

MARIJAN GRUBEŠIĆ, HELENA NOSEK, RENATA PERNAR, KRISTIJAN TOMLJANOVIĆ,
Zagreb/Kroatien

Einsatz von Drohnen bei der Habitatanalyse und Hochwildzählung in Kroatien

Einleitung

Bei der Erforschung der Habitate und Wildtiere werden verschiedene Techniken und Technologien eingesetzt. Die Entwicklung moderner Technologien eröffnet unter anderem die Möglichkeit, Drohnen zum Zwecke der Ermittlung der Oberflächenstruktur von Jagdbezirken und zur Wildzählung einzusetzen. Die Erforschung der Habitate und Wildtiere unter Anwendung leichter Drohnen ist eine nicht-invasive und relativ sichere Methode, die aus der Luft einen guten Überblick über den Raum bietet und heute in der Land- und Forstwirtschaft bereits regelmäßig angewendet wird.

Jede beliebige Form der Vegetationsdecke kann aus der Luft gefilmt werden, wodurch eine kostengünstige und präzise Form des Monitorings ermöglicht wird. Ein erheblicher Vorteil ist auch die Möglichkeit der Einsichtnahme in schwer zugängliche, verminte und entlegene Flächen sowie die Annäherung an scheue oder aggressive Arten (CHABOT & BIRD 2015). Durch die Entwicklung von Wärmebildkameras, die in den leichten Drohnen verwendet werden können, hat sich die Möglichkeit eröffnet, Wildtiere aufzuspüren, die innerhalb des Ökosystems des Waldes leben und mit einer VGA-Kamera aus der Luft kaum zu entdecken sind. Die Technologie der Aufnahme von Wildtieren aus

der Luft bietet die Möglichkeit, die Größe einer Population und ihre Interaktionen mit dem Habitat auf offenen Flächen wie bei Vögeln (GROOM et al. 2013) und jetzt unter Verwendung von Wärmebildkameras auch bei typischen Waldtieren wie großen Paarhufern oder großen Raubtieren zu erfassen.

Die meistverwendeten herkömmlichen Methoden zur Feststellung des Bestandes großer Wildarten sind die Methode der Beobachtung in regelmäßigen Zeitabständen von einem Aussichtspunkt aus, die Defäkations- und die Transektmethode, die Lincon-Peterson-Methode (Fang-Wiederfang-Methode), die Verwendung von Sensor-Kameras (TOMLJANOVIĆ et al. 2010) und andere. In jüngerer Zeit werden auch Methoden der DNA-Analyse angewendet, um die zahlenmäßige Stärke einiger Arten mit großem Bewegungsradius und geringer Dichte pro Fläche (Bär, Wolf) festzustellen. Die Zählung großer Wiederkäuer, von Wildschweinen und großer Raubtiere erfolgt zum Zwecke der Erstellung von Bewirtschaftungsplänen. Die Zählungsmethode im Ökosystem des Waldes ist von den finanziellen Mitteln, der Verfügbarkeit von Fachpersonal, der Populationsdichte der Art, die gezählt wird, und den Umständen im Habitat abhängig.

Da es noch fast keine Ergebnisse der Fernforschung von Großwild unter Verwendung

von Wärmebildkameras auf Drohnen gibt, wurde hier versucht, die operative Anwendbarkeit dieses Systems zu ermitteln.

Die dargestellten Untersuchungen im Jagdbezirk Opeke II, den die Forstwirtschaftliche Fakultät der Universität Zagreb bewirtschaftet, wurden zum Ziele der Testung der Möglichkeiten und Arten des Einsatzes von Drohnen bei der Analyse von Habitaten und der Zählung von Großwild durchgeführt.

Material und Methoden

Das Gebiet der Untersuchung ist das Lehr-objekt Lipovljani bzw. der offene staatliche Jagdbezirk „OPEKE II“, der der Forstwirtschaftlichen Fakultät der Universität Zagreb zur Bewirtschaftung übergeben wurde. Die Gesamtfläche des Jagdbezirks „OPEKE II“ beträgt 8.342 ha, darunter 5.903 ha Wald, 2.024 ha landwirtschaftliche Fläche und 103 ha Was-

serflächen. Der Jagdbezirk befindet sich im Lonjsko Polje, das Teil des Posavina-Beckens ist, in der Überflutungszone des Flusses Sava und seiner linken Zuflüsse.

Die Forstwirtschaftliche Fakultät der Universität Zagreb besitzt seit 2016 eine Quadrocopter-Drohne Inspire 1 V2.0 des international bekannten Herstellers DJI. Alle Angaben über die Charakteristika der Drohne Inspire 1 V2.0 wurden von der Website des Unternehmens DJI und aus dem Benutzer-Handbuch der Inspire 1 V2.0 (ANON. 2015b) übernommen.

Für die Aufnahmen im Rahmen dieses Forschungsprojekts wurden zwei Kameratypen verwendet:

- Kamera X3
- Zenmuse XT Wärmebildkamera

Eines der Ziele der Untersuchung ist die Erhebung der Oberflächenstruktur des Jagdbezirks

