



**ТРАКИЙСКИ УНИВЕРСИТЕТ
ВЕТЕРИНАРНОМЕДИЦИНСКИ ФАКУЛТЕТ**



Руско Петров Петров

**ГЕНЕТИЧНИ СПЕЦИФИКИ, РАЗМНОЖАВАНЕ И
РЕИНТРОДУКЦИЯ НА ЛОВНИЯ СОКОЛ (*Falco cherrug*)
В БЪЛГАРИЯ**

АВТОРЕФЕРАТ

На дисертационен труд за присъждане на образователна и научна степен
“Доктор”

Научна специалност: Ветеринарна медицина – генетика, секция Генетика,
катедра “Общо животновъдство”

Научен ръководител:
Проф. д-р Добри Желев Ярков

Стара Загора, България

2023

Дисертационният труд е написан на 190 страници, Представените резултати са онагледени с 28 фигури и 36 таблици. В библиографията са включени 190 литературни източника, от които 8 са на кирилица и 182 на латиница.

Дисертационният труд е обсъден на 10.11.2023 г. от Разширен катедрен съвет, определен със заповед № 55/13.10.2023 г. на Декана на ВМФ, Тракийски Университет и е насочен за защита пред научно жури.

Разработването на дисертационния труд е извършено в катедра “Общо животновъдство”.

Издавам сърдечна благодарност на:

- Научния ми ръководител проф. д-р Добри Ярков за непрекъснатата подкрепа и съдействие през всичките етапи на работния процес;
- Проф. д-р Иван Станков и проф. д-р Румен Бинев, д-р;
- Колектива на катедра “Общо Животновъдство”;
- Колегите от “Зелени Балкани” и по-специално на д-р Градимир Градев и Яна Андонова;
- На моето семейство за огромната подкрепа и разбиране.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на
от ч. в
ВМФ, при Тракийски Университет, Стара Загора. Материалите по защитата на дисертационния труд са на разположение в отдел „Научен“ на факултета и на интернет страницата на Университета: www.uni-sz.bg

СПИСЪК НА ИЗПОЛЗВАНИТЕ СЪКРАЩЕНИЯ И ТЕРМИНИ

БАН – Българска академия на науките

БДЗП – Българско дружество за защита на птиците

възрастен (ad.) – половно зрял екземпляр – при ловния сокол над 3 години

гнездяща двойка – двойка птици, която е снесла яйце през съответния
размножителен сезон

ГТ – гнездова територия

ДЗХП – Дружество за защита на хищните птици

ЗБР – Закон за биологичното разнообразие

ИБЕИ – Институт по биоразнообразие и екосистемни изследвания при
БАН

люпило – брой излюпени малки в едно гнездо

МВП – място за временно пребиваване (temporary settlement area)

МОСВ – Министерство на околната среда и водите

мътило – брой снесени яйца от една женска птица

натална филопатрия – поведение на завръщане на индивида към родното
му място при навършване на полова зрялост, за да се размножава

НД – Няма данни

нефорсирано освобождаване – освобождаване на индивиди чрез отваряне
на волиерата, без да бъдат форсирани да я напуснат (soft release)

ОАЕ – Обединени арабски емирства

ПЗСИ – период на зависимост след излитане (post-fledging dependence
period), изчислен от деня на излитане от хака до последното сигурно
наблюдение в територията на освобождаване

полувъзрастен (subad.) – възрастова категория, обхващаща периода 1 до 3
години

реинтродукция – умишлено освобождаване на даден организъм в местен за
него ареал, от който е изчезнал, с цел да се възстанови устойчива
популация; повторно въвеждане

СО – стандартно отклонение

СС – средна стойност

СЦДЖ – Зелени Балкани – Спасителен център за диви животни – Зелени Балкани, част от Сдружение “Зелени Балкани – Стара Загора”

териториална двойка – двойка, която демонстрира гнездово поведение, но не задължително снася яйце

успеваемост – съотношение на двойките с поне едно успешно отгледано малко спрямо общия брой на размножаващите се двойки

ФДФФ – Фонд за дивата флора и фауна

хакинг – освобождаване на птици посредством волиера (хак) в период, когато още не са готови да летят; те биват подхранвани и я напускат, когато са готови

ЦРХП – Център за размножаване на хищни птици. Бургас, България

ЦХП – Център за хищни птици. Горни окол, България

ювенилен (juv.) – млад индивид; възрастова категория, обхващаща периода до навършване на 1 година

ex situ – извън естествената среда

in situ – в естествената среда

СЪДЪРЖАНИЕ

1. УВОД	6
2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ	7
3. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ	8
3.1. ПЕРИОД И ОБХВАТ НА ПРОУЧВАНЕТО	8
3.2. РАЗМНОЖИТЕЛНА ПРОГРАМА	8
3.3. ХАКИНГ МЕТОД	13
3.4. ХРАНЕНЕ EX SITU И IN SITU	18
3.5. БИОХИМИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ	19
3.5.1. ИЗПОЛЗВАНИ ЖИВОТНИ	19
3.5.2. ПРОЦЕДУРИ	20
3.5.3. СТАТИСТИЧЕСКА ОБРАБОТКА	21
3.6. ГЕНЕТИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ	21
3.6.1. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПОЛ	22
3.6.2. АНАЛИЗ ЗА РОДИТЕЛСТВО НА СОКОЛИ ОТ ЦРХП И ЦХП	22
3.6.3. ГЕНЕТИЧНО РАЗНООБРАЗИЕ И РОДСТВЕНОСТ НА ЛОВНИ СОКОЛИ В СЦДЖ – ЗЕЛЕНИ БАЛКАНИ	22
3.6.4. АНАЛИЗ НА ПОДВИДОВЕТЕ ЛОВЕН СОКОЛ	27
3.7. ИЗКУСТВЕНИ ГНЕЗДА	28
3.8. МАРКИРАНЕ	31
4. РЕЗУЛТАТИ	33
4.1. РАЗМНОЖАВАНЕ	33
4.2. ХАКИНГ	39
4.3. ХРАНЕНЕ	43
4.4. БИОХИМИЯ	46
4.5. ГЕНЕТИКА	53
4.5.1. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПОЛ	53
4.5.2. АНАЛИЗ НА РОДИТЕЛСТВО НА СОКОЛИ ОТ ЦРХП И ЦХП	54
4.5.3. ГЕНЕТИЧНО РАЗНООБРАЗИЕ И РОДСТВЕНОСТ НА СОКОЛИ ОТ СЦДЖ – ЗЕЛЕНИ БАЛКАНИ	56
4.5.4. АНАЛИЗ НА ПОДВИДОВЕТЕ ЛОВЕН СОКОЛ	67
4.6. ИЗКУСТВЕНИ ГНЕЗДА	68
4.7. МАРКИРАНЕ. ЗАГНЕЗДИЛИ В СТРАНАТА ПТИЦИ	68
5. ИЗВОДИ	72
6. ПРЕПОРЪКИ	74
7. ПРИНОСИ	77
8. НАУЧНИ ПУБЛИКАЦИИ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИЯТА	79
9. РЕЗЮМЕ	80
10. SUMMARY	81

1. УВОД

Засиленото въздействие на човешките дейности върху природата води до предизвикателства както за застрашените диви животни, така и за тези отглеждани в плен. Транслокациите – част от които е реинтродукцията на видове, все по-често се предлагат като начин за опазване на биоразнообразието при комбинирания натиск от загубата на местообитания и изменение на климата, особено като става дума за застрашени и ключови за екосистемата животински видове. Постигането на общата цел за устойчивост на новите популации зависи от набор от фактори, включително биология и екология на вида, възможност за адаптация и динамика на популацията. Генетични съображения относно разнообразието на бъдещата популация следва да бъдат важна част от стратегиите за реинтродукция. Увеличаването на генетичното разнообразие чрез използване на индивиди от богат набор изходни популации стимулира адаптивния потенциал и подобрява установяването и устойчивостта на новите популации.

Дневните грабливи птици в света и в България са една от най-застрашените групи птици. Те се намират на върха на хранителната пирамида и служат като биоиндикатор за състоянието на популациите на други видове, и за местната екосистема. Една от най-силно застрашените от изчезване грабливи птици у нас е ловният сокол (*Falco cherrug*). Понастоящем видът е е класифициран като критично застрашен в Червената книга на Република България. Поради географското си положение, България е страна с ключово значение за опазването на вида на Балканите. У нас е стартирана и първата в света програма за реинтродукция на ловния сокол, след като бе регистриран значителен спад на гнездящата популация в страната.

2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Целта на настоящото проучване е да се извърши генетичен анализ на намалената под критичния минимум гнездяща популация на ловния сокол с оглед неговото опазване от изчезване и да се приложат съвременни научни методи за възстановяването на вида в България.

За постигането на тези цели са поставени следните задачи:

1. Анализиране методите и подходите, които се използват при размножаването на ловния сокол в изкуствени волиерни условия – модел на клетки, модел на гнездилки, видове храни, двойни люпила, инкубиране;
2. Анализиране резултатите от размножаването във волиерни условия – сформирани размножаващи се двойки ловни соколи, брой яйца, излюпени и отгледани малки;
3. Да се извършат генетически изследвания на развъдната група ловни соколи и да се направи сравнителен анализ на показателите на западни ловни соколи и източни ловни соколи;
4. Изследване на 18 биохимични показатели – сравняване на показателите на западни ловни соколи с източни ловни соколи;
5. Анализиране методите и подходите, които се използват при реинтродукцията на ловния сокол като гнездящ вид в България – избор на място за освобождаване, специфики на адаптационните волиери (хакове), специфики на изкуствените гнезда с метална основа, ветеринарномедицински преглед преди освобождаване, маркиране, хранене на терен, мониторинг.
6. Анализиране резултатите от реинтродукцията – брой освободени малки, адаптиране след излитане от хака, естественото загнезждане на двойка освободени птици, успех на изкуствените гнезда.

3. МАТЕРИАЛИ И МЕТОДИ

3.1. ПЕРИОД И ОБХВАТ НА ПРОУЧВАНЕТО

Настоящият труд обхваща дейностите, които бяха извършени в периода 2009 – 2023 г., насочени към опазване на ловния сокол и целящи възстановяването на вида като гнездящ в България. В проучването са описани и анализирани подробно методите и резултатите за периода 2015 – 2023 г., след започването на системни и последователни дейности по реинтродукция на ловния сокол в страната. Реинтродукцията на ловния сокол в България се състоеше от размножаване на вида *ex situ* в СЦДЖ – Зелени Балкани и нефорсирано освобождаване посредством хакинг в избрана територия в Горнотракийската низина. Съпътстващи дейности включваха изготвяне на меню за птиците в размножителното звено и за тези в територията на освобождаване, генетични и биохимични изследвания на размножителната група птици, изграждане и монтиране на изкуствени гнезда за ловни соколи в природата, и мониторинг на завърнали се и загнездили освободени птици.

3.2. РАЗМНОЖИТЕЛНА ПРОГРАМА

СЦДЖ – Зелени Балкани беше базиран в индустриалната част на град Стара Загора и беше разделен на три основни зони – размножителна част, посетителска част и рехабилитационна част. Всяка зона се управляваше от различен екип от ветеринарни лекари, техници и специалисти. СЦДЖ – Зелени Балкани беше разположен на площ от приблизително 14 000 квадратни метра. Размножителната част (7 000 кв. м) разполагаше с различни видове волиери, предназначени да отговарят на основните нужди на малки и големи грабливи птици, включително четири вида лешояди, ветрушки, сови, орли и соколи.

В СЦДЖ – Зелени Балкани имаше 12 волиери, пригодени за отглеждането и управлението на ловни соколи в плен. Разположени бяха в голяма сграда с коридор, който осигуряваше достъп до всички клетки. Десет от волиерите бяха с размери 5 м дължина, 3 м ширина и 3 м височина. Две от клетките (стокови клетки) бяха по-големи по размер – 6 м дължина, 4 м ширина и 4 м височина, и бяха предназначени за ловни соколи, които не се размножаваха текущо, и за ранени индивиди.

Волиерите за размножаване на ловни соколи бяха специално адаптирани за вида. Клетките бяха изградени от масивни дървени панели, които да ограничават визуалния контакт с хората. Всяка клетка имаше покрив от мрежа, която способстваше за влизането на естествена светлина и свеж въздух. Във всяка волиера имаше и мрежест прозорец с височина 40 см и дължина 70 см, пред който ловните соколи можеха да кацат и наблюдават заобикалящата ги среда, а също така предварително да забелязват приближаването на хора, което сведе до минимум стреса за птиците при едно такова посещение. Във всяка волиера имаше по две платформи за гнездене с размери 1 м ширина, 0.5 м дължина и 0.15 м дълбочина. Гнездовият материал, използван във всяка платформа, се състоеше от малки обли камъни. На всяка от стените на волиерата имаше малък кръгъл отвор, граничещ с коридора. Извита тръба, прикрепена към отвора от вътрешната страна на волиерата, позволяваше соколите да бъдат хранени без да имат визуален контакт с хората – отново с цел намаляване на стреса за размножаващите се птици. Отворът за хранене беше разположен над масата за хранене. Във всяка волиера имаше плитка чиния за вода с диаметър най-малко 60 см. До всяка чиния беше поставен голям камък (45 см ширина, 35 см дължина, 35 см височина), с цел да се насърчи естественото поведение на ловните соколи да пият вода, докато стоят върху скали и камъни. Камъкът също така улесняваше естественото изпиляване на ноктите.

Младите ловни соколи се държаха в стокова клетка до 3 – 4-годишна възраст. Докато са в клетката, се наблюдаваше поведението им посредством видеокамерите в клетките. Размножителните двойки ловни соколи се формираха спрямо тяхната възраст, нрав и поведение, и установен произход. Птиците са в най-добрата си форма, когато са между 5 и 14-годишни. След 15-тата година плодовитостта им намалява и в такъв случай двойката се преформираше. Не се събираха ловни соколи с близка родственоост в една размножителна клетка. С цел установяване на произхода се ползваха документите им или се правеха генетични изследвания.

В началото на размножителния сезон за ловните соколи (края на декември – началото на януари) се изпълняваха множество техники, предназначени да насърчат размножителното поведение на птиците. Първоначалната стъпка по време на периода на ухажване беше да се увеличи честотата, на която се предлага храна за размножаващите се двойки. Количеството храна се запазваше същото (150 – 200 гр на птица на ден), но храненията се увеличаваха от две на ден на три на ден. Соколите имаха строго определено седмично меню – в понеделник им се предлагат едnodневни пиленца, във вторник – плъхове, в сряда – пъдпъдъци, в четвъртък – заешко месо, в петък – отново едnodневни пиленца, в събота – конско или телешко месо, в зависимост от наличността, а неделя беше т.нар “гладен ден”. След размразяване в хладилник за 24 часа се приготвяха дневните порции за всяка двойка. Отстраняваха се вътрешностите на всички продукти, с изключение на едnodневните пиленца. Опашките на плъховете се отрязваха, жълтъците на едnodневните пиленца се отстраняваха. През размножителния период към месото се добавяха витамини и минерали като сухи добавки (Versele-Laga “Ferti-Vit”, Versele-Laga “Opti-Breed” и Versele-Laga “Calci-lux”). Тези добавки бяха предназначени да насърчат сексуалния нагон и производителността, както

и образуването на добра яйчена черупка. Приготвените порции храна се даваха на птиците сутрин, обед и вечер. Всяка сутрин остатъците от храна от предишния ден се събираха и отстраняваха. Ловните соколи бяха подложени на постоянен фонов шум от 50 – 60 децибела, осигурен от радио, с цел да се сведе до минимум стресът, причинен от влизането и излизането на персонала от помещенията за размножаване по време на хранене.

Във всяка волиера бяха монтирани по три видеокамери, с цел заснемане поведението на ловните соколи, опитите за ухажване, копулациите и снасянето на яйца. По една камера беше насочена към гнездовите платформи. Поставена беше и допълнителна камера за наблюдение на цялата волиера. Размножаващите се двойки се наблюдават ежедневно чрез 24/7-часовото видеонаблюдение и кадри от наблюдавано поведение на ухажване, като подаване на храна и чрез вокализиране, се запазваха в базата данни на СЦДЖ – Зелени Балкани. Датата и часът на копулациите и снасянето на яйца се регистрираха в електронна таблица.

