτέρευσε. Από τα μέσα Σεπτέμβρη δεν υπήρχε άλλη καταγραφή, που υποδηλώνει την πλήρη απουσία τους από την περιοχή.

Στη θέση Καλύβια, ήχοι αγελάδων και κουδουνιών καταγράφηκαν σε 11 μη συνεχόμενες ημέρες από τα μέσα Ιουλίου έως και τα μέσα Αυγούστου, κατά τις ώρες από τις 09:00 έως τις 19:00. Οι καταγραφές αυτές υποδηλώνουν ότι το κοπάδι αγελάδων επισκέπτονταν την περιοχή εκ περιτροπής προερχόμενο από τη θέση των σταβλικών εγκαταστάσεων η οποία εκτιμάται ότι απέχει περίπου δύο ώρες από τη θέση καταγραφής.



Εικόνα 2. Βελάσματα αιγοπροβάτων ανά ώρα, ημέρα και μήνα στη θέση Λειβαδίτης.

Συμπεράσματα – Προτάσεις

Η πιλοτική αυτή έρευνα ανέδειξε τη χρησιμότητα της ΠΑΠ για τη συλλογή δεδομένων παρουσίας/απουσίας αγροτικών ζώων σε περιοχές ενδιαφέροντος με υψηλή χωρική και χρονική ευκρίνεια. Με λειτουργικό κόστος €8/μήνα/αισθητήρα (μπαταρίες) και αρχικό κόστος εξοπλισμού προσιτό (€450/αισθητήρα), είναι εφικτός ο προσδιορισμός του ζωικού είδους καθώς και της εποχής και της διάρκειας που τα ζώα χρησιμοποιούν μία περιοχή ακόμα και σε ωριαίο επίπεδο. Αν και για την εφαρμογή ορθολογικής διαχείρισης της βόσκησης απαιτείται η γνώση και άλλων παραμέτρων της βόσκησης, όπως π.χ. ο αριθμός των φυτοφάγων ζώων, εντούτοις είναι προφανές ότι η μέθοδος αυτή παρέχει αξιόπιστα στοιχεία με χαμηλή επένδυση κόπου και χρόνου, ακόμα και σε απομακρυσμένες και δυσπρόσιτες περιοχές. Μελλοντικές έρευνες συνιστάται να εστιάσουν στη σχετική εκτίμηση του πλήθους των ζώων είτε βασιζόμενες στον αριθμό των ήχων που καταγράφονται στους αισθητήρες και ανιχνεύονται με τους αλγόριθμους είτε σε συνδυασμό με τη χρήση οπτικών αισθητήρων ή μη επανδρωμένων αεροσκαφών (drones), καθώς και στη βελτίωση των υπαρχόντων αλγόριθμων και την ανάπτυξη νέων (π.χ. για άλογα, βουβάλια, χοίρους).

Αναγνώριση βοήθειας

Η έρευνα υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της Δράσης ΕΡΕΥΝΩ-ΔΗΜΙΟΥΡΓΩ-ΚΑΙΝΟΤΟΜΩ και συγχρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) της Ευρωπαϊκής Ένωσης και εθνικούς πόρους μέσω του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία (ΕΠΑνΕΚ) (κωδικός έργου: Τ1ΕΔΚ-04488 «ΒΙΟΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ»).

Βιβλιογραφία

Astaras C., J.M. Linder, P.H. Wrege, R.D. Orume and D.W. Macdonald. 2017. Passive acoustic monitoring as a law enforcement monitoring tool for Afrotropical rainforests. Front. Ecol. Environ., 15: 233-234.

Brown C.L., S.E. Reed, M.S. Dietz and, K.M. Fristrup. 2013. Detection and classification of motor vehicle noise in a forested landscape. Environ. Manage., 52: 1262-1270.

Comazzi C., S. Mattiello, O. Fiard, S. Filacorda and M. Gamba. 2016. Acoustic monitoring of golden jackals in Europe: setting the frame for future analyses. Bioacoustics, 25: 267-278.

Cook C.W. and J. Stubbendieck. 1986. Range research: basic problems and techniques. Society for Range Management, Colorado, USA, pp. 317.

Enari H., H.S. Enari, K. Okuda, T. Maruyama and K.N. Okuda. 2019. An evaluation of the efficiency of passive acoustic monitoring in detecting deer and primates in comparison with camera traps. Ecol. Indic., 98: 753-762.

Figueira L., J.L. Tella, U.M. Camargo and G. Ferraz. 2015. Autonomous sound monitoring shows higher use of Amazon old growth than secondary forest by parrots. Biol. Conserv., 184: 27-35.

Holechek J.L. R.D. Pieper and C.H. Herbel. 2011. Range Management, Principles and Practices. 6th Edition, Prentice Hall Publishing. USA, pp. 456.

Piña Covarrubias E., A.P. Hil, P. Prince, J.L. Snaddon, A. Rogers and C.P. Doncaster. 2018. Optimization of sensor deployment for acoustic detection and localization in terrestrial environments. Remote Sens. Ecol. Conserv., 5: 180-192.

Pirotta E., N.D. Merchant, P.M. Thompson, T.R. Barton, and D. Lusseau. 2015. Quantifying the effect of boat disturbance on bottlenose dolphin foraging activity. Biol. Conserv., 181: 82-89.

Estimation of grazing parameters using passive acoustic monitoring methods

I. Karmiris[1*], C. Astaras[1], K. Ioannou[1], I. Vasiliadis[1], D. Gioulatos[2], N. Stefanakis[3,4],T. Kominos[2], A. Galanaki[2]

[1] Hellenic Agricultural Organisation «DIMITRA», Forest Research Institute, 57006 Vassilika, Thessaloniki, e-mail: ilias@fri.gr

[2] Aristotle University of Thessaloniki, Department of Biology, 54124 Thessaloniki

[3] Hellenic Mediterranean University, Department of Music Technology & Acoustics, 74100 Rethymno

[4] Foundation for Research and Technology, Institute of Computer Science, 70013 Heraklion

*Email: ilias@fri.gr

Summary

The estimation of parameters such as grazing duration and grazing period is a prerequisite for the implementation of rational grazing management. However, the methods for their estimation are time consuming as monitoring should occur throughout a study period to determine whether its use by livestock is on a regular or occasional basis. Questionnaire surveys of farmers are widely used to collect such information, however the credibility of the responses could be low. These shortcomings could be overcome via the use of cutting-edge technologies such as passive acoustic monitoring (PAM). For the first time globally, as far as we know, acoustic sensors were deployed at selected grazing lands of the Greek Rhodope mountain range with the intent of monitoring grazing activities. The results confirm PAM's potential as an effective and cost-efficient method for obtaining high spatiotemporal resolution data on grazing activity at a large spatial scale, especially in remote areas.

Keywords: acoustic sensors, detection algorithm, grazing period, grazing duration, grazing management