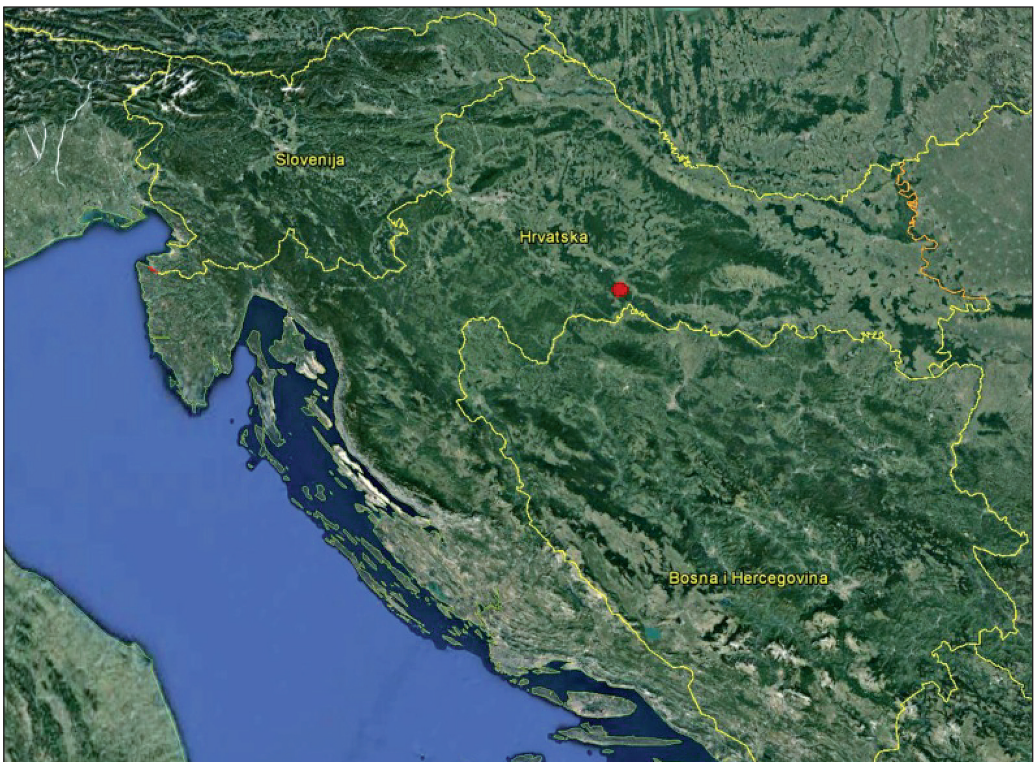


Abb. 1: Lage des Forschungsgebietes in der Republik Kroatien

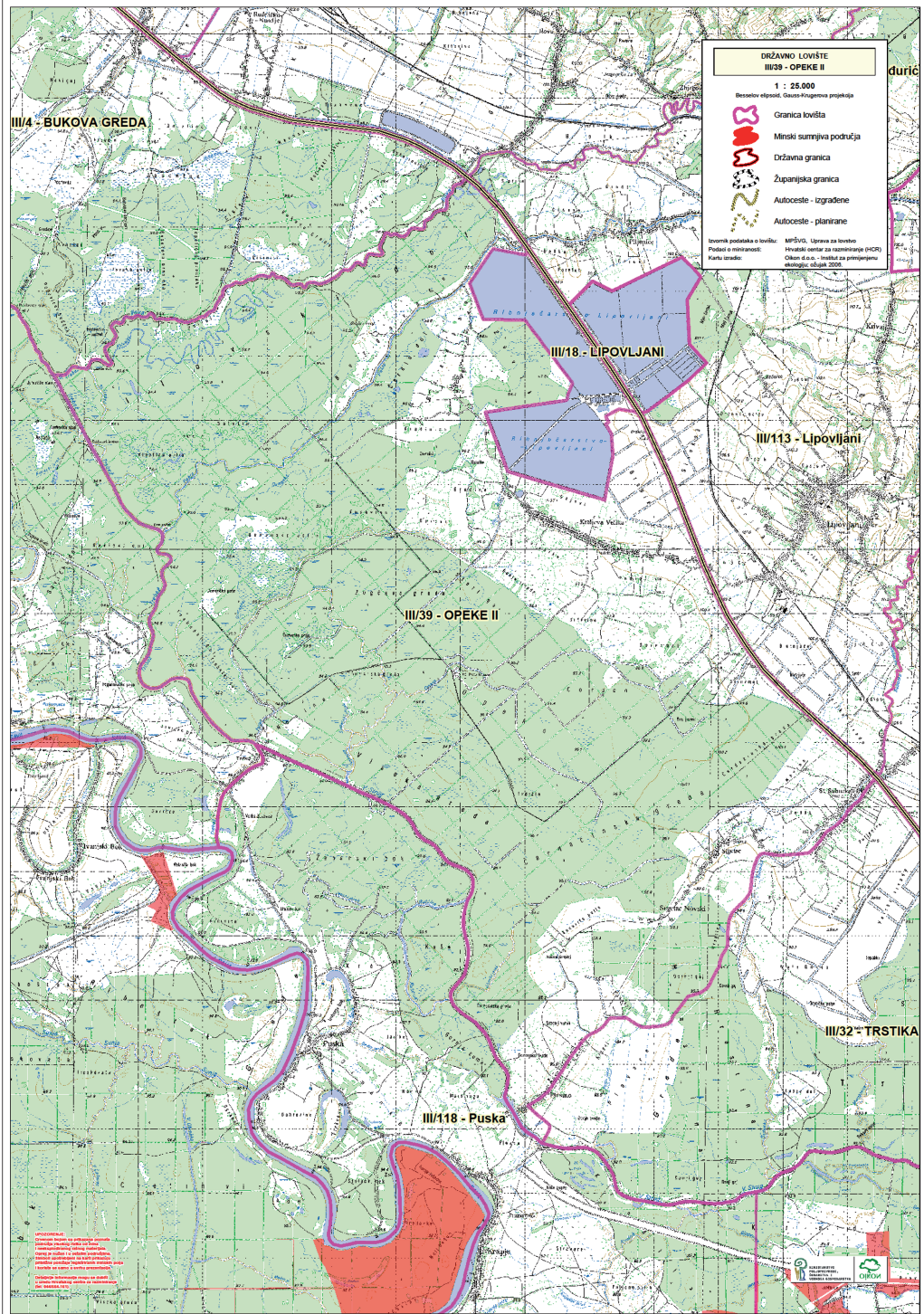


Abb. 2: Karte des Jagdbezirks Opeke II

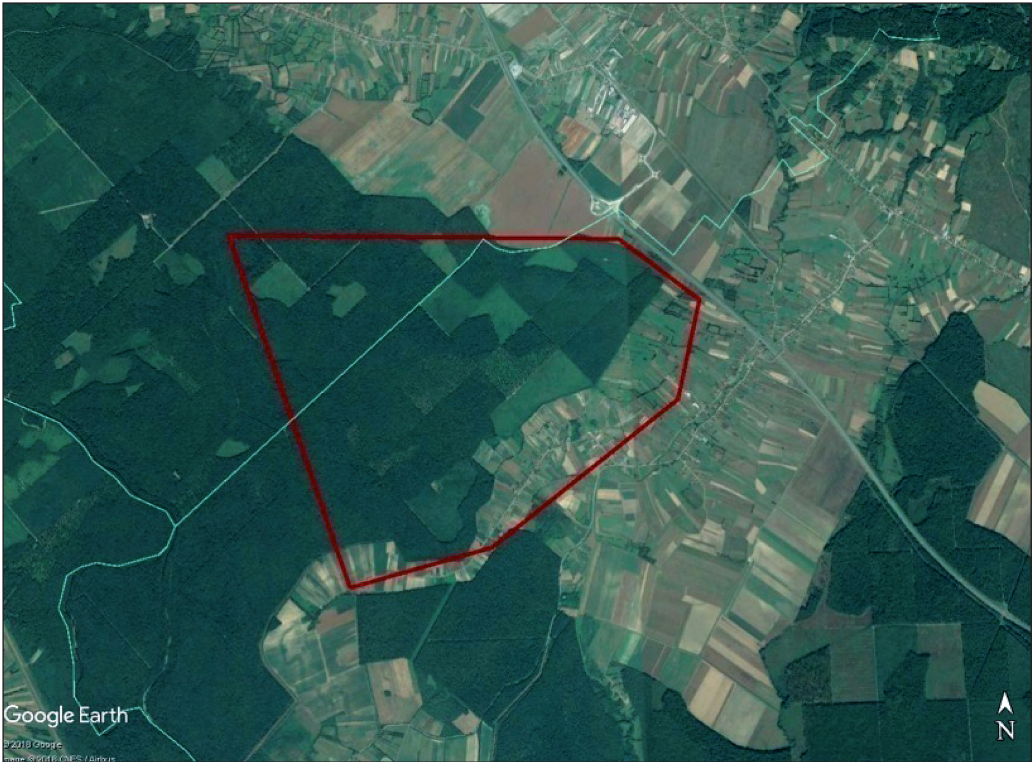


Abb. 3: Forschungsgebiet im Jagdbezirk Opeke II



Abb. 4: Die Drohne DJI Inspire 1

Quelle: http://store.dji.com/product/inspire-1-2?site=brandsite&from=buy_now_bottom

bzw. der Vergleich der Aufnahmen, die durch Fotos mit der Drohne gewonnen wurden, mit Aufnahmen aus anderen verfügbaren Quellen (z. B. Google Earth u. a.) zur Feststellung von Veränderungen in der Flächenstruktur. Die Aufnahmen wurden auf den landwirtschaftlichen Flächen im Osten und Norden des offenen staatlichen Jagdbezirks Nr. III/39 „OPEKE II“ in einer Zone landwirtschaftlicher Flächen mit verschiedener Nutzungsintensität gemacht. Die Aufnahmemethode bestand aus unsystematischen Flügen der Drohne DJI Inspire 1 (Abb. 4) über dem ausgewählten Gebiet. Ziel war es, möglichst viele Fotos der landwirtschaftlichen Flächen aus verschiedenen Richtungen und Blickwinkeln zu gewinnen, um die aufgenommenen Parzellen später auf den Aufnahmen aus anderen verfügbaren Quellen möglichst leicht wieder zu erkennen.