След естествената инкубация от родителите в продължение на от пет до десет дни, яйцата се вземаха и се поставяха в инкубатор (Masalles – тип falcon C30-S), настроен да поддържа температура между 37.3°C и 37.7°C и относителна влажност 30%. Яйцата се обръщаха автоматично на всеки час в инкубатора. Свещ за яйца с висока интензивност (OvaView) и цифров монитор за сърдечен пулс (Egg Buddy Mk2) се използваша през ден за оценка на развитието на капилярната система в мембраните на жълтъците, както и за развитието на ембриона. Веднага след като някое яйце започваше да се пропуква, влажността постепенно се повишаваше до 70% – соколарска техника за предотвратяване изсъхването на ципата на яйцата около пукнатините, тъй като сухата мембрана често беше трудна за пробиване от новоизлюпващите се. За целите на идентификацията, новоизлюпените се маркираха с перманентен маркер на крилото, главата

или гърба. Младите соколи се отглеждаха от хора в продължение на десет дни, в които биват хранени със ситно нарязани плъхове и мишки. Ястията се приготвяха по същите методи като тези, използвани за размножаващите се птици, с изключение на това, че на новоизлюпените се предоставяха единствено пресни животни от вивариума на СЦДЖ – Зелени Балкани. Единствената добавка към месото, давано на младите, беше ензим за съдействие на здравословното храносмилане (Versele-Laga Probi-Zyme). Ситно нарязан костен хрущял също се предлагаше на малките соколи с цел насърчаване развитието на костите. Месото се нарязваше на малки парчета (<0.2 гр) и се даваше на пилетата с помощта на плоски пинсети от неръждаема стомана. Малките ловни соколи бяха хранени на всеки два до три часа без да се полагат усилия за предотвратяване на визуален контакт с хората, каквито се извършваха с размножаващите се двойки. Температурата в инкубатора се намаляваше с 0.2 – 0.5°C след всяко хранене. За да се сведе до минимум възможността за свикване с хора, младите птици се връщаха във волиерите 10 дни след излюпването си или в гнездилките на техните биологични родители, или в тези на приемни родители.

Младите соколи се подготвяха за освобождаване приблизително 30 – 35 дни след излюпването си. Първо те се улавяха във волиерите с мрежи и се поставяха в специализирани портери за птици. Транспортираха се до ветеринарното звено, където се записваха морфологични данни – тегло, обиколка на тарзометатарзуса и дължина на клюна и крилата. В този момент се определяше пола на всеки сокол (мъжките имат обиколка на тарзуса <30 мм и тегло <850 гр; а женските са с обиколка на тарзуса >30 мм и тегло >900 гр). Извършваше се чипиране с цел идентификация, в случай че птиците бъдат открити бедстващи в природата на България или в чужбина. Чипът се инжектираше в големия гръден мускул, като мястото предварително се дезинфекцираше със спирт. Наличието на микрочипове

даваше възможност птиците да бъдат внесени обратно в страната от чужбина, в случай че това е необходимо. Метални и цветни идентификационни пръстени се поставяха съответно на левия и десния крак, за да се посочи годината и мястото на излюпване на птицата. Цветът на цветните пръстени се променяше ежегодно, за да се улесни идентифицирането на наблюдаваните соколи в дивата природа. Методиката е зададена от Сдружение “Зелени Балкани” и съгласувана с Българската орнитологическа централа, част от ИБЕИ при БАН. Номерата на микрочиповете и идентификационните пръстени заедно с придружаваща информация за всяка птица се записваха в обща база данни. Преди освобождаването им ловните соколи се третираха с прах “Pik” против ектопаразити и се обезпаразитяват вътрешно с “Panacur 10”.

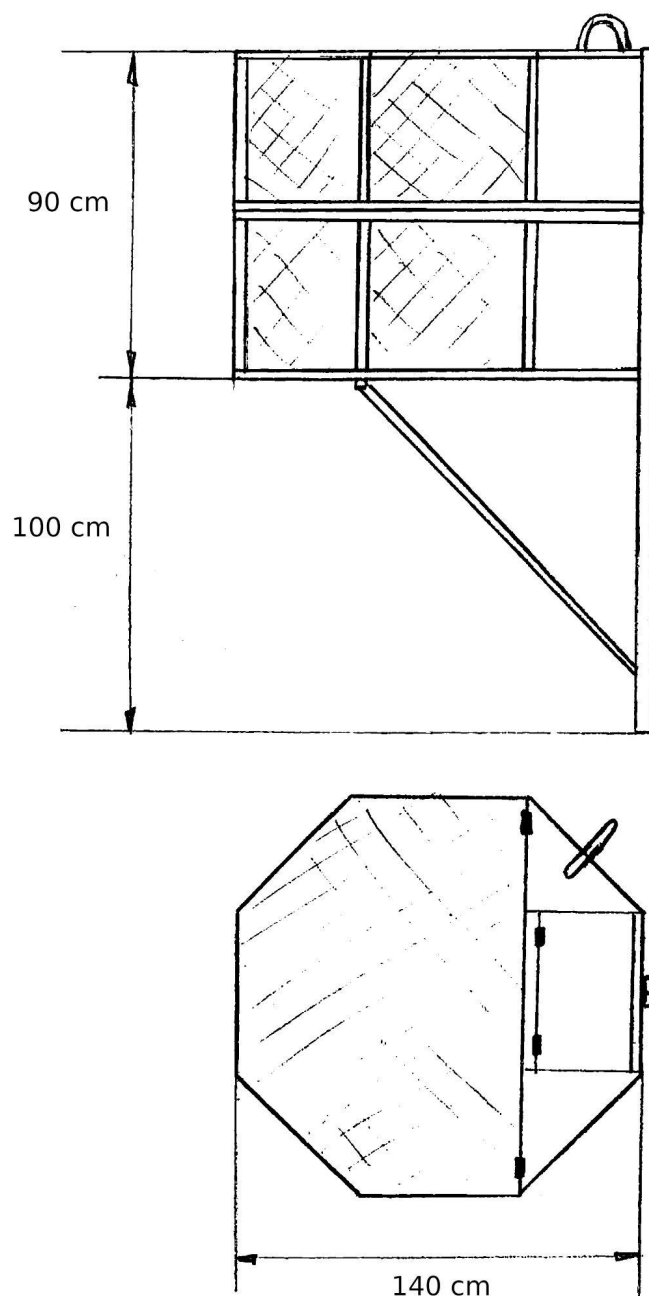
Между 2011 и 2023 г. бяха осъществени три различни техники за размножаване на ловни соколи във волиерни условия. Естествената инкубация на яйца без човешка намеса беше извършвана през всички размножителни сезони. Последователното отстраняване на яйца беше изпробвано по време на размножителен сезон 2016-та. То се изразяваше във вземането на яйцата скоро след снасянето им. Първите три яйца, произведени от всяка двойка, бяха вземани едно по едно, за да може женската да продължи да снася и да завърши люпилото. По време на размножителни сезони 2020 – 2023 г. бе използван методът за създаване на двойно люпило. За да се увеличи максимално производството на яйца, снасянето на второ люпило беше насърчено чрез отнемане на яйцата, снесени в първото – десет дни след снасянето на последното яйце, цялото първо люпило се вземаше от гнездото наведнъж.

3.3. ХАКИНГ МЕТОД

За целите на повторното въвеждане на ловни соколи в избраната за освобождаване територия в Област Стара Загора бяха изградени четири

хака. Те бяха монтирани върху дървета от обикновен дъб (*Quercus robur*) на височина 7 – 8.5 м и на разстояние 0.7 – 2.8 км един от друг. Към 2023 г. има монтирани пет адаптационни волиери, като три от тях се използваха приоритетно, тъй като се намират в най-подходящото за вида местообитание. Хаковете бяха местени пет пъти между 2013 – 2020, поради неподходящи местообитания и промени в земеползването. Три от хаковете бяха на дървета в синори между обработваеми земи, което допринесе това ловните соколи да не се задържат в непосредствена близост до тях – вместо това отиваха в пасището, намиращо се на територията на Хак 1. Един бе преместен при установяване, че предишно избраната гъсто залесена локация е неподходяща, друг – поради изоставяне на поддържаното пасище в близост. От 2020 г. се считаше, че новите местоположения са подходящи – Хакове 1, 2 и 3 са разположени в краищата на кория, между две пасища с колонии на лалугери, Хак 4 се намираще на 3 км от Хак 1 – в малко пасище с разпръснати вековни дъбови дървета. След изминаването и анализиране на успеха през сезони 2020-22, отново бяха направени размествания. През есента на 2022 г. Хак 4 беше свален, модифициран и улекотен, и през април 2023 г. той беше монтиран на новото си място – на дъбово дърво 300 м югозападно от Хак 1. В същия период беше поставен и новонаправения Хак 5 – на дъбово дърво 160 м южно от Хак 1 и на 200 м от Хак 4.

Клетките бяха осмоъгълни стоманени конструкции с диаметър 150 см и височина 90 см (фигура 1). Пет от осемте стени бяха от стоманена мрежа, както и покривът. Механизмът с панти позволяваше да се повдигне горната част на клетката, за да се отвори хакът. Клетките бяха базирани на модел, използван в проект за възстановяване на соколът скитник в Полша (Sielicki & Sielicki 2009).



Фиг. 1. Скица на хак за ловни соколи, изглед отстрани и отгоре.

Хаковете бяха оборудвани с камери за наблюдение, насочени към клетката и вътре в нея. На разстояние до 90 м бяха поставени платформи – т.нар. “хранителни маси”, в пряка видимост на всяка волиера.

Преди началото на всеки полеви сезон се поставяше нов гнездови материал в клетките. Слагаше се асансьорът за качване на храна. След ветеринарния преглед ловните соколи се прехвърляха от размножителното звено до района за освобождаване на възраст от около 30 дни. Те се

поставяха в клетките на групи от три до пет и се държаха затворени в тях през първите 10 дни, за да бъде избегнато евентуално нападение от хищници. През този период соколите се наблюдаваха чрез камерите за наблюдение вътре във волиерата. След отварянето започваха да се извършват целодневни полеви дейности (таблица 1).

Табл. 1. Последователност на ежедневните полеви дейности в района на освобождаване на ловни соколи.

Диапазон (час)	Дейност
8.00 – 8.30	Приготвяне на храна и наблюдателна техника
8.30 – 9.00	Шофиране до района на освобождаване
9.00 – 10.00	Сутрешно поставяне на храна в хаковете и на масите
10.00 – 18.00	Мониторинг на освободените соколи и района на хаковете
18.00 – 19.00	Вечерно поставяне на храна в хаковете и на масите
19.00 – 19.30	Шофиране обратно към СИДЖ – Зелени Балкани
19.30 – 20.00	Изваждане храна за следващия ден за размразяване

Ловните соколи бяха хранени по два, или в особено горещо време – по три пъти на ден чрез механизъм с асансьор, за да се сведе до минимум асоциацията на процеса на хранене с хората. През първите десет дни храна се поставяше един път на всеки три дни на хранителната маса, с цел хакнатите птици да я виждат от затворената волиера. В началото там се слагаха по-големи и по-забележими парчета. След отварянето на хака, храна се поставяше вече ежедневно на масата за хранене, както и във волиерата. Това се правеше до края на месец юли. През август храненето зависеше от това дали ловните соколи все още са в района на освобождаване. Веднъж дневно в продължение на около 20 дни храната се поставяше на масата за хранене и през този месец следобед след 17.00 ч.

По време на ежедневните наблюдения през всеки сезон се наблюдаваше присъствието на всеки отделен ловен сокол, неговото

поведение, присъствие в хака и/или на хранителната маса, и опитите за лов. Датите на излитане от гнездото и на последното наблюдение в района на освобождаване на всяка отделна птица се записваха в електронна таблица. Полевите дейности се провеждаха в продължение на около четири месеца всеки сезон.

Данните бяха обработени с IBM SPSS Statistics (SPSS-Inc. 2019, SPSS Reference Guide 26 SPSS, Chicago, USA), използвайки описателна статистика с таблици за разпределение на честотата. Бяха използвани корелационен анализ (коефициент на корелация на Пийърсън) и Student t-test (t-тест за независими проби, тест на Левин $p < 0,05$). След това резултатите бяха представени в табличен вид (Excel, Windows 10).

Моделът на популацията бе създаден с програма RAMAS GIS 4.0, RAMAS Metapop 4.0 (Akçakaya & Root, 2002) – инструмент за разработване на модели за анализ на жизнеспособността на популации (population viability analysis) с различни нива на сложност, използвайки вградени подмодели. Конструирани бяха с цел оценка на растежа на нова устойчива популация на ловни соколи в България. Моделът описва популация, състояща се от индивиди от различна възраст и пол. Динамиката на тази популация се определя от специфичните за възрастта и пола нива на оцеляемост и първоначалния брой индивиди във всеки пол и възрастова група. За целта на изработване на модела бяха обособени три възрастови групи: ювелинли индивиди (< 1 година), полувъзрастни (1 – 3 години) и възрастни индивиди (> 3 години). Установено бе първото размножаване да е на 3-годишна възраст, размножителният успех на възрастните да е 90%, продуктивността – 2.6 малки на размножаваща се двойка и 10% от популацията да емигрира. Не бяха вградени полови разлики в размножителната възраст на предварителния модел. През 2020 г. размножителният успех на двойките в СЦДЖ – Зелени Балкани не достигна минималния праг за програмата за възстановяване – 20 отгледани и

хакнати малки, и поради тази причина моделирането беше преустроено предвид следващите четири години от установителната фаза. Моделът се основаваше на планираното пускане на 100 ловни сокола в пет последователни години. Симулациите бяха изчислени без възрастни индивиди. Минималният брой освободени млади птици годишно беше планиран, както следва: през 2020 г. – 12 птици, 2021 – 18, 2022 – 20, 2023 – 25, 2024 – 25.

3.4. ХРАНЕНЕ *EX SITU* И *IN SITU*

В размножителното звено платформите за хранене бяха предназначени да отдалечат хората от възприятията на ловните соколи за хранене посредством осигуряване на храна, без да се влиза в съоръженията по време на размножителния период на птиците. Всяка волиера имаше затворена пластмасова тръба за хранене с диаметър 11 cm, наклонена надолу към платформата за хранене. Улеят имаше подвижна капачка, която се отстраняваше само при поставянето на храна. Директно под тръбата имаше малка врата с панти за премахване на хранителни остатъци от платформата, така че птиците да виждат най-много ръката на човек от екипа. Във всички волиери птиците имаха достъп до чиста питейна вода. Всички доставени хранителни продукти бяха оставени да се охладят до стайна температура преди да бъдат замразени. За да се предотврати кондензацията на храната по време на процеса на охлаждане, тя беше поставяна в мрежести каси, което позволяваше циркулацията на чист въздух. Храната трябваше да стои замразена за най-малко 48 часа преди да бъде дадена на соколите, тъй като процесът на замразяване свежда до минимум патогенната микрофлора. Предлагащата храна се доближаваше максимално до естествената за ловните соколи, до колкото бе възможно.

Младите соколи бяха преместени от размножителните волиери в хаковете след първото линее – на възраст 30 – 35 дни и когато бяха

станали поне 750 гр. След 10-дневния престой хакът се отваряше, позволявайки на соколите да излетят, когато са готови. Механизмът за доставяне на храна в хаковете беше въжен асансьор с метална купичка, която се качваше без птиците да виждат хора и съответно да свързват храненето с тях.

Платформите – или хранителните маси, бяха монтирани така че да са в пряка видимост от съответния хак, до който се намират. Високи бяха около три метра, за да се предпазят още неопитните соколи от хищници. Виждайки храната там и други хищни птици и мършоядни птици, които се хранят от нея, те свикваха с това място за подхранване още преди хакът да бъде отворен.