Das zweite Ziel der Arbeit ist die Feststellung der Zahlenbestands des Wildes, d. h. die Bestimmung akzeptabler Methoden zur Zählung des Wildes mithilfe des Drohnensystems DJI Inspire 1 und der Wärmebildkamera Zenmuse XT (Abb. 5). Die Zählungsmethode musste den Rahmenbedingungen der Drohne angepasst sein, und zwar in erster Linie der Kapazität der Batterie, die eine sichere Flugautonomie von ca. 20 Min. gewährleistet. Ein beschränkender Faktor kann in einigen Fällen auch die Reichweite der Telemetrie bzw. der Steuerung sein, die theoretisch über 2,5 km beträgt. Berücksichtigt man jedoch die gesetzliche Beschränkung der maximalen Entfernung der Drohne von ihrem Bedienpersonal (ANON. 2015a) und die realen Bedingungen des Waldhabitats in der Ebene, ist die Reichweite der Steuerung erheblich geringer als in der Theorie. Das Gebiet, das dabei abgedeckt werden kann, hängt direkt von der Intensität des Flugs ab und indirekt auch von der Temperatur, die erheblichen Einfluss auf die Kapazität der Batterie hat, was festgestellt, aber nicht gesondert untersucht wurde.

Für die Hochwildzählung wurden zwei Methoden eingesetzt.

Die erste Methode bestand aus dem unsystematischen Flug über dem ausgewählten Gebiet (junge Bestände – Schonungen), wo eine erhöhte Konzentration des untersuchten Wildes erwartet wurde. Die Drohne stieg in eine bestimmte Hö-



Abb. 5: Wärmebildkamera Zenmuse XT (<http://www.dji.com/inspire-1/camera#xt>)

he auf und deckte mit ihrem Bild dabei ein bestimmtes Gebiet mit bekannter Fläche ab. Durch einen Aufstieg der Drohne in größere Flughöhe erhält man einen Überblick über einen größeren Raum, aber die Möglichkeit, das aufgenommene Wild zu entdecken, sinkt und umgekehrt. Nachdem die Drohne in die vorherbestimmte Höhe aufgestiegen war, erfolgte die Drehung des Flugobjekts und der Kamera und so gelang die Aufspürung und Zählung des Wildes innerhalb der aufgenommenen Fläche. Indem man die Zahl des aufgenommenen (erfassten) Wildes auf dem Film in Beziehung zu der Fläche setzt, die von den Aufnahmen abgedeckt wurde, erhält man die relative zahlenmäßige Größe des Wildbestandes auf der erfassten Fläche

$N = \frac{n}{P}$, wobei gilt:

N = relative Zahl des Wildes pro Fläche,

n = gezählte Einzeltiere auf der erfassten Fläche

P = die von den Aufnahmen erfasste Fläche

Die zweite Methode, die auf größeren Flächen eingesetzt werden kann, bildet eine Modifizie-

rung der Methode der Rasterlinien. Die Methode besteht aus einem systematischen Flug und Aufnahmen in zuvor festgelegten Richtungen (Transekten). Da die Drohne bei dieser Untersuchung mit einem GPS ausgestattet war, wurde sie über die Software mit einer gewissen Geschwindigkeit und Höhe über dem ausgewählten Gebiet für den Flug entlang der Transekte programmiert. Dabei musste die Intensität bestimmt werden, mit der das ausgewählte Gebiet aufgenommen wurde. Hierbei ist die Flughöhe wichtig, denn bei einer Kamera, die in einer Höhe von 100 m eingesetzt wird, decken die äußersten Ränder die Breite eines theoretischen Streifens von 22,4 m ab, was bei der Planung der Intensität ein wichtiger Faktor ist. Nachdem die Untersuchung abgeschlossen war, wurde auch eine Software entwickelt, mit der die Intensität der Aufnahmen direkt geregelt werden kann, was die angewandte Methode erheblich erleichtert. Für die Berechnung der relativen zahlenmäßigen Größe des Wildbestandes wurde dieselbe Formel verwendet wie auch bei der vorherigen Methode, nur wurde die erfasste Fläche in diesem Fall aus der Gesamttiefe der Aufnahmen und der Breite des erfassten Streifens berechnet ($P_{\text{des Musters}}$ = Breite des Streifens, auf dem aufgenommen wird, x Gesamtlänge des aufgenommenen Streifens).

Daraus geht hervor, dass $N = \frac{n}{P}$, wobei gilt:

N = Zahl des Wildes auf der Fläche, für die Zählung vorgenommen wird,

n = Zahl der erfassten Einzeltiere in den Sektoren (Transekten),

P = Gesamtfläche der Transekte bzw. Fläche des Musters. Für diese Art der Zählung kann auch eine Standardabweichung berechnet werden:

$$s_d = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n - 1}}, \text{ wobei gilt: } s_d = \text{Standardabweichung vom arithmetischen Mittel}$$

x = Zahl der in dem Sektor gezählten Einzeltiere und

n = Zahl der Muster

In beiden Fällen wurden mehrere aufeinander folgende Aufnahmen aus verschiedenen Höhen gemacht, um die Möglichkeit der Beobachtung und Entdeckung von Wildschweinen zu testen.

Anmerkung: Luftaufnahmen mithilfe von Drohnen sind in Kroatien durch sehr komplexe gesetzliche Bestimmungen geregelt (ANON. 2007, 2008, 2015a, 2016) und erfordern erhebliches Engagement bei der Beschaffung aller nötigen Genehmigungen und Dokumente!

Ergebnisse

Zum Zwecke der Feststellung der Oberflächenstruktur bzw. der Feststellung von Veränderungen in der Oberflächenstruktur wurden Aufnahmen von landwirtschaftlichen Flächen des untersuchten Gebietes des offenen staatlichen Jagdbezirks Nr. III/39 „OPEKE II“ gemacht. Drohnenflüge wurden an mehreren Stellen unternommen, für die in der weiteren Arbeit Beispiele dargestellt werden. Nach den Aufnahmen wurden die vor Ort gewonnenen Fotos mit den Aufnahmen derselben Stellen auf den Computerprogrammen Google Earth, Google Maps und Arkod Preglednik verglichen.

Arkod Preglednik ist eine Web-App, die eine einfache Art der Identifikation von Grundstücken und einen Überblick über die Grundstücke in der ganzen Republik Kroatien ermöglicht und auch die Möglichkeit einer komplexen Suche bietet, denn sie enthält auch Raumdaten der staatlichen Geodäsiebehörde: eine digitale Orthofoto-Karte, einen digitalen Katasterplan und eine topographische Karte (Quelle: <http://www.arkod.hr/>).

Bei der Untersuchung wurde das Phänomen einer positiven und negativen Sukzession festgestellt. In beiden Fällen entstehen Veränderungen durch den Einfluss äußerer Faktoren – anthropogenes Handeln oder Nichthandeln. Beim Vergleich der Drohnenaufnahmen mit den aus dem ArkodPreglednik, Google Maps und Google Earth übernommenen Bildern wurde festgestellt, dass im Bereich Nr. 1 der Prozess einer negativen Sukzession der Waldvegetation stattgefunden hat. Das mit der Drohnen-Kamera aufgenommene Foto (Abb. 6) zeigt den derzeitigen Zustand und es ist erkennbar, dass die gekennzeichneten landwirtschaftlichen Flächen bearbeitete Flächen sind. Die aus Arkod Preglednik, Google Maps und Google Earth übernommenen Fotos (Abb. 7, 8 und 9) zeigen den



Abb. 6: DJI X3 Bereich Nr. 1.



Abb. 7: Arkod Bereich Nr. 1.



Abb. 8: Google Maps Bereich Nr. 1.



Abb. 9: Google Earth Bereich Nr. 1.



Abb. 10: DJI X3 Bereich Nr. 2.



Abb. 11: Arkod Bereich Nr. 2.

Stand der landwirtschaftlichen Flächen von vor einigen Jahren, als sie mit Gehölzvegetation bewachsen, d.h. in einem Prozess der positiven Sukzession begriffen waren, während sie jetzt wieder der landwirtschaftlichen Produktion unterworfen sind.

Im Bereich Nr. 2 hat sich in den vergangenen Jahren der Prozess einer positiven Sukzession der Waldvegetation entwickelt. Abb. 10 und 13 zeigen den gegenwärtigen Zustand der gekennzeichneten landwirtschaftlichen Flächen, bewachsene Flächen im Prozess der Progression,

während die Fotos aus den vergangenen Jahren (Abb. 11 und 13) bearbeitete landwirtschaftliche Flächen zeigen.

Im Bereich Nr. 3 wurden agrotechnische Verfahren bzw. ein Prozess des Rückgangs der Pioniervegetation beobachtet (Abb. 14 und 17), was

den gegenwärtigen Zustand vor Ort darstellt. Auf den Abb. 15 und 16 ist klar ersichtlich, dass die markierte Parzelle vor einigen Jahren einer positiven Sukzession überlassen und aus der landwirtschaftlichen Bewirtschaftung ausgespart war.



Abb. 12: Google Maps Bereich Nr. 2.



Abb. 13: Google Earth Bereich Nr. 2.



Abb. 14: DJI X3 Bereich Nr. 3.



Abb. 15: Arkod Bereich Nr. 3.



Abb. 16: Google Maps Bereich Nr. 3.



Abb. 17: Google Earth Bereich Nr. 3.



Abb. 18: DJI X3 Bereich Nr. 4.



Abb. 19: Arkod Bereich Nr. 4.



Abb. 20: Google Maps-Bereich Nr. 4.



Abb. 21: Google Earth-Bereich Nr. 4

Abb.18 zeigt den gegenwärtigen Zustand im Bereich Nr. 4 und es ist klar ersichtlich, dass hier agrotechnische Eingriffe erfolgen. An dieser Stelle finden wir wieder einen Prozess der negativen Sukzession bzw. der erneuten Bearbeitung eines Grundstücks. In den vergangenen Jahren hatte auf den gekennzeichneten Parzellen ein Progressionsprozess stattgefunden (Abb.19). Die Darstellung der markierten Flächen auf Google Maps (Abb. 20) ist neueren Datums und der Einfluss agrotechnischer Eingriffe ist auf der Aufnahme aus Google Earth (Abb. 21) wie auch auf dem mit der Drohne aufgenommenen Foto (Abb. 18) erkennbar. Beim Vergleich der Aufnahmen des gegenwärtigen Zustands vor Ort mit Fotografien aus anderen verfügbaren Quellen sind auf ein-

zelnen landwirtschaftlichen Flächen bzw. in der Oberflächenstruktur des Jagdbezirks Veränderungen festgestellt worden. Die angeführten Beispiele zeigen Prozesse der Progression

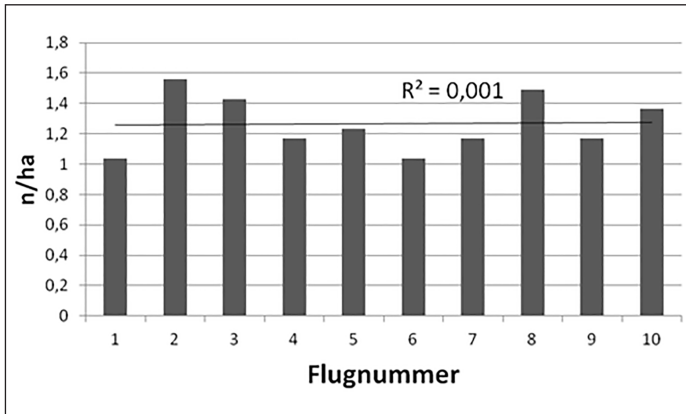
Tabelle 1: Ergebnisse des Vergleichs der Aufnahmen der Drohne DJI Inspire mit den Aufnahmen aus anderen verfügbaren Quellen

Drohne	Arkod Preglednik	Google Maps	Google Earth
	Übereinstimmung mit dem gegenwärtigen Zustand		
Bereich Nr. 1.	–	–	–
Bereich Nr. 2.	–	+	– (+)
Bereich Nr. 3.	–	–	+
Bereich Nr. 4.	–	+	+

und Regression, mit denen anscheinend ein Gleichgewicht erzielt wird.

Im ausgewählten Gebiet wurden von November 2017 bis Januar 2018 zum Zwecke der Zählung insgesamt 20 Flüge unternommen. Zehn Flüge dienten dem Zweck der Zählung des Wildes mit der Methode der absoluten Zählung in einem Sektor mit bekannter Fläche, während die ande-

ren zehn Flüge eine Zählung in Transekten vornahmen. Für den Test der Methode der absoluten Zählung in einem Sektor mit bekannter Fläche wurde ein Abschnitt der ersten Altersklasse mit einer Fläche von 15,4 ha bestimmt. In diesem Sektor wurden 10 aufeinander folgende Zählungen vorgenommen. Die Ergebnisse sind in der Graphik 1 dargestellt.



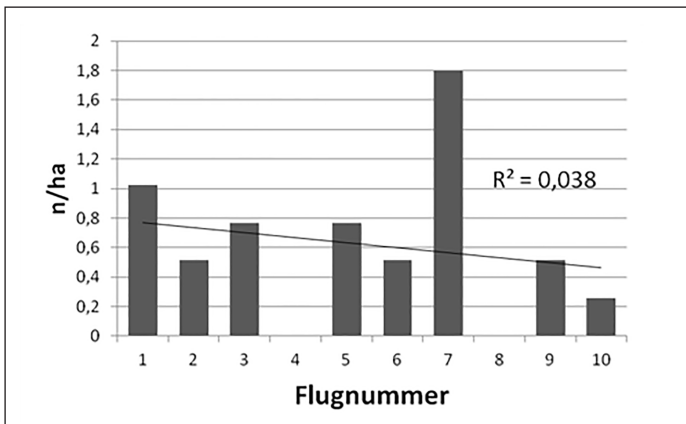
Graphik 1: Darstellung der zahlenmäßigen Größe des Wildschweinbestandes pro Hektar untersuchter Fläche bei der Methode der absoluten Zählung auf einer Fläche.