През целия сезон се използваха камери и фотокапани, настроени да заснемат птиците, които кацат на масите, за случаите, когато полевият екип се намираше на някой от другите хакове и за периода след приключване на целодневните ежедневни наблюдения (след края на месец юли). През всички сезони по-голямата част от ловните соколи напускаха района до началото на август, но продължаваше да се подхранва до края на август, в случай че останат единични птици. Това подхранване имитираше естественото поведение на възрастни ловни соколи, които носят храна на малките си, докато те се учат да летят и да ловуват сами.

3.5. БИОХИМИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

3.5.1. ИЗПОЛЗВАНИ ЖИВОТНИ

Взета бе кръв от 112 птици, настанени в два центъра за размножаване на грабливи птици в плен – 31 западни ловни соколи бяха от размножителната програма в СЦДЖ – Зелени Балкани, а останалите 81 птици бяха от ЦРХП в Бургас. От вторите 13 бяха западни ловни соколи, а 68 – източни. Десет от волиерите в СЦДЖ – Зелени Балкани бяха с размери 4 x 3 x 3 м; и две – с размери 4 x 5 x 3 м. Волиерите (34 на брой) в

ЦРХП бяха 5.5 x 4 x между 3.5 – 4.2 м, поради разлика в терена. 112-те изследвани ловни соколи от двата подвида са били излюпени между 1994 и 2020 г. Птиците в СЦДЖ – Зелени Балкани имаха разнообразно седмично меню, включващо едnodневни пиленца (*Gallus gallus domesticus*), плъхове (*Rattus rattus*), пъдпъдъци (*Coturnix coturnix*), заешко (*Oryctolagus cuniculus*), конско (*Equus caballus*) и телешко месо (*Bos taurus*), а един ден седмично не бяха хранени. Соколите в ЦРХП бяха хранени с едnodневни пиленца шест дни в седмицата и имаха един гладен ден. Всички ловни соколи имаха достъп до прясна вода *ad libitum*.

3.5.2. ПРОЦЕДУРИ

През януари 2021 г. бяха взети проби от първата група от 31 ловни соколи, а останалите 81 бяха тествани през ноември 2021 г. Всички птици бяха прегледани от ветеринарен лекар непосредствено преди вземането на кръв и беше установено, че са клинично здрави. Повърхностите бяха дезинфекцирани с разтвор Desclean. След дезинфекция и на мястото бе взета 0.1 мл кръв от лявата или дясната базилична вена (*Vena cutanea ulnaris superficialis*) от всички тествани птици с игла 21G. Кръвта бе поставена незабавно в епруветки с обем 2.5 мл, съдържащи литиев хепарин. Пробите бяха транспортирани към лаборатория, където бяха обработени в рамките на 4 часа след вземането посредством биохимичен анализатор BS-120 (Mindray, Китай). Изследвани бяха следните 18 биохимични показатели – аланинаминотрансфераза (ALT, U/I), албумин (g/l), алкална фосфатаза (ALP, U/I), амилаза (U/I), аспартат аминотрансфераза (AST, U/I), калций (mmol/l), хлориди (mmol/l), холестерол (mmol/l), креатинкиназа (СК, U/I), креатинин (μmol/l), глюкоза (mmol/l), лактат дехидрогеназа (LDH, U/I), магнезий (mmol/l), фосфор (mmol/l), общ билирубин (μmol/l), общ протеин (g/l), триглицериди (TG, mmol/l) и пикочна киселина (mmol/l).

3.5.3. СТАТИСТИЧЕСКА ОБРАБОТКА

Сравнихме стойностите на показателите с помощта на описателна статистика с честотно разпределение и опции за анализ на кръстосани таблици, предоставени в SPSS Statistics. Параметрите на изследването бяха допълнително анализирани с помощта на многофакторен ANOVA анализ. Пробите се анализираха отделно по показатели “Подвид” и “Пол”. Всички променливи бяха тествани за тяхната нормалност, хомогенността на дисперсиите беше проверена с теста на Levene. Използвахме post-hoc теста на Tukey, за да определим разликите в групите за променливата “Възраст”. Ловните соколи бяха разделени на три възрастови групи: ювенилни (juv.) – на възраст под една година към момента на вземане на пробите, полувъзрастни (subad.) – на възраст 1 – 3 години и възрастни (ad.) – на възраст над 3 години. Счетохме разликите за статистически значими при $p < 0.05$.

Допълнително бяха сравнени стойностите на три биохимични показатели с референтни такива, за да се определи и сравни ефектът от различните диети на ловните соколи в двете размножителни звена. Бяха избрани алкална фосфатаза (ALP), холестерол и креатинкиназа (СК), тъй като те могат да бъдат индикатори за достатъчно или недостатъчно разнообразна диета.

3.6. ГЕНЕТИЧНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

Всички птици, на които бяха взети проби, бяха прегледани от ветеринарен лекар непосредствено преди вземането на кръв и беше установено, че те са клинично здрави. Повърхностите бяха дезинфекцирани с разтвор Desclean. Бе взета 0.1 мл кръв от лявата или дясната базилична вена (*Vena cutanea ulnaris superficialis*) от всички тествани птици. Кръвта бе поставена веднага в епруветки на Епендорф с обем 1.5 мл, съдържащи 1 мл 90% етанол. Използвани бяха спринцовки от 3 мл с игли 23G.

3.6.1. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПОЛ

В допълнение към измерване на тегло и тарзус, с цел потвърждение и определяне на пола бяха изпратени кръвни проби за ДНК анализ на 26 птици в лаборатория Genomia, Чехия.

3.6.2. АНАЛИЗ ЗА РОДИТЕЛСТВО НА СОКОЛИ ОТ ЦРХП И ЦХП

Анализът беше направен с цел да се провери родителството на соколи за продажба от ЦРХП и ЦХП – дали пробите отговарят на птиците, гледани там. Вzeti бяха проби от пера за анализ на родителство от 12 ловни соколи – пет източни ловни соколи и седем западни от ЦРХП и на седем соколи скитници, един северен сокол и един хибрид сокол скитник x северен сокол от ЦХП, и те бяха изпратени за изследване в лаборатория Gendika B.V., Нидерландия. За анализ на родителство на осем млади ловни соколи – бяха взети проби от пера от 12 птици от ЦРХП и ДНК беше изолирана чрез стандартни методи за изолиране. ДНК пробите бяха изследвани чрез микросателитен анализ. За анализ на родителство на два соколи скитника и един хибрид сокол скитник x северен сокол – бяха взети проби от пера от 9 птици от ЦХП и ДНК беше изолирана чрез стандартни методи за изолиране. ДНК пробите бяха изследвани чрез микросателитен анализ.

3.6.3. ГЕНЕТИЧНО РАЗНООБРАЗИЕ И РОДСТВЕНОСТ НА ЛОВНИ СОКОЛИ В СЦДЖ – ЗЕЛЕНИ БАЛКАНИ

През 2021 г. бяха анализирани общо 12 проби, представляващи най-важните несвързани основополагащи индивиди от размножителното звено в СЦДЖ – Зелени Балкани (таблица 2).

Табл. 2. Данни за 12-те основополагащите ловни соколи в размножителната група на СИДЖ – Зелени Балкани.

Идентификационен код*	Пръстен	Име
184	151592	Фродо
319	6-98569	Арнолд
320	0621	Хеди
0155	084544	Луна
0092	6-98611	Билбо
1546	CZ126556	Лучия
1544	CKVG3601	Томас
1543	CZ120408	Евридика
1542	0286 /G13 11	Орфей
0103	1153fox13w	Барир
1754	IBRUK77684W	Ариел
0149	A1300E898	Ромео

*Идентификационните кодове са използвани в резултатите

Геномните данни бяха генерирани от Института по геномика в Пекин, Китай и включени в екстракция на ДНК, изготвяне на библиотека и цялостно геномно ресеквениране с очаквано покритие 10×. Като референтен геном за картографиране, беше използван геномна структура на ниво хромозома за северен сокол, която е налична на портала NCBI (BioProject ID PRJNA561988; https://www.ncbi.nlm.nih.gov/assembly/GCF_015220075.1). Качеството на структурата е по-високо от референтния геном за ловен сокол. Освен това, северните соколи и ловните соколи са близки видове, които понякога трудно се различават генетично и скорошно изследване показва, че ловният сокол и северният сокол имат сходна геномна организация (Joseph et al., 2018).

Качеството на the Illumina paired-end reads (~21.7 GB от FASTQ файла за всяка една проба от сокол) бяха предварително проверени чрез програмата FASTP (v0.20.0; <https://github.com/opengene/fastp>). Тези прочитания след това бяха наложени върху референтния геном за северен сокол (1.12 GB от FASTA файла), използвайки BWA-MEM (Li & Durbin 2009). Получените SAM файлове след това бяха компресирани и обединени в BAM файл (~21.7 GB на индивид), който след това беше съхранен и индексан чрез SAMTOOLS (Li et al., 2009). Повторенията бяха маркирани и премахнати от BAM файловете чрез инструмента PICARD. Различните локуси бяха идентифицирани чрез SAMTOOLS mpileup (Li et al., 2009) и именувани чрез функцията BCFTOOLS (v1.6.33) (<http://samtools.github.io/bcftools/bcftools.html>). Картографирането, идентифицирането и именуването на вариантите бяха приложени върху всички хромозоми паралелно, което направи анализа по-бърз. Тези анализи произведоха голям брой VCF компресирани файлове, които съдържат цялата информация за локуса. За да изберем висококачествените варианти, използвахме функциите, налични в VCFTOOLS и BCFTOOLS, които включват избор на следните филтри: генотипен качествен резултат от 30: Q30 показваше честота на грешка от една неправилно прочетена база на всеки 1000 прочитания; максимум два алела на единичен нуклеотиден полиморфизъм (обозначен като SNP); максимум 50% липсващи данни на всеки локус.

Основните геномни статистики бяха получени за всеки индивид, използвайки цялостния геномен набор от данни. Трите основни параметъра, които включват наблюдаваната хетерозиготност (H_o), коефициента на инбридинг (F) и генетичното сходство (r), бяха изчислени посредством BCFTOOLS (Danese et al., 2011) от полиморфните биалелни варианти. Накрая използвахме plink v1.90 пакета, за да генерираме принципния компонентен анализ (PCA). Тази програма започва със

премахване на варианти, за да се избегне неравновесие на връзката преди изпълнение на анализа на главните компоненти, който води до по-малък брой варианти, годни за анализ.

В допълнение към това през 2022 г. в Университет Билефелд (Германия) бяха анализирани 30 проби на ловни соколи от размножителната група чрез 9 микросателитни маркера – SSR11, SSR15, SSR45, SSR48, SSR53, SSR57, SSR63, SSR82 (Hou et al., 2018), Fp92 (Nejse et al., 2000). Подробностите за тези индивиди са в таблица 3.

Табл. 3. Данни за 30-те ловни соколи от размножителната група в СЦДЖ – Зелени Балкани. 11 от тях бяха същите от предишната извадка (удебелени).

Излюпен	Пръстен	Име
2014	IRBUK77684W	Ариел
2006	6-98569	Арнолд
2015	CZ151595	Арвен
2003	8201823783300W	Бандит
N/A	1153	Барир
2015	6-98611	Билбо
2014	6-60051	Боряна
2015	6-60020	ДиДжей
2013	CZ147598	Добри
2019	6-60012	Дракарис
2011	CZ120480	Евридика
2015	CZ151592	Фродо
2012	6-98519	Гого
2013	6-98808	Гръм
2009	0621	Хеди
2015	CZ151594	Лобелия
2010	CZ126556	Лучия
2016	CZ147613	Моул
2010	ZG110286/130	Орфей
2009	Z288	Пенда
2008	SK074503	Пижо
2010	6-98568	Пламена
2019	5-105915	Плутто
2019	5-105916	Регал
1994	A1300E898	Ромео
2020	6-98573	Шайра
2010	SKVG3601	Томас
2014	BG11CAAWRBC007	Томас II
2010	6-98779	Вълна
2016	BG613C2016PLAM008	Уилоу

3.6.4. АНАЛИЗ НА ПОДВИДОВЕТЕ ЛОВЕН СОКОЛ

През 2021 г. бяха взети проби от 115 соколи - 68 предполагаемо източни ловни соколи, 42 предполагаемо западни ловни соколи и пет сигурни хибриди. Всички птици от двата размножителни центъра - СИДЖ и ЦРХП, бяха прегледани от ветеринарен лекар непосредствено преди вземането на кръв и бе установено, че са клинично здрави. Взеа бе 0,1 мл кръв от лява или дясна базилична вена (*Vena cutanea ulnaris superficialis*) от всички тествани соколи. Веднага кръвта бе поставена в епруветки на Епендорф с обем 1,5 мл, съдържащи 1 мл 90% етанол. Използвани бяха спринцовки от 3 мл с игли 23G.

През 2022 г. в Университет Билефелд (Германия), бяха изследвани 115-те проби на базата на 9 микросателитни маркера – SSR11, SSR15, SSR45, SSR48, SSR53, SSR57, SSR63, SSR82 (Hou et al., 2018), Fp92 (Nesje et al., 2000). Беше извършено микросателитното генотипиране по начина, описан от Chakarov et al. (2013). M13-маркирани праймери за съответните локуси бяха използвани в обем от 10 µL полимеразна верижна реакция (PCR) с 20-200 ng ДНК, която беше амплифицирана за 35 цикъла с помощта на Type-it микросателитен PCR комплект (QIAGEN), следвайки стандартния протокол на производителя и чрез използване температура на отгряване от 56 °C. Разредените продукти на амплификация (1 µL; разреждане 1:20) след това бяха разделени на ABI 3730 автоматизиран ДНК анализатор (Applied Biosystems). Дължините на фрагментите бяха оценени за всички индивиди с помощта на Genemarker 1.95 (SoftGenetics LLC). Структурните анализи (Pritchard et al. 2000, Falush et al. 2007) бяха извършени за K=1 до K=7 за 300 000 поколения с внедряване на 50 000 поколения. Беше използван Structure Harvester, за да се установи оптималният обяснителен брой групи (Earl & VonHoldt 2012).

3.7. ИЗКУСТВЕНИ ГНЕЗДА

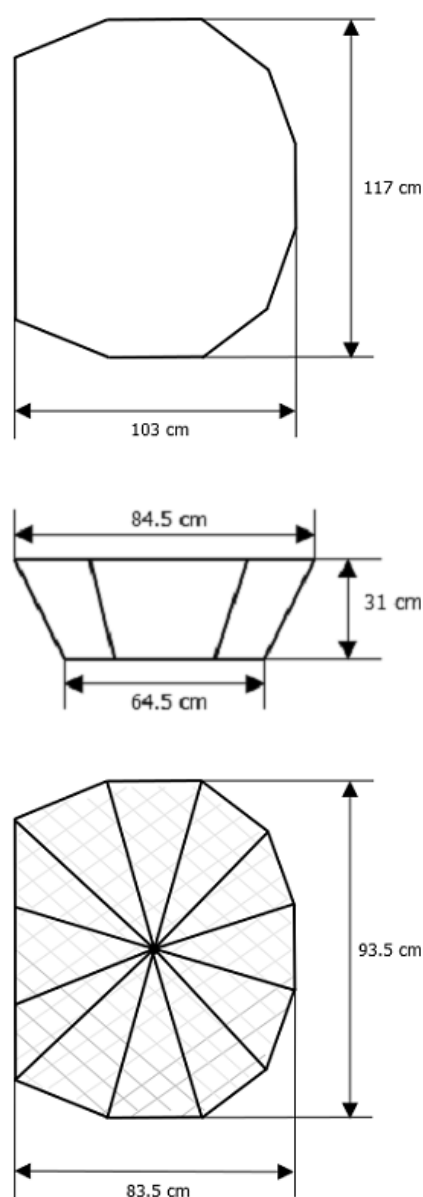
В периода 2020 – 2021 бяха монтирани 20 изкуствени гнезда на дървета (таблица 4).

Табл. 4. Данни за поставените изкуствени гнезда за ловни соколи в България.