Während der durchgeführten Zählung bewegte sich die Zahl der Wildschweine auf der beobachteten Fläche im Bereich zwischen 16 und 24 Tieren mit einem arithmetischen Mittel von 19,5 Tieren. Die relative Zahl betrug 1,26 $\pm$ 0,18 Tiere pro Hektar.

Die Testung der Methode der Zählung nach Transekten wurde auf einer Fläche von 39,5 ha durchgeführt. Es handelte sich um zwei verbundene Abschnitte der ersten Altersklasse. Auf der untersuchten Fläche wurden insgesamt 10 auf-

einander folgende Zählungen nach Transekten mit einer Intensität der Flächenabdeckung von 10 % unternommen. Die in den exemplarischen Sektoren erhaltene Zahl wird im Verhältnis der Intensität auf die gesamte untersuchte Fläche umgerechnet. Die Ergebnisse sind in der Graphik 2 dargestellt.

Bei den durchgeführten Zählungen bewegte sich die errechnete Anzahl an Wildschweinen (bezogen auf die Gesamtfläche, auf der die Untersuchung / Aufnahme durchgeführt wurde)



Graphik 2: Darstellung der Anzahl der Wildschweine pro Hektar untersuchter Fläche bei der Methode der Zählung nach Transekten.

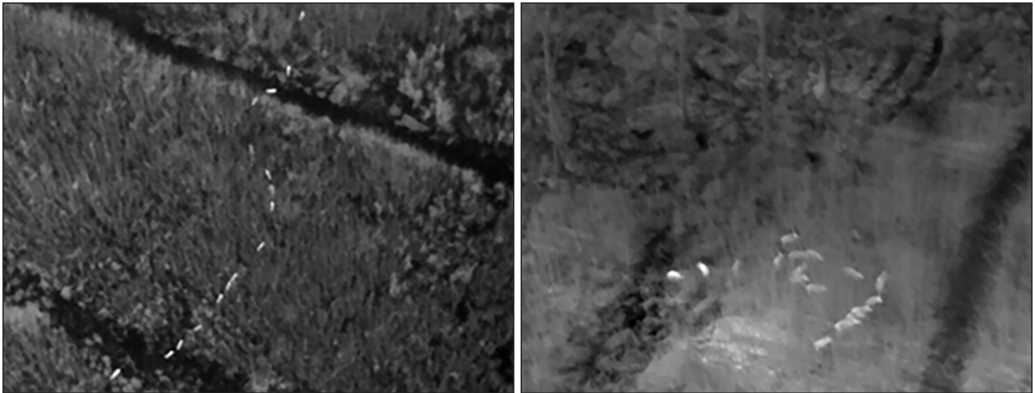


Abb. 22 und 23: Wildschweine, die mit der Methode der absoluten Zählung in einem Sektor mit bekannter Fläche erfasst wurden.

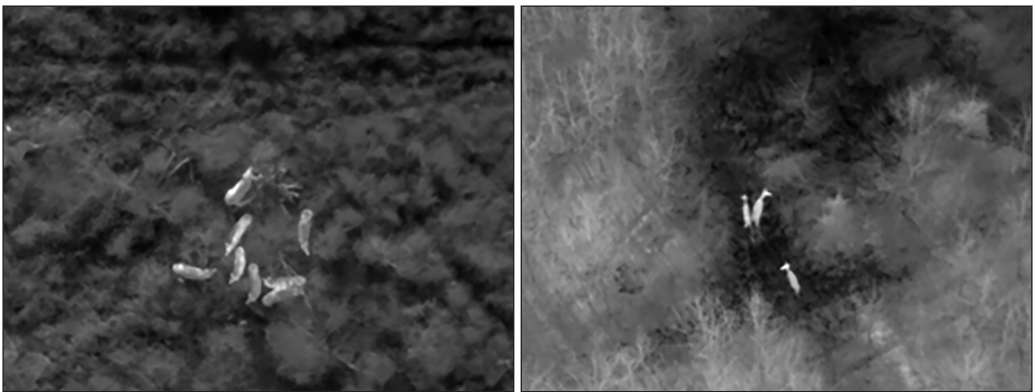


Abb. 24 und 25: Transektmethode, Wildschweinrotte (Bild links), drei einzelne Rothirsche (Bild rechts)

auf der beobachteten Fläche im Bereich zwischen 0 und 70 Einzeltieren mit einem arithmetischen Mittel von 24 Tieren. Die relative Anzahl betrug $0,61 \pm 0,53$ Tiere pro Hektar.

Diskussion

Bei der Untersuchung und dem Vergleich der Darstellungen aus unterschiedlichen verfügbaren Quellen wurden zahlreiche Habitatveränderungen, aber aufgrund der fehlenden Aktualisierung der vor Ort entstandenen Veränderungen auch divergierende Daten aus einzelnen Quellen festgestellt. Nach Angaben der Internetseite der Agentur für Zahlungen in der Landwirtschaft, Fischerei und der ländlichen Entwicklung fand die letzte Aktualisierung der digitalen Ortho-

foto-Aufnahmen 2013 statt (Quelle: <http://www.apprrr.hr/zapocinje-proces-azuriranja-arkod-parcela-temeljem-novih-digitalnih-ortofoto-karata--490.aspx>). Im Juli dieses Jahres jedoch wurde ein Vertrag über öffentliche Leistungen für die aerophotogrammetrische Aufnahme und Ausarbeitung digitaler Orthofoto-Karten im Maßstab von 1 : 5000 (DOF5) für 50% des Gebiets der Republik Kroatien abgeschlossen, die zur Aktualisierung und Anpassung der Raumdaten dienen sollen (Quelle: <http://www.apprrr.hr/sklopljen-ugovor-o-javnim-uslugama-za-aerofotogrametrijsko-snimanje-i-izradu-digitalnih-ortofoto-karata-vrijedan-27-milijuna-kuna-2397.aspx>). Der Arkod Preglednik bietet die Möglichkeit, mehrere Schichten über die aufgenommenen Flächen hinüberzulegen (Raumdaten, Markierung von Gemeinde- und Gespanschafts-

grenzen, Kataster, Arkod-Angaben: Ackerland, Weiden, Wiesen, Weinberge, Obstgärten u. a., hydrologische Daten, bleibendes Grünland etc.). Aber die Luftbildaufnahmen im Preglednik sind mehrere Jahre alt und auch einzelne der erwähnten Arkod-Angaben sind nicht aktuell. (Nach Angaben von Arkod Preglednik wurden die Daten letztmals 2015 geändert). So erhält man beispielsweise durch Darüberlegen der Schicht, die das Ackerland kennzeichnet, in Wahrheit nicht den tatsächlichen Zustand vor Ort.

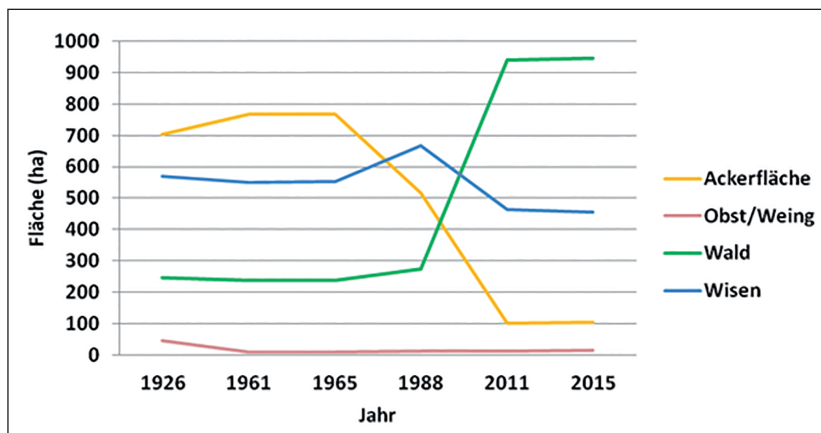
Den Umfang der Veränderungen des Habitats zeigen die durchgeführten Untersuchungen (POLJAK 2016), wo man in der Graphik 3 deutlich die Dynamik der Veränderungen in den letzten 100 Jahren erkennen kann. Dies belegt die Notwendigkeit des Einsatzes neuer Arten (und Technologien) der Erhebung des tatsächlichen Standes der Flächenstruktur.

Neben den Habitatveränderungen haben wir in Kroatien noch immer potentiell verminnte Flächen mit einer Größe von ca. 404 km², für deren Analyse, und vor allem für die Wildbeobachtung, ausschließlich Drohnen eingesetzt werden können.

(<https://www.hcr.hr/hr/minSituacDetaljna.asp>) Beim Vergleich der Darstellungen aus verschiedenen Quellen wurde im Bereich Nr. 1 bezüglich des heutigen Zustands (Abb. 6) eine erhebliche Veränderung der Habitatbedingungen festgestellt. In den vergangenen Jahren wurden die mit den Ordnungszahlen 1 und 2 gekennzeichneten Parzellen von einer positiven Vegetationssukzession erfasst (Abb. 7, 8 und 9). Ge-

genwärtig sind die markierten Parzellen wieder der landwirtschaftlichen Produktion unterworfen, was dem Arkod Preglednik entspricht, wo sie als Ackerland (Ackerlandschicht) bezeichnet sind, aber in der Darstellung aus Arkod (Abb. 7) ist klar ersichtlich, dass sie zur Zeit der Aufnahme nicht Ackerland waren. Die Darstellungen aus Google Maps (Abb. 8) und Google Earth (Abb. 9) sind für diese Lokation identisch. Der Grund dafür ist die Übernahme der Darstellung von Google Earth durch Google Maps. Google Earth bietet mithilfe der Option „Historisches Bildmaterial“ die Möglichkeit eines Überblicks über Darstellungen mit verschiedenen Aufnahmedaten, während in Google Maps lediglich eine Aufnahme gezeigt wird, die nicht mit der neuesten Aufnahme aus Google Earth übereinstimmen muss. Dies ist eine Folge der häufigeren Aktualisierungen der Satellitenbilder bei Google Earth.

Im Bereich Nr. 2 ist die Parzelle mit der Ordnungsnummer 1 im Arkod Preglednik (Abb. 11) als dauerhaftes Grünland gekennzeichnet (Schicht dauerhaftes Grünland 2015), was für den gegenwärtigen Zustand der Parzelle nicht richtig ist (Abb. 10), wo deutlich erkennbar ist, dass keine Erhaltung durch Mähen stattfindet. Die aus Google Maps übernommene Darstellung (Abb. 13) ist neueren Datums und zeigt die tatsächliche Situation. Das Programm Google Earth bietet als eine der Übersichtsoptionen „Historisches Bildmaterial“ und hat für den Bereich Nr. 2 ein Bild von 2013 übernommen, um die Schnelligkeit der Veränderung von Habitatbedingungen in wenigen Jahren zu zeigen



Graphik 3:
Verteilung der
Flächen nach
Kategorien und
Gesamtfläche nach
Jahren
(POLJAK 2016.)

(Abb. 14). Auf den Parzellen mit den Ordnungsnummern 2 und 3 ist eine positive Sukzession der Vegetation ebenfalls klar erkennbar.

Die markierte landwirtschaftliche Fläche im Bereich Nr. 3 ist ebenfalls von einem regressiven Prozess der natürlichen Vegetation betroffen, da hier die landwirtschaftliche Produktion wieder aufgenommen wird. Abb. 14 (wie auch Abb. 17) zeigt den tatsächlichen Zustand der Fläche, während die Darstellungen aus Arkod und Google Maps (Abb. 15 und 16) veraltet sind. Die beobachtete Parzelle ist bei Arkod als Weideland gekennzeichnet, was mit der Darstellung im Preglednik nicht übereinstimmt. Im Falle dieses Bereichs wurde die Darstellung aus Google Earth übernommen. Sie wurde vor wenigen Monaten aufgenommen und zeigt den gegenwärtigen Zustand.

Im Bereich Nr. 4 ist die Situation etwas komplizierter. Die mit den Nummern 1, 2, 3 und 4 gekennzeichneten Flächen sind auf Arkod als eine Parzelle (Ackerland) dargestellt, die auch einen Teil der benachbarten Flächen umfasst, obwohl auf der Darstellung auf Abb. 19 klar erkennbar ist, dass das kein Ackerland ist. Der tatsächliche Zustand ist in diesem Bereich vollkommen verändert (Abb. 18) und diese Fläche besteht heute aus mehreren getrennten und bearbeiteten Parzellen. In diesem Falle zeigen die Darstellungen aus Google Maps (Abb. 20) und Google Earth (Abb. 21) den tatsächlichen Zustand. Für diesen Bereich kann man auf Google Earth unter der Option „Historisches Bildmaterial“ zwei verschiedene Darstellungen sehen (entstanden 2016 im zeitlichen Abstand von nicht ganz drei Monaten), die eine erheblich andere Situation des betrachteten Bereichs zeigen. Durch anthropogene Eingriffe ändern sich die Habitatbedingungen viel schneller als durch natürliche Prozesse.

Das erforschte Gebiet befindet sich in der Gespanschaft Sisak-Moslavina mit einer Fläche von 4.467,76 km², davon 52 % landwirtschaftliche Flächen und 44 % Waldland (Quelle: [http://simora.hr/userfiles/file/Razv_strategije/ZRS / Analiza%20stanja_13.4.2016.pdf](http://simora.hr/userfiles/file/Razv_strategije/ZRS_Analiza%20stanja_13.4.2016.pdf)). Nach den verfügbaren Daten des Staatlichen Amtes für Statistik betrug die landwirtschaftlich genutzte Fläche (die von landwirtschaftlichen Betrieben genutzt wurde) in der genannten Gespanschaft 2013 81.668 ha (Quelle: <https://www.dzs.hr/>),

was um mehr als das Zweifache weniger ist als die gesamte landwirtschaftliche Fläche dieser Gespanschaft. Daraus geht hervor, dass ein Teil der landwirtschaftlichen Flächen brachliegt, d.h. dem Einfluss des Prozesses einer positiven Sukzession der Waldvegetation unterliegt. Dieser Ablauf der Ereignisse hat eine Veränderung oder das Verschwinden einzelner Habitate zur Folge, was zu einer Verminderung der biologischen Vielfalt führt. Zum Beispiel kommt es durch Aufgabe der landwirtschaftlichen Produktion auf einigen Parzellen mit Grünland-Vegetation oder einer bestimmten Ackerkultur zu einer Verschlechterung der Habitatbedingungen einzelner Gruppen von Flora und Fauna, die bestimmten im Jagdgebiet gehegten Wildarten Deckung und Nahrung bieten. Indirekt wird die Stabilität der Population an gehegtem Wild infolge der in der Flächenstruktur entstandenen Veränderungen gestört. Die Aufnahme der Fläche des Jagdbezirks mit der Drohne ermöglicht eine Übersicht über den derzeitigen Zustand und die Ermittlung der Wildzahlen gemäß den tatsächlichen Habitatbedingungen.