	Гнезда (бр.)
Район	
10 км от района на хакване	10
30 – 60 км от района на хакване	10
Дървесен вид	
Полски бряст (<i>Ulmus minor</i>)	1
Черна тополя (<i>Populus nigra</i>)	11
Обикновен дъб (<i>Quercus robur</i>)	8
Височина на гнездото	
10 – 16 м	10
17 – 23 м	10
Гнездови материал	
Обикновен бръшлян (<i>Hedera helix</i>)	20
Европейска винена лоза (<i>Vitis vinifera</i>)	20
Обикновен повет (<i>Clematis vitalba</i>)	20
Клони и листа от черна тополя (<i>Populus nigra</i>)	20
Клони и листа от бяла черница (<i>Morus alba</i>)	20

Всяко гнездо беше изградено от 10-странна стоманена рамка, която беше напълнена с растителен гнездови материал. За рамката бе използвана стомана, тъй като е лесно достъпна, сравнително лека и по-трайна от дървото – материал, използван в предишни изкуствени гнезда, построени от Зелени Балкани. Размерите, показани на фигура 2, се основават на

единична рамка на изкуствено гнездо, но са представителни за типично такова. Точните размери на всяко гнездо варираха, подобно на естествените, построени от птици гнезда. Гнездата бяха направени със стоманени мрежести дъна, които да задържат гнездовия материал, но същевременно позволяваха дренажа на вода. Цветовете на рамката бяха избрани въз основа на това, което е вероятно да се слее с околната среда на гнездото, след като то бъде монтирано – използвани бяха кафяво, зелено и сиво. Между пръчките отстрани на гнездата бяха вплетени сухи лозови клони.



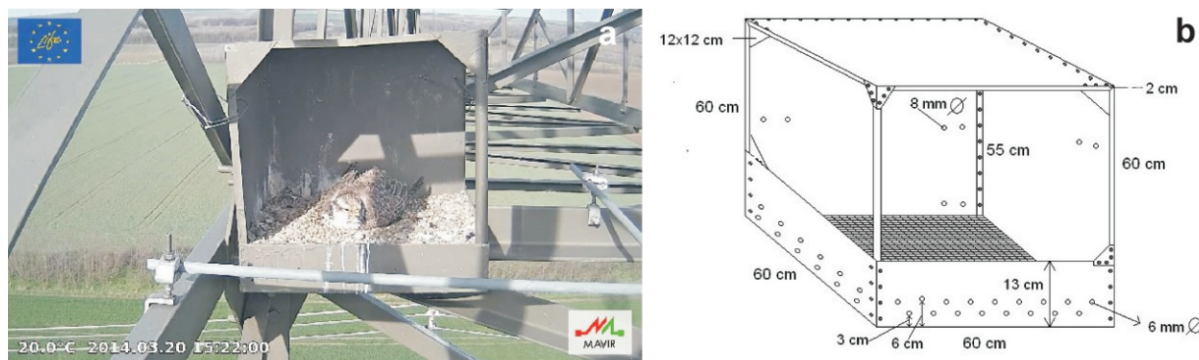
Фиг. 2. Скица на изкуствено гнездо за ловни соколи – изглед отгоре, отстрани и отдолу.

Гнездата бяха инсталирани на приблизително 5 км едно от друго, като някои гнезда бяха на 1 км едно от друго. Това се основаваше на наличността на подходящи за целта дървета.

Дърветата бяха избрани според тяхната височина, цялостно здраве и вид. Бяха избрани дървета в близост до полета – единично стоящи или дървета в края на гора. Когато имаше такива, бяха избрани райони в близост до пасища, тъй като в тези местообитания често се срещат колонии на европейски лалугер, който съставлява най-голямата част от диетата на ловния сокол (Watson & Clarke, 2000). В тези райони биха се срещали и други видове дребни гризачи и птици, плячка на ловния сокол (Watson & Clarke 2000). След като бяха избрани местообитание и конкретно дърво, беше използвано въже за изкачване на рамката на гнездото и гнездовия материал до мястото за монтиране. Две триъгълни метални опори бяха завинтени в ствола на дървото. Изкуственото гнездо се поставя върху тези опори. Веднъж поставено на дървото, в гнездото се добавяше гнездови материал, като се започваше със слой от малки пръчки (приблизително 1 см в диаметър и 30 см дължина). Всеки слой се състоеше от все по-малки пръчки, последвани от сухи листа. Като последна стъпка в гнездото беше добавяна вар, за да имитира птичи екскременти. Това имаше за цел да покаже, че гнездото е било използвано преди това, което предполага наличието на хранителен ресурс и безопасно местоположение. Изкуствените гнезда бяха посещавани минимум два пъти месечно през февруари, март и април, за да се търсят размножаващи се двойки.

През ноември 2023 г. Бяха поставени 15 гнездилки на стълбове от електропреносната мрежа в подходящи за ловни соколи територии в Южна България. Поставени са като дейност от проект „Подсигуряване възстановяването на застрашения ловен сокол в България и Южна Румъния“ (LIFE20 NAT/BG/001162), финансиран от програма LIFE на Европейския съюз. Гнездилките следват методиката на предходен проект –

“Опазване на ловния сокол в Североизточна България, Унгария, Румъния и Словакия“ LIFE09 NAT/HU/000384, също финансиран от програма LIFE. Те бяха направени от алуминий, с две отворени страни и дребен чакъл за гнездови материал (фигура 3; Chavko et al., 2014; Fidlóczy et al., 2014).



Фиг. 3. Алуминиева гнездилка, монтирана на стълб в Унгария, (a) и нейните параметри (b) (Fidlóczy et al., 2014).

3.8. МАРКИРАНЕ

От 2015 г. предавателите тип “раница” не се използват при освобождаването на ловни соколи в България, тъй като проучване на Dixon et al. (2016) показва, че те имат отрицателно въздействие върху оцеляването и размножителното поведение на вида, което противоречи на основната цел за максимизиране на оцеляемостта на освободените индивиди. През 2023 г. млад женски ловен сокол беше маркиран с GPS предавател, поставен през краката на птицата.

Методиката на маркиране на ловните соколи чрез пръстени беше зададена от Сдружение “Зелени Балкани” и съгласувана с Българската орнитологическа централа (ИБЕИ – БАН). При подготовка за хакинг, когато птиците са на около 30-тия си ден след излюпване, те се маркират. Поставят им се метални и цветни идентификационни пръстени съответно на левия и десния крак.

Металните пръстени бяха стандартни, съдържаха надпис – BULGARIA, BAN-SOFIA (България, БАН-София); серия, отговаряща на

големината на пръстена – за ловните соколи се използва серия 6; и индивидуален номер. Цветните пластмасови пръстени се състояха от информация за контакт в случай, че птицата е намерена, и от индивидуална за цвета комбинация от латинска буква и цифра. Цветът на пластмасовите пръстени се променяше ежегодно, за да се улесни идентифицирането на наблюдаваните соколи след освобождаването им. Цветовете на пластмасовите пръстени през годините бяха както следва – през 2015 – бял, 2016 – син, 2017 – жълт, 2018 – жълт, 2019 – сив, 2020 – оранжев, 2021 – зелен, 2022 – светлозелен (таблица 10). При повтаряне на цвят през втора година, както през 2018 г. – пръстените бяха поставени не на десния, а на левия крак на ловните соколи, отново с цел да бъдат лесно идентифициран сезонът на излюпване и съответно освобождаване при наблюдение в дивата природа. Те спомогнаха наблюденията от разстояние без да се налага повторното улавяне на птиците.

4. РЕЗУЛТАТИ

4.1. РАЗМНОЖАВАНЕ

Средно в СЦДЖ – Зелени Балкани имаше 11 размножаващи се двойки на сезон от началото на програмата за реинтродукция през 2015 г. Броят на птиците постепенно се увеличава през годините от началото на дейностите по сформирание на размножителна група до сега (2011 – 2023 г.) (таблица 5).

Табл. 5. Данни за размножаващите се двойки в СЦДЖ – Зелени Балкани за периода 2011 – 2022 г.

Сезон	Птици в размножителната програма	Формирани двойки	Двойки, показали размножително поведение	Двойки, снесли яйца	Двойки с отгледани малки
2011	4	2	2	0	0
2012	18	8	7	2	1
2013	21	10	8	3	3
2014	20	10	8	5	4
2015	24	10	9	5	5
2016	22	9	8	5	2
2017	22	11	9	5	5
2018	22	11	10	6	6
2019	21	10	9	5	4
2020	25	10	9	9	3
2021	29	12	12	12	8
2022	28	13	9	5	5
2023	25	11	8	8	4

През периода 2015 – 2020 г. 70% (5 – 9) от гнездящите двойки (9 – 11) от размножителната група ловни соколи са снесли яйца. Средният

размер на мътилото и люпилото бе 5.08 ± 0.22 яйца и 2.33 ± 0.46 малки. Съотношението на двойките, отгледали най-малко едно пиле, спрямо общия брой на размножаващите се двойки за периода на изследването, е 0.69 ± 0.11 . Средният брой на отгледаните малки съвпада с успеха на размножаването (брой на отгледаните малки, отнесен към броя на двойките, снесли яйца). Броят на успешно отгледаните малки, отнесен към броя на двойките, отгледали поне по едно малко, е 2.77 ± 0.31 (таблица 6).

Табл. 6. Размножителен успех на ловни соколи в периода 2015 – 2020.

	Средна стойност $\pm$ стандартна грешка	Обхват (мин. – макс.)
Размер на мътилото	5.08 ± 0.22	1.50 (4.60 – 6.10)
Размер на люпилото	2.33 ± 0.46	3.00 (1.20 – 4.20)
Успеваемост	0.69 ± 0.11	0.60 (0.40 – 1.00)
Продуктивност	1.95 ± 0.45	2.80 (1.00 – 3.80)
Успех на размножаването	1.95 ± 0.45	2.80 (1.00 – 3.80)
Брой успешно отгледани	2.77 ± 0.31	1.80 (2.00 – 3.80)

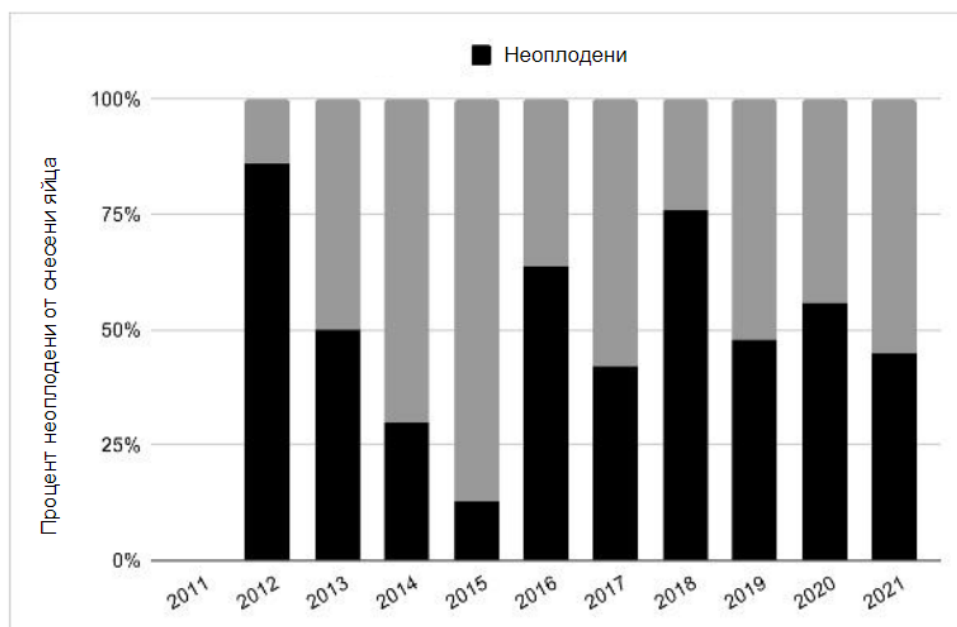
От началото на размножителната програма през 2011 до 2020 отгледаните ловни соколи са 105. От размножените в СЦДЖ – Зелени Балкани птици 88 индивиди или 84% от тях са освободени на територията на България. Изготвените обобщени резултати сравняват, от една страна – метода на естествена инкубация, включително опитите за вземане на яйца едно по едно, между 2011 – 2021 г., и от друга страна – методологията за произвеждане на двойно люпило, проведена с размножаващите се двойки през три сезона – 2017, 2020 и 2021 г. (таблица 7).

Табл. 7. Усреднени размери на мътило, люпило и успеваемост на ловните соколи при естествена инкубация и при метода на произвеждане на двойно люпило.

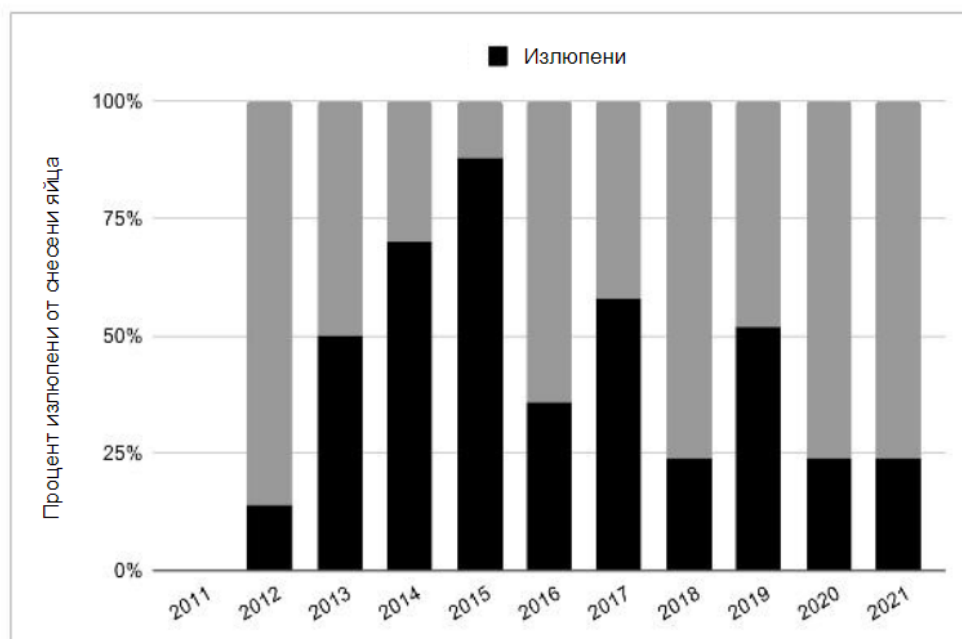
	Среден размер мътило	Среден размер люпило	Средна успеваемост
Естествена инкубация	3.95	1.79	0.30
Двойно люпило	8.98	1.88	0.75

Общо 310 яйца са снесени от ловни соколи в СЦДЖ – Зелени Балкани между 2011 и 2021 г. Средно 51% от яйцата, снесени всеки сезон, бяха неоплодени (фигура 4). Само за един сезон, през 2016 г., беше пробвана техниката на последователно вземане на яйцата от люпилото. Нямаше разлика в броя на снесените яйца през 2016 г. и предходните години, но процентът на неоплодените яйца нараства от 13% през 2015 г. на 64% през 2016 г. Въпреки това средно 44% от снесените яйца се излюпват успешно през изследвания период (фигура 5). Най-голям брой яйца са снесени през 2021 г. и поради това е регистриран и голям брой неоплодени яйца, но все пак е по-ниско от средното за изследвания период. Най-малък брой неоплодени яйца е регистриран през размножителния сезон 2015 г. (само 13% са били неоплодени), която е и годината с най-висок успех на излюпване (88% успешно излюпени от всички снесени яйца). През размножителни сезони 2020 и 2021 г. само 24% от всички снесени яйца се излюпват успешно. Най-високият процент на смъртност е регистриран през 2014 г., когато 25% от излюпените пилета са починали преди освобождаване. Няма регистрирани смъртни случаи на млади ловни соколи през 2012, 2013 и 2015 г. Коефициентът на смъртност при излюпените пилета по време на размножителния сезон 2021 г. е относително нисък – умират само 15% от излюпените соколи (фигура 6). Въпреки това през размножителен сезон 2021 г., 44% от пилетата загинаха в черупката преди излюпване. Между 2012 и 2021 г. 65% от излюпените

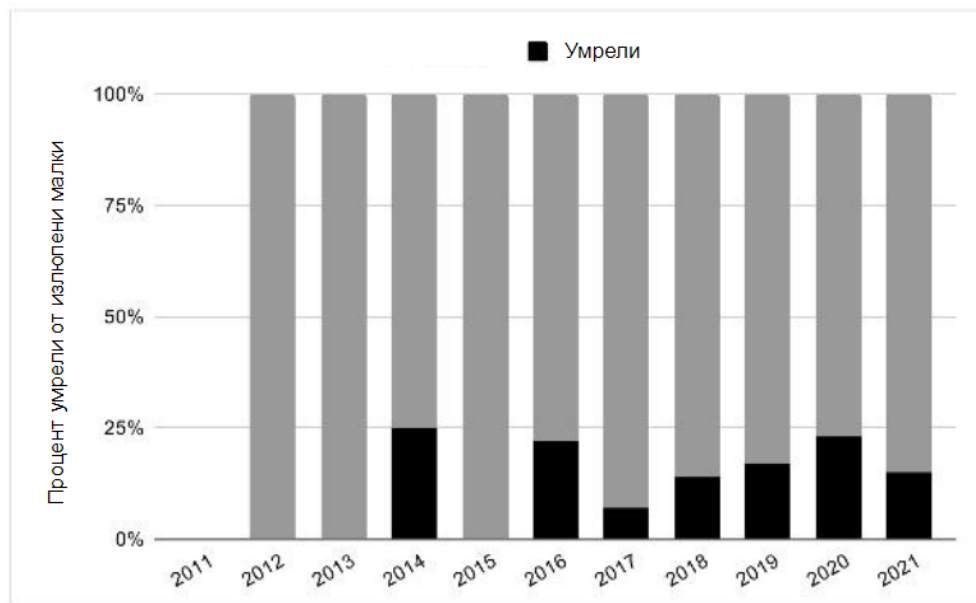
ловни соколи бяха хакнати (фигура 7). До 2015 г. хакинг методът се изпробваше, а през 2012 г. бяха пуснати само внесени от чужбина птици. Между 2015 и 2021 г. средно 82% от излюпените птици са били освободени чрез хакинг.



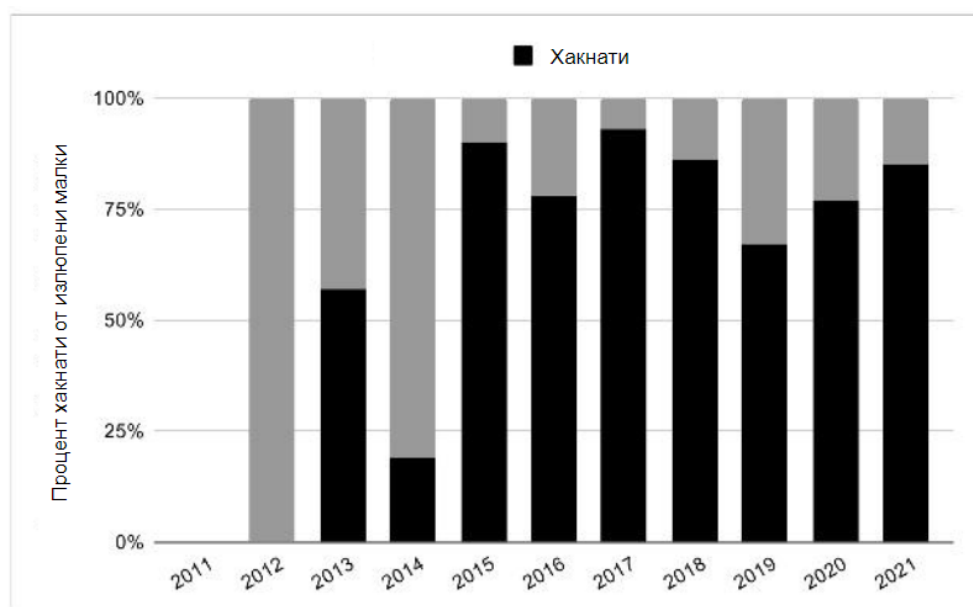
Фиг. 4. Процентно съотношение на неоплодени спрямо снесени яйца на ловни соколи за периода 2011 – 2021 г. в СЦДЖ – Зелени Балкани.



Фиг. 5. Процентно съотношение на излюпени спрямо снесени яйца на ловни соколи в СЦДЖ – Зелени Балкани за периода 2011 – 2021 г.



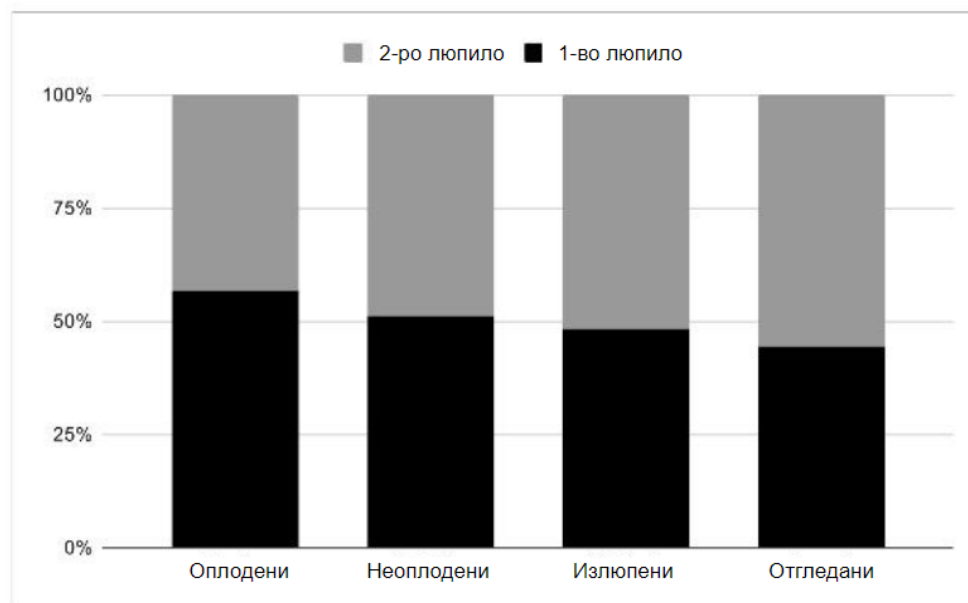
Фиг. 6. Процентно съотношение на умрели малки ловни соколи спрямо излюпените за периода 2011 – 2021 г. в СЦДЖ – Зелени Балкани.



Фиг. 7. Процентно съотношение на хакнати спрямо излюпените малки ловни соколи (без внесените птици) за периода 2011 – 2021 г. в СЦДЖ – Зелени Балкани.

По време на размножителни сезони 2020 и 2021 г. успешно копулиране и снасяне на яйца са регистрирани при 95% от размножаващите се двойки. През тези два сезона, в които се използва

методът за произвеждане на двойно люпило, броят на снесените яйца бе повече от три пъти по-голям, отколкото през сезоните 2011 – 2019 г. (снесени средно съответно по 70 и 19 яйца на година за двата периода). Броят на двойките се запазва между 8 – 12, с изключение на първата година – 2011 г., когато се формират само две размножителни двойки. През 2020 г. четири двойки ловни соколи произведоха второ люпило, а през 2021 г. методът беше използван при осем двойки. Средният брой яйца, снесени в първото и второто люпило, е съответно 5 и 4. По-голям брой оплодени яйца бяха регистрирани в първото люпило на четирите двойки (57%), отколкото във второто (43%; фигура 8). Въпреки това, средният брой както на излюпените, така и на отгледаните пилета за двата сезона е по-висок при тези от второто люпило, като се оценява съответно на 52% и 56% от всички снесени яйца. През размножителния сезон 2020 г. 8 пилета загинаха преди да се излюпят. Шест от тях бяха от второ люпило. Три млади сокола загинаха след излюпване, два от първо люпило и един от второ. Считаме, че това се дължи от една страна на даваните на възрастните птици хранителни добавки (отговорни за смъртността преди излюпване), от друга – на ектопаразити (убили новоизлюпените ловни соколи). По време на размножителен сезон 2021 г. всички размножителни двойки успешно копулираха и снесоха общо 84 яйца. Независимо от това, малки се излюпиха успешно само от 8 от 12-те размножителни двойки. За 57% от тези яйца е използвана изкуствена инкубация, докато останалите яйца са инкубирани естествено от родителите.



Фиг. 8. Процентно съотношение на оплодени и неоплодени яйца, на успешно излюпени и отгледани пилета в първото и второто люпило на размножаващи се двойки в СЦДЖ – Зелени Балкани през 2020 г. и 2021 г.

4.2. ХАКИНГ

За периода 2015 – 2020 г. са пуснати общо 80 ловни соколи посредством хакинг метода от четири волиери в близост до гр. Стара Загора. Женските птици представляват 27 от тях, останалите (53) са мъжки. Шестнадесет общо са получени от други специализирани центрове, а останалите (64) са отгледани и излюпени в СЦДЖ – Зелени Балкани. По-малкият брой освободени ловни соколи през 2017 – 2019 г. в сравнение с първите две години се дължи на оттеглено финансиране, а през 2020 г. – на ниска размножителна продуктивност на гнездящите в плен двойки, част от които по това време са вече възрастни и някои безплодни. Събраните данни от тези 80 освободени ловни соколи показват, че птиците са били хакнати средно на 32-дневна възраст, без значителна разлика между мъжки и женски птици. Наблюдавано, че птиците остават в зоната на хакване средно до 82-дневна възраст (мъжките до 82.00 ± 3.09 и женските до 81.53 ± 1.96 , $P = 0.89$) (таблица 8).

Табл. 8. Данни от периода на зависимост след излитане на мъжки и женски ловни соколи през 2015 – 2020.

Пол		Възраст при хакване/ дни	Тегло при хакване/ гр	Тарзус/ мм	Възраст при отваряне на хака	Възраст при първо наблюдение след излитането	Възрасти при последно наблюдение
♂	Mean ± SE.	31.74 ± 0.84	820.37 ± 9.28	28.78 ± 0.46	41.30 ± 0.86	48.26 ± 1.69	82.00 ± 3.09
	Min. – Max.	27.00 – 49.00	700.00 – 890.00	22.00 – 35.00	37.00 – 59.00	38.00 – 76.00	59.00 – 120.00
♀	Mean ± SE	32.34 ± 0.40	1026.89 ± 14.14	31.06 ± 0.35	42.21 ± 0.47	50.17 ± 1.04	81.53 ± 1.96
	Min. – Max.	27.00 – 40.00	880.00 – 1235.00	21.00 – 37.00	36.00 – 51.00	42.00 – 76.00	43.00 – 110.00
Общо	Брой	80	80	80	80	80	70
	t-value	– 0.73	– 9.87	– 3.85	– 1.01	– 1.01	0.13
	p	0.47	0	0	0.32	0.32	0.89

Общо 159 са ловните соколи, освободени посредством хакинг метода за целия период на усилията по връщане на вида в страната до момента (2011 – 2023 г.), което включва и пилотните дейности. През 2022 г. са освободени най-много соколи – 25 броя, всички размножени в СЦДЖ – Зелени Балкани (таблица 9).

Табл. 9. Брой хакнати ловни соколи – размножени в СЦДЖ – Зелени Балкани, внесени от други размножителни центрове и общ през 2011 – 2023.

Сезон	СЦДЖ	Внесени	Общо
2011	0	6	6
2012	0	4	4
2013	4	0	4
2014	3	0	3
2015	19	0	19
2016	7	12	19
2017	14	3	17
2018	6	0	6
2019	8	0	8
2020	10	2	12
2021	17	0	17
2022	25	0	25
2023	12	7	19
Общо	125	34	159

През 2020 ловните соколи са се задържали в района на освобождаване средно 38 дни, през 2021 – 17 дни, а през 2022 – 27 дни. Между 2020 – 2022 г. очаквания успех бе наблюдаван само при соколи, освободени от Хак 1 (таблица 10). През 2022 г. престоят на птиците в районите на Хакове 2 – 4 бе по-продължителен от този в предишните два сезона. Това се дължи на две птици, излетели от Хак 2, но които се преместиха в района на Хак 1 (една от които се задържа там 46 дни), и две от Хак 3, които се задържаха в негова близост съответно 14 и 15 дни.

Табл. 10. Средна продължителност на престоя в дни – от дата на излитане до дата на последно сигурно наблюдение в района на освобождаване, на хакнатите ловни соколи в България през 2020 – 2022 (54 бр.).

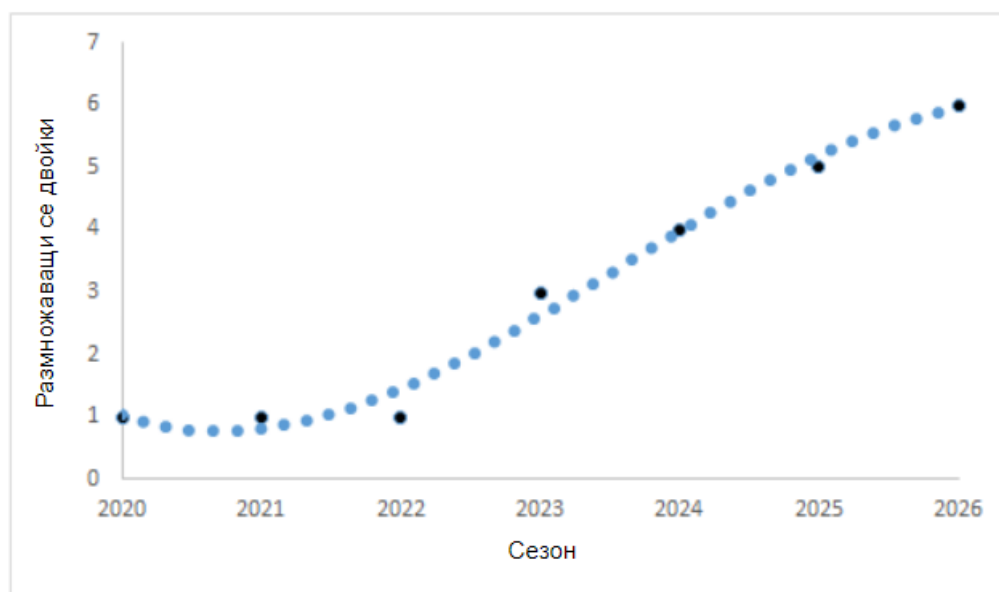
	2020 (n=12)	2021 (n=17)	2022 (n=25)	Усреднено
Хак 1	50 (мин=19, макс=73)	28 (мин=4, макс=38)	42 (мин=12, макс=75)	40
Хакове 2 – 4	2 (мин=1, макс=4)	1 (мин=0, макс=5)	9 (мин=0, макс=46)	5

Сезон 2023-та беше най-успешният досега - за първи път за периода на проекта нямаше значителна разлика в периода на задържане между различните хакове (63 и 73 дни съответно, таблица 11). По-ниските числа през предходните години бяха от една страна, поради големия брой птици, освободени не от Хак 1, които не се задържаха в съответните райони, намалявайки средния общ престой; и от друга - поради липсата на фотокапани, чрез които да се регистрират пръстени и след края на целодневния мониторинг. През 2023 г. средният ПЗСИ е 68 дни. Двата ловни соколи, хакнати на възраст от два месеца, показват успеваемост 50 на 50 - 8D остана 0 дни, а 9E - 82 дни. Въпреки това, две птици не са достатъчни, за да могат да се правят смислени заключения относно успеха на освобождаването на по-възрастни птици чрез хакинг.

Табл. 11. Средна продължителност на престоя в дни – от дата на излитане до дата на последно сигурно наблюдение в района на освобождаване, на хакнатите ловни соколи в България през 2023 г. (19 бр.).

	Брой	ПЗСИ/ дни
Хак 1, същата локация	11	63 (мин=25, макс=108)
Хакове 4 и 5, нови локации	8	73 (мин=0, макс=107)
Всички птици	19	68 (мин=0, макс=108)
Задържали се >0 дни	18	71 (мин=25, макс=108)

В предварителния модел на популацията се наблюдаваше положително увеличение – до 2026 г. се очаква да се формират шест двойки ловни соколи в природата, което би било индикатор за установяването на самоподдържаща се популация и успех на реинтродукцията (фигура 9).