Die Feststellung der Flächenarten bzw. der Anteile einzelner landwirtschaftlicher Kulturen an der Gesamtfläche des Jagdbezirks alleine sichert noch keine hochwertige Bewirtschaftung des Jagdbezirks. Entscheidend ist die Anordnung und Größe der einzelnen Parzellen, was durch die Aufnahme der gewünschten Flächen mithilfe der mit einer Kamera ausgestatteten Drohne möglich ist. Die Verwendung dieses Systems ermöglicht vollkommene Einsicht in die Struktur und die Raumaufteilung der Flächen (Abb. 24). Wünschenswert ist eine mosaikartige Anordnung der landwirtschaftlichen Kulturen auf Parzellen mit kleinerer Fläche.

Für die Wildzählung wurde schon bei der Planung versucht, eine Flughöhe für die Drohne festzulegen, bei der man einen hinreichend breiten Aufnahmewinkel erzielt und eine hinreichend große Fläche abdecken kann, d. h. eine befriedigende Intensität des Flächenmusters erzielt, ohne dass dabei die Möglichkeit der Entdeckung der erfassten Tiere sinkt. Es wurde festgestellt, dass die optimale Flughöhe 100 m beträgt. In dieser Höhe garantiert die Auflösung der Kamera die sichere Erfassung des Wildes und der Aufnahmewinkel der Kamera sichert

einen Überblick über eine relativ große Fläche. Durch eine Verringerung der Höhe wird die aufgenommene Fläche zugunsten einer besseren Raumauflösung vermindert, während bei einem Aufstieg der Drohne in größere Höhe zur Abdeckung einer größeren Fläche die Wahrscheinlichkeit sinkt, das Wild zu entdecken, womit auch die Zählfehler steigen. Die Praxis hat gezeigt, dass die Aufnahme von Videomaterial die Zählung erleichtert, da sich die Einzeltiere bewegen und so leichter erfasst werden. In der Praxis hat sich auch gezeigt, dass Aufnahmen mit einer Wärmebildkamera bei Lufttemperaturen über 10°C nicht möglich sind, da es aufgrund der Erwärmung der Umgebung (Bäume, Sträucher, Boden) zu einer Verminderung des Kontrasts und einer schwereren Erfassung des zu zählenden Wildes kommt.

Der Test beider Methoden hat eine relative Konsistenz der Wildschweinzahlen pro Flächeneinheit für die erste Methode der absoluten Zählung auf der Fläche ($1,26 \pm 0,18$ Tiere/ha) gezeigt. Bei der Wildzählungsmethode auf Transekten bewegen sich die Daten in einer weit größeren Spanne (0–70 Tiere für eine untersuchte Fläche von 39,5 ha), was in gewisser Weise erwartet worden war, weil es sich um eine Probe mit einer Intensität von 10% handelte. Die durch die Anwendung dieser Methode festgestellte zahlenmäßige Stärke pro Hektar betrug etwas weniger als 0,61 Tiere/ha, hatte aber auch einen sehr hohen $sd = \pm 0,53$ Tiere/ha. Daraus kann man schließen, dass die erste Methode eine zuverlässigere Zählung darstellt, sofern es sich um kleinere Flächen handelt. Wenn man aber mit der Zählung eine größere Fläche erfassen will, dann ist die erste Methode nicht anwendbar, sondern man muss die Transekt-Methode wählen, die auch eine etwas größere Fehlerspanne hervorbringt. Um die Fehler dieser Zählung zu vermindern, muss die Intensität verstärkt oder zumindest die Zahl der Wiederholungszählungen nach den Transekten erhöht werden.

Bereits 2014 haben PANEQUE-GÁLVEZ et al. zahlreiche Vorteile der Luftaufnahme von Wald-Ökosystemen mit Drohnen festgestellt wie die hohe räumliche Auflösung, das Potential für eine hohe zeitliche Auflösung, die Möglichkeit, bei bewölktem Wetter zu arbeiten, das Potential

einer 3D-Darstellung, den relativ geringen Preis und den Zugang zu unzugänglichen Gebieten. Gleichzeitig haben sie auch einige Nachteile wie die geringe Tragkraft, die geringe spektrale Auflösung, die Empfindlichkeit gegenüber atmosphärischen Einflüssen, die Kürze der Flugzeit, die Unfallgefahr etc. betont. Sicher ist, dass leichte Drohnen ihre Zukunft haben und in der Forstwirtschaft, im Umweltschutz, bei der Beobachtung von Klimaveränderungen und bei der Beobachtung von Wildtieren sehr helfen können (PANEQUE-GÁLVEZ et al., 2014; GROOMET al., 2013; MYSLENKOV & MIQUELLE, 2015). Die Perspektive, die Herausforderungen und die Möglichkeiten, die mit verschiedenen hochentwickelten Geräten und dazugehöriger Software ausgestattete Drohnen bieten können, ermöglichen neue Aspekte der Forschung, des Schutzes und des Monitorings von Wald- und anderen Ökosystemen. Einige bestehende Technologien, die mithilfe von ferngesteuerten Drohnen täglich zum Einsatz kommen, ersetzen und vermindern die Zahl an Personal, senken Kosten, erhöhen die Präzision und ermöglichen Zugang, wo er bisher unmöglich war, und sie werden in Zukunft immer weiter entwickelt werden. Die technischen Eigenschaften der Wärmebildkamera, die in dieser Untersuchung verwendet wurde, sowie auch die Kapazität der Batterie der Drohne werden als Anwendung beschränkende Faktoren in Zukunft durch die Weiterentwicklung der Technologie verbessert werden und allein dadurch wird es zur Entwicklung neuer Methoden und veränderter Standpunkte zur Nutzung der beschriebenen Technologie kommen. Die Senkung der benötigten Personalzahlen und der Einsatz einer Methodologie, unter anderem auch der hier beschriebenen Methode, die eine Fehlerspanne systematischen Charakters generiert, wird in Zukunft zu stabileren und genaueren Einschätzungen aller Entwicklungen in den bewirtschafteten Wildpopulationen führen.

Zusammenfassung

In der Wild- und Jagdforschung werden verschiedene Techniken und Technologien verwendet. Unter den technischen Mitteln, welche für diese Zwecke in den letzten Jahren verwen-

det wurden, werden zunehmend Drohnen eingesetzt. Die Untersuchungen in Jagdrevieren Kroatiens konzentrierten sich auf die Analyse des Lebensraums und die Hochwildzählung. Es wurde die Drohne quadcopter DJI Inspire 1 V2.0. verwendet, bei der Habitatanalyse die Kamera X3 und für die Hochwildzählung die Zenmuse xt Wärmebildkamera.