Фиг. 9. Предварителен модел на нарастване на популацията на ловния сокол през 2020 – 2026 г.

4.3. ХРАНЕНЕ

Менюто на ловния сокол извън размножителния период е обобщено в таблица 12. Те бяха хранени веднъж всяка сутрин. Докато приготвяше хранителни продукти, различни от едnodневни пилета, персоналетът отстраняваше главите, краката, опашките и органите, част от храносмилателния тракт.

Таблица 12. Седмично меню на размножаващите се двойки ловни соколи в СЦДЖ – Зелени Балкани извън размножителния сезон.

Ден	Храна	Дажба	Честота
Понеделник	Плъхове	180 гр	Веднъж на ден
Вторник	Еднодневни пиленца	180 гр	Веднъж на ден
Сряда	Пъдпъдъци	180 гр	Веднъж на ден
Четвъртък	Еднодневни пиленца	180 гр	Веднъж на ден
Петък	Телешко/ конско месо	180 гр	Веднъж на ден
Събота	Еднодневни пиленца	180 гр	Веднъж на ден
Неделя	Гладен ден	Гладен ден	Гладен ден

Менюто за размножителния период е обобщено в таблица 13. Хранителните добавки Opti-breed, Ferti-Vit, Muta-Vit, Omni-Vit са използвани между 2012 – 2018 г. От 2019 г. се използват GeaVet Falcon Top, GeaVet Falcon Start, Nekton-MSA, Nekton-E, Nekton-S и Nekton-Calcium Plus. Добавките бяха поръсени върху храната според инструкциите на марката. При всяко хранене соколите бяха хранени с малки количества храна, в очакване мъжкият да предаде хранителните продукти на женската. Веднага щом това се случеше, ловният сокол получаваше останалата част от храната като начин за възнаграждение и насърчаване на подаването на храна. Менюто за новоизлюпени ловни соколи е обобщено в таблица 14.

Табл. 13. Седмично меню на размножаващите се двойки ловни соколи в СЦДЖ – Зелени Балкани по време на размножителния сезон.

Ден	Храна	Дажба	Честота
Понеделник	Плъхове	180 – 200 гр	4 – 5 пъти на ден
Вторник	Еднодневни пиленца	180 – 200 гр	4 – 5 пъти на ден
Сряда	Пъдпъдъци	180 – 200 гр	4 – 5 пъти на ден
Четвъртък	Еднодневни пиленца	180 – 200 гр	4 – 5 пъти на ден
Петък	Зайци	180 – 200 гр	4 – 5 пъти на ден
Събота	Еднодневни пиленца	180 – 200 гр	4 – 5 пъти на ден
Неделя	Гладен ден	Гладен ден	Гладен ден

Табл. 14. Меню на новоизлюпените ловни соколи в СЦДЖ – Зелени Балкани.

Период	Храна	Честота
Първите две седмици след излюпване	Плъхове	3 пъти дневно
Трета седмица след излюпване	Пъдпъдъци	3 пъти дневно
Четвърта седмица след излюпване	Редуване плъхове и пъдпъдъци през ден	3 пъти дневно

След като птиците бяха хакнати, екипът ги снабдяваше с храна два пъти на ден. В много горещи дни се осигуряваха по-малки количества храна три пъти на ден, за да остане свежа (таблица 15).

Табл. 15. Меню на ловните соколи в района на хакване.

Период	В хака	На хранителната маса	Дажба
Сутрин и вечер, първите три дни след хакването	Бели плъхове без вътрешности, глави и опашки	Вътрешности и остатъци от предишното хранене	Един плъх на птица на хранене
Сутрин и вечер, два на два дни до отваряне на хака	Бели и кафяви плъхове, и пъдпъдъци без вътрешности, глави и опашки	Вътрешности и остатъци от предишното хранене	Един плъх/ пъдпъдък на птица на хранене
Сутрин и вечер, два на два дни, докато соколите са в района на хаковете	Кафяви и черни плъхове, пъдпъдъци, гълъби, кафяви и черни зайци, джербили	Кафяви и черни плъхове, пъдпъдъци, гълъби, кафяви и черни зайци, джербили	Един плъх/ пъдпъдък/ гълъб на птица на хранене; джербили по два; заек по по-малко от един
Вечер, два на два дни след разпръскване на соколите, до края на август	Кафяви и черни плъхове, пъдпъдъци, гълъби, джербили	Кафяви и черни плъхове, пъдпъдъци, гълъби, джербили	Един плъх/ пъдпъдък/ гълъб на птица на хранене; джербили по два

4.4. БИОХИМИЯ

Биохимичните параметри на женските птици от двата подвида ловни соколи, разделени по възрастови групи и местонахождение, са представени в таблица 16.

Табл. 16. Средни стойности на някои биохимични кръвни показатели на три възрастови групи женски ловни соколи, гледани в плен (средна стойност $\pm$ стандартно отклонение).

Местонахождение	СЦДЖ – Зелени Балкани			ЦРХП						
Подвид	<i>Falco cherrug cherrug</i>			<i>Falco cherrug cherrug</i>			<i>Falco cherrug milvipes</i>			
Възраст	ad. (n=13)	subad. (n=1)	Общо (n=14)	subad. (n=2)	juv. (n=5)	Общо (n=7)	ad. (n=10)	subad. (n=15)	juv. (n=8)	Общо (n=33)
Калций mmol/l	2.08 $\pm$ 0.10	2.06	2.08 $\pm$ 0.09	1.73 $\pm$ 0.16	1.89 $\pm$ 0.12	1.85 $\pm$ 0.14	1.79 $\pm$ 0.17	1.78 $\pm$ 0.17	1.71 $\pm$ 0.17	1.76 $\pm$ 0.17
Фосфор mmol/l	0.51 $\pm$ 0.16	0.64	0.52 $\pm$ 0.16	0.96 $\pm$ 0.31	0.58 $\pm$ 0.13	0.69 $\pm$ 0.25	0.62 $\pm$ 0.31	0.89 $\pm$ 0.35	0.67 $\pm$ 0.24	0.75 $\pm$ 0.33
Магний mmol/l	0.81 $\pm$ 0.08	0.82	0.81 $\pm$ 0.7	1.17 $\pm$ 0.16	1.06 $\pm$ 0.07	1.09 $\pm$ 0.10	1.08 $\pm$ 0.09	1.14 $\pm$ 0.13	1.06 $\pm$ 0.12	1.11 $\pm$ 0.12
Общ белтък g/l	36.58 $\pm$ 4.41	43.60	37.09 $\pm$ 4.63	50.20 $\pm$ 7.50	40.48 $\pm$ 2.72	43.26 $\pm$ 6.06	39.87 $\pm$ 2.89	40.43 $\pm$ 4.04	39.79 $\pm$ 4.52	40.08 $\pm$ 3.75
Албумин g/l	11.89 $\pm$ 1.93	13.30	11.99 $\pm$ 1.90	14.05 $\pm$ 1.48	13.56 $\pm$ 1.21	13.70 $\pm$ 1.18	13.59 $\pm$ 1.18	13.43 $\pm$ 1.47	13.31 $\pm$ 2.32	14.45 $\pm$ 1.59
Глюкоза mmol/l	19.26 $\pm$ 2.07	16.87	19.09 $\pm$ 2.09	15.10 $\pm$ 2.55	19.90 $\pm$ 2.82	18.53 $\pm$ 3.45	20.11 $\pm$ 1.96	19.18 $\pm$ 3.20	20.54 $\pm$ 2.91	19.79 $\pm$ 2.79
Общ билирубин μ mol/l	12.61 $\pm$ 3.82	8.93	12.34 $\pm$ 3.80	16.90 $\pm$ 2.26	12.48 $\pm$ 3.59	13.74 $\pm$ 3.75	14.79 $\pm$ 4.17	14.85 $\pm$ 2.98	14.64 $\pm$ 4.08	14.78 $\pm$ 3.52
Креатинин μ mol/l	43.00 $\pm$ 3.83	51.00	43.57 $\pm$ 4.26	36.00 $\pm$ 4.24	36.40 $\pm$ 1.82	36.29 $\pm$ 2.29	36.70 $\pm$ 3.23	36.67 $\pm$ 4.82	36.38 $\pm$ 3.07	36.61 $\pm$ 3.90
Пикочна к-на mmol/l	0.42 $\pm$ 0.14	0.57	0.43 $\pm$ 0.14	0.71 $\pm$ 0.08	0.88 $\pm$ 0.28	0.83 $\pm$ 0.24	0.75 $\pm$ 0.22	1.06 $\pm$ 0.23	0.86 $\pm$ 0.18	0.92 $\pm$ 0.25
AST U/l	148.62 $\pm$ 23.93	166.00	149.86 $\pm$ 23.46	220.50 $\pm$ 39.30	136.40 $\pm$ 1.65	160.43 $\pm$ 7.232	176.50 $\pm$ 4.81	143.53 $\pm$ 9.47	137.63 $\pm$ 6.31	152.09 $\pm$ 8.71
ALT U/l	90.69 $\pm$ 5.26	94.00	90.93 $\pm$ 14.68	62.50 $\pm$ 55.86	56.20 $\pm$ 23.20	58.00 $\pm$ 29.80	78.30 $\pm$ 29.19	69.53 $\pm$ 16.61	63.75 $\pm$ 22.90	70.79 $\pm$ 22.49
ALP U/l	664.08 $\pm$ 192.10	642.00	662.50 $\pm$ 84.66	726.00 $\pm$ 83.85	1012.40 $\pm$ 184.51	930.57 $\pm$ 18.77	920.00 $\pm$ 85.70	1099.20 $\pm$ 326.24	855.25 $\pm$ 56.04	985.76 $\pm$ 94.09
LDH U/l	1430.77 $\pm$ 291.82	1440.00	1431.43 $\pm$ 280.38	1864.50 $\pm$ 849.24	1156.2 $\pm$ 576.17	1358.57 $\pm$ 678.94	1616.8 $\pm$ 12.51	1496.33 $\pm$ 329.80	1358.0 $\pm$ 97.80	1499.30 $\pm$ 373.27
CK U/l	421.23 $\pm$ 108.23	439.00	422.5 $\pm$ 104.09	1333.5 $\pm$ 965.20	856.2 $\pm$ 89.44	992.57 $\pm$ 463.51	716.6 $\pm$ 166.24	593.4 $\pm$ 147.46	710.5 $\pm$ 166.85	659.12 $\pm$ 164.60
Холестерол mmol/l	4.79 $\pm$ 0.42	3.77	4.72 $\pm$ 0.49	9.24 $\pm$ 0.16	10.17 $\pm$ 1.32	9.90 $\pm$ 1.17	8.47 $\pm$ 1.10	8.93 $\pm$ 0.99	8.66 $\pm$ 0.68	8.73 $\pm$ 0.95
Триглицериди mmol/l	1.32 $\pm$ 0.25	1.38	1.33 $\pm$ 0.24	1.26 $\pm$ 0.14	1.59 $\pm$ 0.22	1.49 $\pm$ 0.25	1.53 $\pm$ 0.25	1.54 $\pm$ 0.32	1.26 $\pm$ 0.30	1.47 $\pm$ 0.31
Хлориди mmol/l	115.85 $\pm$ 3.34	117.00	115.93 $\pm$ 3.22	114.5 $\pm$ 3.54	112.4 $\pm$ 6.11	113.0 $\pm$ 5.29	115.8 $\pm$ 4.66	117.27 $\pm$ 4.71	114.38 $\pm$ 4.81	116.12 $\pm$ 4.72
Амилаза U/l	45.69 $\pm$ 12.47	42.00	45.43 $\pm$ 12.02	26.50 $\pm$ 16.26	33.40 $\pm$ 7.02	31.43 $\pm$ 9.40	29.40 $\pm$ 6.88	36.0 $\pm$ 18.44	30.63 $\pm$ 8.73	32.70 $\pm$ 13.73

Факторите “Местонахождение”, “Подвид”, “Възраст” и взаимодействието на “Подвид” и “Възраст” значително повлияха на някои биохимични параметри (таблица 17). При женските ловни соколи статистически значимо влияние оказа факторът “Местонахождение” върху показателите креатинин, магнезии, холестерол и СК. Факторът “Подвид” повлия значително на нивата на общия белтък, холестерол и СК. Факторът “Възраст” оказва ефект върху показателите глюкоза и общ белтък. Комбинацията от фактори “Подвид” и “Възраст” повлия стойностите на показателите общ белтък, АФ, СК, и ТГ. Нашето мнение е, че очевидните разлики могат да се обяснят с различните хранителни режими на двете места, тъй като повечето от западните ловни соколи са били в едно съоръжение, а всички източни ловни соколи – в другото, и не изразяват задължително присъщи разлики между два подвида.

Биохимичните параметри на мъжки екземпляри от двата подвида ловни соколи, разделени по възрастови групи и местонахождение, са представени в таблица 18.

Табл. 17. Значимост на факторите “Местонахождение”, “Подвид” и “Възраст” върху стойностите на някои биохимични кръвни показатели на женски ловни соколи, гледани в плен. Значими взаимоотношения са с удебелен шрифт.

Женски	СС±СО (n=54)	Коригиран модел		Местонахождение		Подвид		Възраст		Подвид * Възраст	
		F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
Калций mmol/l	1,86±0,20	7.89	<0.001	3.13	0.083	1.03	0.31	0.13	0.88	2.73	0.11
Фосфор mmol/l	0,68±0,30	2.87	0.02	0.91	0.34	0.01	0.94	2.59	0.09	0.40	0.53
Магnezий mmol/l	1,03±0,17	14.01	<0.001	7.24	0.01	0.05	0.82	1.59	0.22	0.08	0.78
Общ белтък g/l	39,71±4,63	3.82	<0.001	1.78	0.19	7.53	0.01	4.95	0.01	5.67	0.02
Албумин g/l	13,11±1,74	1.54	0.19	0.13	0.72	0.29	0.59	0.32	0.73	0.05	0.82
Глюкоза mmol/l	19,45±2,71	1.46	0.21	0.30	0.59	3.58	0.06	3.32	0.04	1.91	0.17
Общ билирубин μmol/l	14,02±3,71	1.24	0.30	3.16	0.08	0.00	0.97	1.12	0.33	1.48	0.23
Креатинин μmol/l	38,37±4,88	6.47	<0.001	10.18	<0.001	0.03	0.86	1.66	0.20	0.04	0.85
Пикочна к-на mmol/l	0,78±0,31	12.38	<0.001	0.32	0.57	2.89	0.10	2.00	0.15	3.73	0.06
AST U/l	152,59±53,09	1.19	0.33	0.72	0.40	2.33	0.13	2.38	0.10	2.48	0.12
ALT U/l	74,35±23,97	2.42	0.04	1.34	0.25	0.48	0.49	0.44	0.65	0.00	0.98
ALP U/l	894,80±292,53	3.98	<0.001	0.07	0.79	0.82	0.37	0.11	0.90	4.93	0.03
LDH U/l	1463,46±397,64	1.24	0.30	0.78	0.38	0.20	0.66	3.11	0.05	2.37	0.13
CK U/l	641,00±269,22	8.41	<0.001	13.54	<0.001	22.33	<0.001	2.09	0.13	10.05	<0.001
Холестерол mmol/l	7,84±2,09	41.52	<0.001	25.40	<0.001	4.69	0.04	0.71	0.50	2.04	0.16
Триглицериди mmol/l	1,43±0,29	1.85	0.11	0.13	0.72	0.04	0.85	0.01	0.99	5.52	0.02
Хлориди mmol/l	115,67±4,50	0.90	0.51	0.20	0.65	1.23	0.27	0.72	0.49	0.03	0.85
Амилаза U/l	35,83±13,86	2.08	0.07	0.94	0.34	0.30	0.59	0.06	0.94	0.99	0.33

Табл. 18. Средни стойности на някои биохимични кръвни показатели на три възрастови групи мъжки ловни соколи, гледани в плен (средна стойност $\pm$ стандартно отклонение).

Местонахождение	СИДЖ – Зелени Балкани			ЦРХП							
Подвид	<i>Falco cherrug cherrug</i>			<i>Falco cherrug cherrug</i>				<i>Falco cherrug milvipes</i>			
Възраст	ad. (n=13)	subad. (n=4)	Общо (n=17)	ad. (n=1)	subad. (n=1)	juv. (n=4)	Общо (n=6)	ad. (n=11)	subad. (n=17)	juv. (n=7)	Общо (n=35)
Калций mmol/l	2.08 $\pm$ 0.14	2.04 $\pm$ 0.08	2.07 $\pm$ 0.12	1.36	1.75	1.73 $\pm$ 0.10	1.67 $\pm$ 0.17	1.68 $\pm$ 0.35	1.73 $\pm$ 0.20	1.75 $\pm$ 0.14	1.72 $\pm$ 0.24
Фосфор mmol/l	0.77 $\pm$ 0.45	0.43 $\pm$ 0.26	0.69 $\pm$ 0.43	0.59	0.51	0.71 $\pm$ 0.16	0.66 $\pm$ 0.15	0.62 $\pm$ 0.32	0.61 $\pm$ 0.15	0.56 $\pm$ 0.18	0.60 $\pm$ 0.22
Магний mmol/l	0.8 $\pm$ 0.09	0.80 $\pm$ 0.09	0.80 $\pm$ 0.09	0.93	1.08	1.07 $\pm$ 0.05	1.05 $\pm$ 0.07	1.14 $\pm$ 0.10	1.10 $\pm$ 0.08	1.01 $\pm$ 0.13	1.09 $\pm$ 0.10
Общ белтък g/l	35.41 $\pm$ 3.37	32.43 $\pm$ 1.53	34.71 $\pm$ 3.26	43.90	42.70	45.85 $\pm$ 3.26	45.0 $\pm$ 2.87	42.35 $\pm$ 5.06	39.75 $\pm$ 2.80	40.03 $\pm$ 4.10	40.62 $\pm$ 3.95
Албумин g/l	10.85 $\pm$ 0.79	10.05 $\pm$ 1.24	10.66 $\pm$ 0.94	12.60	13.00	13.45 $\pm$ 0.75	13.23 $\pm$ 0.68	12.82 $\pm$ 1.65	13.96 $\pm$ 1.66	13.96 $\pm$ 1.10	13.55 $\pm$ 1.60
Глюкоза mmol/l	18.95 $\pm$ 1.28	18.34 $\pm$ 2.98	18.81 $\pm$ 1.72	21.30	20.30	18.08 $\pm$ 1.16	18.98 $\pm$ 1.70	20.09 $\pm$ 3.99	18.96 $\pm$ 2.61	19.27 $\pm$ 2.47	19.38 $\pm$ 3.03
Общ билирубин μ mol/l	11.87 $\pm$ 3.53	17.20 $\pm$ 4.73	13.12 $\pm$ 4.35	27.70	13.20	14.90 $\pm$ 3.97	16.75 $\pm$ 6.22	20.81 $\pm$ 8.93	14.38 $\pm$ 3.84	16.41 $\pm$ 4.10	16.81 $\pm$ 6.44
Креатинин μ mol/l	44.77 $\pm$ 4.09	39.50 $\pm$ 1.73	43.53 $\pm$ 4.29	34.00	33.00	37.25 $\pm$ 4.57	36.0 $\pm$ 4.05	36.18 $\pm$ 4.49	37.53 $\pm$ 3.48	37.57 $\pm$ 3.69	37.11 $\pm$ 3.80
Пикочна к-на mmol/l	0.45 $\pm$ 0.21	0.44 $\pm$ 0.26	0.45 $\pm$ 0.21	0.47	0.69	1.01 $\pm$ 0.34	0.87 $\pm$ 0.35	0.91 $\pm$ 0.29	0.92 $\pm$ 0.25	0.76 $\pm$ 0.26	0.88 $\pm$ 0.26
AST U/l	165.08 $\pm$ 34.4	136.5 $\pm$ 24.50	158.35 $\pm$ 34.0	136.00	129.00	200.0 $\pm$ 26.58	177.5 $\pm$ 40.55	159.09 $\pm$ 38.94	162.71 $\pm$ 33.72	160.0 $\pm$ 26.06	161.03 $\pm$ 33.22
ALT U/l	88.77 $\pm$ 16.93	83.0 $\pm$ 29.83	87.41 $\pm$ 19.70	85.00	78.00	78.75 $\pm$ 20.02	79.67 $\pm$ 15.73	75.82 $\pm$ 15.55	73.41 $\pm$ 15.05	84.43 $\pm$ 14.59	76.37 $\pm$ 15.27
ALP U/l	723.46 $\pm$ 333.16	803.75 $\pm$ 136.77	742.35 $\pm$ 396.63	600.00	1052.00	1358.0 $\pm$ 332.15	1180.67 $\pm$ 402.61	1031.73 $\pm$ 314.87	1094.35 $\pm$ 279.79	1039.86 $\pm$ 144.13	1063.77 $\pm$ 265.67
LDH U/l	1497.85 $\pm$ 309.7	1750.5 $\pm$ 681.26	1557.29 $\pm$ 413.72	2155.00	1523.00	1917.5 $\pm$ 279.50	1891.33 $\pm$ 297.42	1551.07 $\pm$ 254.17	1391.06 $\pm$ 294.93	1614.14 $\pm$ 261.49	1485.94 $\pm$ 285.05
CK U/l	408.23 $\pm$ 135.87	514.75 $\pm$ 111.3	433.29 $\pm$ 135.42	715.00	650.00	811.25 $\pm$ 171.58	768.33 $\pm$ 150.02	696.73 $\pm$ 239.14	686.59 $\pm$ 164.81	759.71 $\pm$ 170.86	704.4 $\pm$ 188.58
Холестерол mmol/l	4.54 $\pm$ 0.41	4.26 $\pm$ 0.19	4.47 $\pm$ 0.38	6.30	10.50	11.07 $\pm$ 2.92	10.18 $\pm$ 2.96	8.91 $\pm$ 2.23	8.98 $\pm$ 0.95	9.56 $\pm$ 0.56	9.07 $\pm$ 1.42
Триглицериди mmol/l	1.34 $\pm$ 0.39	1.13 $\pm$ 0.27	1.29 $\pm$ 0.37	1.32	1.35	1.42 $\pm$ 0.25	1.39 $\pm$ 0.20	1.64 $\pm$ 0.44	1.40 $\pm$ 0.27	1.23 $\pm$ 0.21	1.44 $\pm$ 0.35
Хлориди mmol/l	117.0 $\pm$ 1.83	117.75 $\pm$ 2.87	117.18 $\pm$ 2.04	121.00	120.00	116.0 $\pm$ 6.73	117.5 $\pm$ 5.72	118.36 $\pm$ 6.83	117.71 $\pm$ 2.28	119.0 $\pm$ 2.83	118.17 $\pm$ 4.23
Амилаза U/l	45.85 $\pm$ 16.99	55.75 $\pm$ 5.74	48.18 $\pm$ 15.54	26.00	37.00	26.0 $\pm$ 10.86	27.83 $\pm$ 9.54	28.64 $\pm$ 14.87	35.0 $\pm$ 3.83	37.43 $\pm$ 9.61	33.49 $\pm$ 13.54

Факторите “Местонахождение”, “Подвид”, “Възраст” и взаимодействието на “Местонахождение” и “Възраст”, и “Подвид” и “Възраст” оказаха значително влияние на редица биохимични параметри (таблица 19). При мъжките ловни соколи статистически значимо влияние оказа факторът “Местонахождение” върху показателите албумин, калций, креатинин, магнезий, общ белтък и холестерол. Факторът “Подвид” значително повлия показателя LDH. Факторът “Възраст” оказа значителен ефект на биохимичния показател холестерол. Комбинацията от фактори “Местонахождение” и “Възраст” повлия значително нивата на билирубин и холестерол. А комбинацията от фактори “Подвид” и “Възраст” оказва влияние на показателя холестерол. Нашето изследване показва, че както и при женските птици, различните хранителни режими на двата подвида, разделени в два размножителни центъра, вероятно са повлияли на сравненията.

Табл. 19. Значимост на факторите “Местонахождение”, “Подвид” и “Възраст” върху стойностите на някои биохимични кръвни показатели на мъжки ловни соколи, гледани в плен. Значими взаимоотношения са с удебелен шрифт.

Мъжки	СС±СО (n=58)	Коригиран модел		Местонахожд ение		Подвид		Възраст		Местонахожде ние * Възраст		Подвид * Възраст	
		F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.	F	Sig.
Калций mmol/l	1.82±0.26	5.37	<0.001	9.70	<0.001	.97	0.32	1.01	0.36	1.81	0.18	0.77	0.46
Фосфор mmol/l	0.63±0.29	0.83	0.56	0.04	0.82	0.00	0.97	1.02	0.36	0.34	0.56	0.29	0.74
Магнезий mmol/l	1.00±0.16	18.43	<0.001	8.84	<0.001	1.37	0.24	0.179	0.83	1.18	0.28	2.63	0.08
Общ белтък g/l	39.34±4.88	7.60	<0.001	11.52	<0.001	3.19	0.08	1.59	0.21	0.10	0.74	0.55	0.57
Албумин g/l	12.67±1.88	8.44	<0.001	5.14	0.02	0.43	0.51	0.33	0.71	0.33	0.56	0.10	0.89
Глюкоза mmol/l	19.17±2.58	0.48	0.84	1.12	0.29	0.10	0.75	1.01	0.36	0.00	0.92	0.46	0.63
Общ билируби н μmol/l	15.72±6.03	3.44	<0.001	2.15	0.14	0.24	0.62	2.11	0.13	6.04	0.01	0.89	0.41
Креатини н μmol/l	38.88±4.95	6.14	<0.001	8.54	<0.001	1.29	0.26	1.40	0.25	0.52	0.47	0.41	0.66
Пикочна к-на mmol /l	0.75±0.32	5.74	<0.001	0.46	0.49	1.00	0.32	0.70	0.49	0.36	0.55	2.99	0.05
AST U/l	161.95±34.01	1.33	0.25	0.51	0.47	0.10	0.75	2.55	0.08	0.18	0.67	2.29	0.11
ALT U/l	79.95±17.15	1.04	0.41	0.11	0.73	0.08	0.76	0.33	0.71	0.00	0.96	0.30	0.73
ALP U/l	981.66±326.20	3.45	<0.001	0.08	0.77	0.11	0.73	2.51	0.09	0.72	0.39	2.43	0.09
LDH U/l	1548.79±345.06	2.13	0.05	0.75	0.38	4.06	0.04	0.50	0.60	3.21	0.07	0.51	0.60
CK U/l	631.55±212.80	4.91	<0.001	2.74	0.10	0.01	0.90	0.74	0.48	0.41	0.52	0.08	0.91
Холестер ол mmol/l	7.84±2.63	22.82	<0.001	14.67	<0.001	0.03	0.84	4.02	0.02	4.60	0.03	3.28	0.04
Триглице риди mmol/l	1.39±0.34	1.51	0.18	0.15	0.69	0.11	0.73	1.04	0.35	0.21	0.64	0.81	0.44
Хлориди mmol/l	117.81±3.86	0.44	0.86	1.05	0.31	0.09	0.76	0.42	0.65	0.08	0.77	1.00	0.37
Амилаза U/l	37.21±15.45	2.83	0.01	3.28	0.07	0.29	0.59	1.24	0.29	0.00	0.95	0.368	0.69

При сравнение на ловните соколи от двата размножителни центъра се наблюдават ясни разлики между стойностите за ALP, холестерол и СК. Стойностите на почти всички птици от СЦДЖ – Зелени Балкани бяха в нормалните референтни граници за вида, а стойностите на повечето соколи от ЦРХП бяха повишени (таблица 20). Нашето изследване показва, че разнообразната диета на ловните соколи в СЦДЖ – Зелени Балкани води до биохимични показатели в нормата, за разлика от диета, състояща се само от еднодневни пиленца.

Табл. 20. Сравнение на средните стойности на три биохимични кръвни показатели на ловни соколи, гледани в плен в два различни размножителни центъра в България.

	ALP U/l	Холестерол mmol/l	СК U/l
Референтни стойности	86 – 842 (Lierz, 2002)	3.43 – 7.53 (Lierz, 2002)	253.56 – 632.16 (Muller, 2009)
Соколи от СЦДЖ (n=31)	706.29	5.08	428.42
Соколи от ЦРХП (n=81)	1012.19	9.12	751.55

4.5. ГЕНЕТИКА

4.5.1. ОПРЕДЕЛЯНЕ НА ПОЛ

Резултатите от ДНК анализът на 26 ловни соколи показаха, че с изключение на една птица (с тегло 870 гр и тарзус 32 мм), оказала се мъжка след потвърждение от ДНК теста, останалите 25 са точно определени посредством измерване на тегло и тарзус.

4.5.2. АНАЛИЗ НА РОДИТЕЛСТВО НА СОКОЛИ ОТ ЦРХП И ЦХП

Резултатите от микросателитния анализ на родителство на три млади източни и пет млади западни ловни соколи от ЦРХП са представени в таблица 21.

Табл. 21. Микросателитен анализ на осем млади ловни соколи и предполагаемите им родители.

Code Falco cherrug	Labcode	Fp79	Fp13	Fp89	Fp31	Age 5	Age 7	SSR4 5	Fp34 7	SSR4 8	SSR6 3
Млади ловни соколи											
BG14C20PAP00 78	AVPT69 4145	148 152	98 100	119 119	143 143	159 162	202 208	146 146	137 137	135 145	243 243
BG14C20PAP00 79	AVPT69 4146	148 152	98 100	119 119	143 143	159 162	202 208	127 171	135 137	145 158	215 227
BG14C20PAP00 80	AVPT69 4147	148 152	98 100	119 119	143 143	162 162	202 202	146 171	137 137	135 164	215 243
BG14C20PAP00 83	AVPT69 4150	148 152	98 100	119 119	143 143	159 159	208 208	153 159	137 137	135 171	196 208
BG14C20PAP00 84	AVPT69 4151	148 152	98 98	119 119	143 143	159 159	208 208	142 159	137 137	115 161	196 219
BG14C20PAP00 85	AVPT69 4152	148 152	98 98	119 119	143 143	159 159	208 208	142 159	137 137	115 161	196 196
BG14C20PAP00 86	AVPT69 4153	148 152	98 98	119 119	143 143	159 159	208 208	153 159	135 137	115 161	196 196
BG14C20PAP00 87	AVPT69 4154	148 152	98 100	119 119	143 147	159 159	208 208	142 159	137 137	161 171	196 219
Предполагаеми родители											
CZ126556	AVPT69 4156	152 152	98 98	119 119	143 147	159 159	208 208	142 153	137 137	135 161	196 208
SkVG3601	AVPT69 4155	148 148	98 100	119 119	143 143	159 159	208 208	159 159	135 137	115 171	196 219
RUPS0130	AVPT69 4149	148 148	98 98	119 119	143 143	159 162	202 208	146 171	135 137	145 164	215 243
RUPS0142	AVPT69 4148	148 152	98 100	119 119	143 143	159 162	202 202	127 146	137 137	135 158	227 243

Резултатите дават основание да се счита, че ловните соколи RUPS0130 и RUPS0142 са родителите на ловните соколи

BG14C20PAP0078, BG14C20PAP0079, BG14C20PAP0080. Освен това може да се заключи, че ловните соколи BG14C20PAP0083, BG14C20PAP0084, BG14C20PAP0085, BG14C20PAP0086 и BG14C20PAP0087 са потомство на западните ловни соколи CZ126556 и SkVG3601 (МОСВ, 2020).

Резултатите от микросателитния анализ на родителство на два млади соколи скитници и един млад хибрид – сокол скитник x северен сокол от ЦХП са представени в таблица 22.

Табл. 22. Микросателитен анализ на два млади соколи скитници и един хибрид – сокол скитник x северен сокол, и предполагаемите им родители.