Die Habitatanalyse erfolgte durch Geländearbeiten und die Verwendung von topographischen Karten. Danach wurden orto-foto-Luftbilder eingesetzt und in den letzten Jahren auch Satellitenbilder heruntergeladen (Google Maps, Google Earth oder Arkod, was auch in der Landwirtschaft verwendet wurde).

Das Filmmaterial der Drohne gibt einen sehr detaillierten Einblick in den Lebensraum und die Struktur der Oberfläche, auch für die Bestimmung der einzelnen Kulturen. Da die meisten Drohnen mit GPS ausgestattet sind, konnte jedes aufgenommene Bild dem Raum zugeordnet werden, so dass sie nach und nach die Oberfläche abstasteten. Mit einem Anwendungsprogramm (z. B. DroneDeploy) kann man falls erforderlich Bilder erhalten und ein 3D-Modell der gesamten Jagdgründe erstellen.

Zum Zweck der Hochwildzählung wurde die Wärmebildkamera in zwei Verfahren angewandt, absolute Zählung und eine Transektmethode.

Testverfahren zeigten eine relative Konsistenz der Wildschweinzahlen pro Flächeneinheit mit der absoluten Zählmethode. Es wurde festgestellt, dass das Verfahren zur absoluten Zählung weniger Flächen zuverlässiger ist. Bei der Hochwildzählung mit der Thermokamera zeigte sich, dass die Ergebnisse zum Zeitpunkt niedriger Temperaturen und bewölktem Wetter zuverlässiger sind als bei höheren Temperaturen und sonnigem Wetter.

Summary

Utilizing UAV in habitat analysis and counting of big game

Various techniques and technologies are used in wildlife research and hunting management. Among the technical tools used for these purposes in the last few years, lightweight un-

manned aerial vehicles (UAV) are increasingly being used.

Research that have been conducted in Croatian hunting grounds are focused on:

- habitat analysis and
- big game counting.

An UAV that has been used for this research is Quadcopter DJI Inspire 1 V2.0.

Camera X3 was used for habitat analysis, while Zenmuse xt thermal camera was used for counting game.

The habitat analysis has so far been done by field survey and topographic maps, followed by orthophoto shots, and in recent years satellite images downloaded from Google Maps, Google Earth and Arkod which is used in agriculture. The air shots give a very detailed insight into the habitat and the surface structure, even to the level of determination of individual cultures.

Considering that majority of UAV's are equipped with GPS, each recorded photograph is geocoded so that by gradually scanning the surface and then using dedicated programs (eg DroneDeploy), you can optionally get a picture or a 3D model of the whole hunting ground.

For purposes of game counting, a thermal camera and two counting methods were used:

- Absolute counting method
- Transect method.

Testing of the methods showed relative consistency of number of wild boars per unit of area for the absolute counting method. In the method of counting game on transects the data are in a much wider range as expected, since it is a 10% intensity sample. It is concluded that the absolute counting method is more reliable for smaller surfaces, and the transect method for larger surfaces.

The results of counting by the absolute counting method are much more reliable, since one can count each individual in the observed area and determine species, age and sex. When counting large game with a thermal camera, it was found that the results are very reliable at times of lower temperature and cloudy weather, while at higher temperatures and sunshine it reduces the contrast between the observed game and the environment, and thus the possibility of detection is weaker.

Literatur

- ANON. (2007): Zakon o državnoj izmjeri i katastru nekretnosti. – Narodne novine br. 16/07
- ANON. (2008): Zakon o elektroničkim komunikacijama. – Narodne novine br. 73/08
- ANON. (2015a): Pravilniku o sustavima bespilotnih zrakoplova. – Narodne novine br. 49/15
- ANON. (2015b): Inspire 1 V2.0 User Manual, DJI
- ANON. (2016): Uredba o snimanju iz zraka. – Narodne novine br. 70/16
- CHABOT, D.; BIRD, D. M. (2015): Wildlife research and management methods in the 21st century: Where do unmanned aircraft fit in? – J. Unmanned Veh. Syst. **3**: 137–155. dx.doi.org/10.1139/juvs-2015-0021.
- GROOM, G.; STJERNHOLM, M.; NIELSON, R. D.; FLEETWOOD, A.; PETERSEN, I. K. (2013): Remote sensing image data and automated analysis to describe marine bird distributions and abundances. – Ecological Informatics **14**: 2–8.
- <http://www.aprrr.hr/zapocinjje-proces-azuriranja-arkod-parcela-temeljem-novih-digitalnih-ortofoto-karata-490.aspx/>
- <http://www.arkod.hr/>
- <https://www.dzs.hr/>
- <https://www.hcr.hr/hr/minSituacDetaljna.asp>
- https://en.wikipedia.org/wiki/Google_Earth/
- <https://www.google.hr/maps/>
- <http://preglednik.arkod.hr/ARKOD-Web/>
- http://simora.hr/userfiles/file/Razv_strategije/ZRS/Analiza%20stanja_13.4.2016.pdf/
- MYSLENKOV, A. I.; MIQUELLE, D. G. (2015): Comparison of Methods for Counting Hoofed Animal Density in Sikhoté-Alin. – Achievements in the Life Sciences **9**: 1–8
- PANEQUE-GÁLVEZ, J.; MCCALL, M. K.; NAPOLETANO, B. M.; WICH, S. A.; KOH, L. P. (2014): Small Drones for Community-Based Forest Monitoring: An Assessment of Their Feasibility and Potential in Tropical Areas. – Forests **5**: 1481–1507.
- POLJAK, Ž. (2016): Promjena strukture površina kao osnove za smjernice lovnog gospodarjenja. – Diplomski rad, Šumarski fakultet Zagreb, p. 32.
- TOMLJANOVIĆ, K.; GRUBEŠIĆ, M.; KRAPINEC, K. (2010): Testiranje primjenjivosti digitalnih senzornih kamera za praćenje divljači i ostalih životinjskih vrsta. – Šumarski list **134** (5–6): 287–292.
- TOMLJANOVIĆ, K. (2016): Lovnogospodarska osnova za državno otvoreno lovište III/39 „OPEKE II“ za razdoblje 01.04.2016.–31.03.2026.

Anschrift der Verfasser:

Prof. dr. sc. MARIJAN GRUBEŠIĆ¹,
Mag. ing.silv. HELENA NOSEK,
Prof. dr.sc. RENATA PERNAR,
Dr. sc. KRISTIJAN TOMLJANOVIĆ,
Forstwirtschaftliche Fakultät Zagreb,
Svetošimunska 25, 10 000 Zagreb,
Korrespondenz-E-Mail-Adresse der Autoren:
mgrubestic@sumfak.hr

¹ Der Aufnahmewinkel der Kamera ist konstant. Bei einer Flughöhe von 100 m beträgt die Breite der augenommenen Trasse 22,4 m.
Für den Bereich Nr. 2 liegt eine neuere Aufnahme vor, die mit dem derzeitigen Zustand übereinstimmt, aber als Beispiel für die Schnelligkeit der Veränderung der Habitatsbedingungen in wenigen Jahren wurde eine ältere Darstellung aus der Option „Historisches Bildmaterial“ ausgewählt.