Code falcon	Labcode	Fp79	Fp13	Fp89	Fp31	Age5	Age7	SSR45	Fp347	SSR48	SSR63
Млад сокол скитник											
BG15C2021ANH027	AVPT719959	146 154	98 104	125 125	154 156	163 165	208 208	172 174	131 131	135 135	204 220
Предполагаеми родители											
110MIRAGE	AVPT719960	154 154	100 104	125 125	156 158	165 169	208 208	174 174	131 139	135 135	204 220
317MIRAGE	AVPT719961	146 152	98 98	125 125	154 156	163 169	208 208	172 174	131 131	131 135	204 208
Млад сокол скитник											
BG15C2021ANH021	AVPT719962	154 156	98 104	125 133	152 156	163 169	208 208	174 174	131 137	135 135	200 220
Предполагаеми родители											
110MIRAGE	AVPT719960	154 154	100 104	125 125	156 158	165 169	208 208	174 174	131 139	135 135	204 220
A2016006	AVPT719963	156 160	98 100	127 133	152 152	149 163	208 208	174 174	131 137	135 135	200 220
Млад сокол скитник x северен сокол											
BG15C2021ANH016	AVPT719964	149 164	98 100	117 131	143 156	163 163	208 208	126 138	139 141	132 152	204 224
Предполагаеми родители											
A155race-falcons	AVPT719965	149 149	98 98	117 121	143 143	163 163	208 208	117 138	141 141	152 165	192 224
A11G213	AVPT719966	156 164	100 104	125 131	156 158	163 169	208 208	126 174	131 139	132 132	200 204

Резултатите дават основание да се счита, че двойката 110MIRAGE и 317MIRAGE са родители на сокол BG15C2021ANH027, и двойката 110MIRAGE и A2016006 са родители на сокол BG15C2021ANH021. Освен това може да се заключи, че сокол BG15C2021ANH016 е потомство на соколи A155race-falcons и A11G213.

4.5.3. ГЕНЕТИЧНО РАЗНООБРАЗИЕ И РОДСТВЕНОСТ НА СОКОЛИ ОТ СЦДЖ – ЗЕЛЕНИ БАЛКАНИ

За целите на изследването беше избран един референтен геном. Това е структура на хромозомно ниво, получена за северен сокол в рамките на проект Vertebrate Genomes Project initiative (Bioproject PRJNA561988). Представява 25 хаплоидни хромозоми и плазмиди с обща дължина на секвенцията 1.2 гигабази и среден размер 49.8 милиона базови двойки хромозоми, вариращи от 126.9 до 0.4 милиона базови двойки. Референтната секвенция е съставена от 108 участъка, които са включват общо 4.6 милиона базови двойки. В резултат на цялостното геномно секвениране на пробите на 12 северни сокола бяха получени 260 GB чисти данни (средно 21.7 GB на индивид), които предоставиха средно 231 милиона прочитания на индивид, вариращи от 165 до 355 милиона прочитания на индивид (таблица 23). Процентът на дублиране е нисък, средно 1.0%, вариращ от 0.3 до 1.7%.

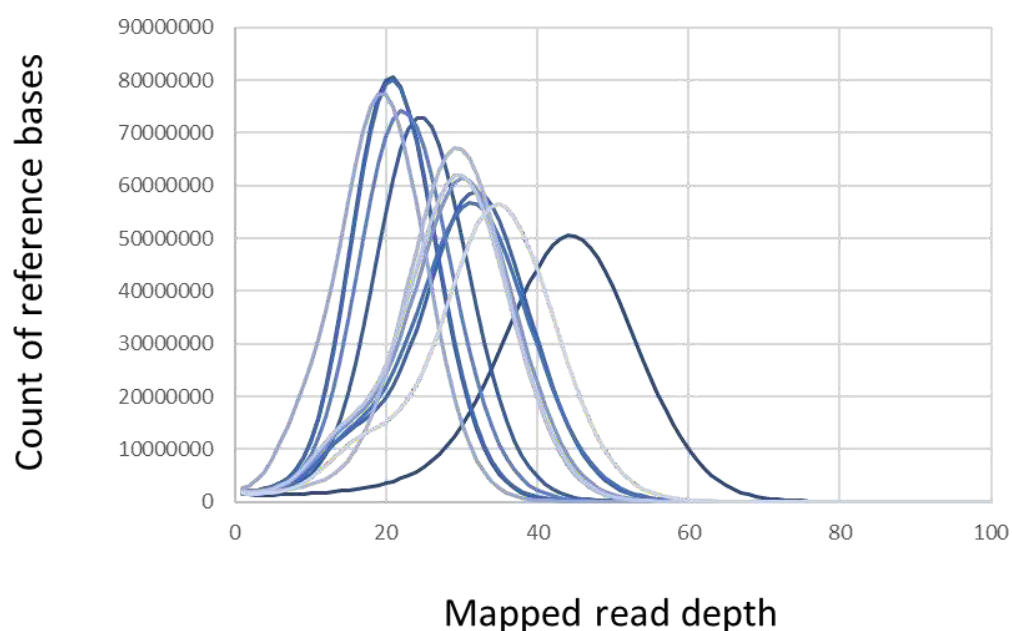
Табл. 23. Качество на секвенирането на 12те проби на ловни соколи преди и след изрязването и филтрирането, посредством програмата FASTP V0.20.0 (<https://github.com/engene/fastp>).

Individual ID	Raw reads	Size	Filtered reads	filtered reads (%)	Duplication rate	Insert size peak
0092	355,290,258	33.4 GB	355,160,964	3.64E-04	0.0152282	269
0103	174,086,976	16.5 GB	174,024,596	3.58E-04	0.0038	269
0149	208,120,172	19.8 GB	208,001,018	5.73E-04	0.0062	269
0155	255,429,480	24.3 GB	255,306,192	4.83E-04	0.0118	269
1542	174,721,138	16.1 GB	174,663,876	3.28E-04	0.0073	269
1543	254,042,750	23.1 GB	253,942,168	3.96E-04	0.0155	269
1544	185,516,958	17.1 GB	185,467,582	2.66E-04	0.0067	269
1546	241,417,820	22.7 GB	241,318,934	4.10E-04	0.0072	269
1754	164,998,882	15.7 GB	164,885,096	6.90E-04	0.0035	269
184	241,030,674	22.9 GB	240,921,062	4.55E-04	0.0153	269
319	237,942,550	22.3 GB	237,832,056	4.64E-04	0.0114	269
320	278,550,182	26.2 GB	278,419,226	4.70E-04	0.0174	269
Total	2,771,147,840	260.1 GB	2,769,942,770			

Като се вземе предвид пълният набор данни, дълбочината на секвенирането е с покритие средно около $28.1\times$ за всеки индивид и с 95% от референтните бази, в повечето случаи покрити повече от 9 пъти (таблица 24; фигура 10).

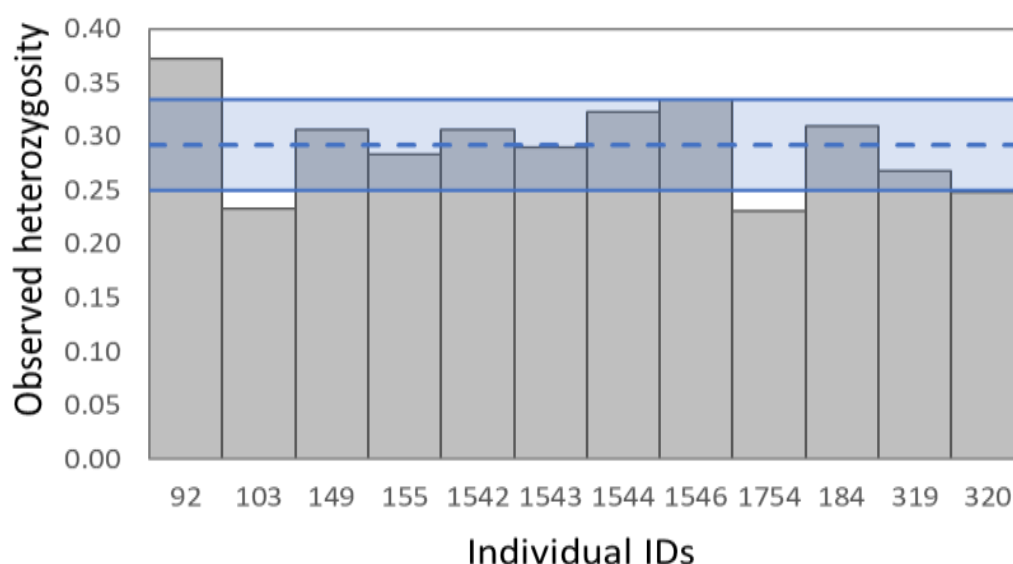
Табл. 24. Статистиката за картографиране, получена след приравняването на прочитанията на ловните соколи към референтната хромозомна секвенция на северния сокол. Налагането на секвенциите показва броя и процента на комплементарните сдвоявания с референтния геном.

Individual ID	Total reads	Mapped reads	% mapped reads	Mapped paired-end	%Mapped paired-end
0092A	355,635,683	354,311,958	99.63%	349,903,098	98.52%
0103A	174,292,918	173,545,178	99.57%	171,874,088	98.76%
0149A	208,354,172	207,173,630	99.43%	204,734,796	98.43%
0155A	255,673,112	254,723,148	99.63%	251,812,422	98.63%
1542A	174,935,440	174,149,259	99.55%	171,854,942	98.39%
1543A	254,349,330	253,383,348	99.62%	249,725,366	98.34%
1544A	185,748,451	185,000,530	99.60%	182,659,534	98.49%
1546A	241,724,700	240,849,092	99.64%	237,734,840	98.51%
1754A	165,204,993	164,557,856	99.61%	162,506,184	98.56%
184A	241,253,321	240,250,110	99.58%	237,704,994	98.67%
319A	238,206,967	237,297,258	99.62%	234,424,374	98.57%
320A	278,908,043	277,847,380	99.62%	274,189,792	98.48%
Total	231,190,594	230,257,396	99.59%	227,427,036	98.58%



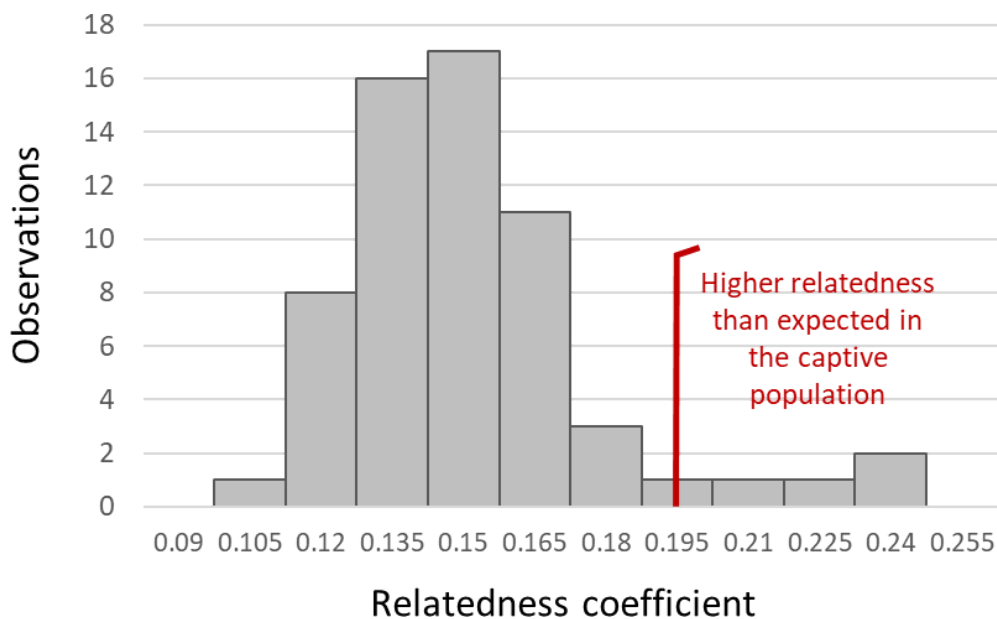
Фиг. 10. Разпределение на покритието на геномното секвениране на ловните соколи на отглежданата на закрито популация. Покритието е средно $28.1\times$ за всички проби и варира от $19\times$ до $44\times$.

Цялостното генетично разнообразие на пробите е $21.89 \times 10^{-5} \pm 6.77 \times 10^{-5}$ за нуклеотидно разнообразие (π) и 0.293 ± 0.042 за хетерозиготност. Някои индивиди като 0103 и 1754 показват по-ниска степен на генетично разнообразие, докато 092 е с по-висока степен на генетично разнообразие в сравнение с останалите проби (фигура 11).



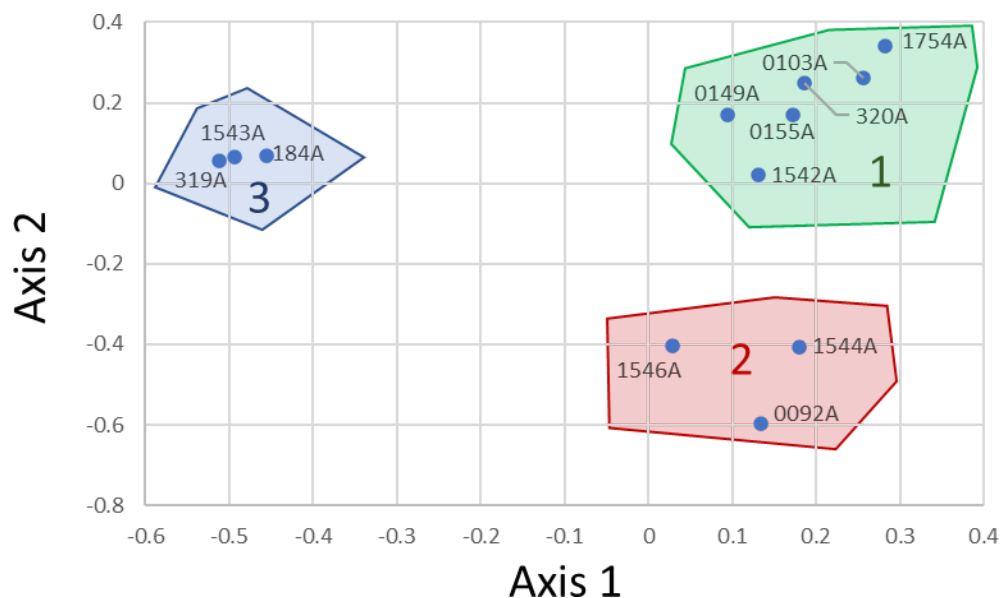
Фиг. 11. Генетично разнообразие на различните индивиди, измерено посредством наблюдаваната хетерозиготност. Средната наблюдавана хетерозиготност (и стандартното отклонение), изчислена за всички проби ($H_o = 0.293 \pm 0.042$) и е представена чрез хоризонтални линии и син цвят.

Честотното разпределение на коефициента на генетична обвързаност (r), показва, че след сравняване на ловните соколи по двойки, при някои от тях коефициентът е по-висок и насочващ към наличие на генетична връзка. (фигура 12). Средната стойност на коефициента на генетична свързаност за всички проби е 0.126 ± 0.089 и около 94% от сравненията по двойки са със стойност на свързаност под 0.2. Индивидите с висока степен на свързаност са 092, който има висока степен на свързаност с индивиди 1544 ($r = 0.243$) и 1546 ($r = 0.239$). Индивид 1543 също има висока степен на свързаност с индивиди 0184 ($r = 0.218$) и 0319 ($r = 0.205$).



Фиг. 12. Честота на разпределение на генетичната свързаност на 12-те проби. Няколко от сравнените по двойки птици показват висока степен на свързаност, насочваща към наличието на генетична връзка. Тези двойки включват индивиди 092, 1544 и 1546 и индивиди 1543, 184 и 319, като всички те имат стойност на генетична свързаност около 0.2 или по-висока.

Прилагайки анализа на основните компоненти върху набора от данни, се разграничават няколко основни групи (фигура 13). Всяка точка, изобразена върху фигурата, представлява генетичната проба на един индивид и неговия идентификатор, а разстоянието между точките съответства на степента на генетична близост. Когато два индивида са по-близко разположени един до друг, това означава, че са генетично по-близки, отколкото с други индивиди, които са разположени по-далеч на фигурата. Наблюдават се три основни групи. Най-открояващата се е група 3, която се състои от индивидите 0184, 0319 и 1543 и е раздалечена от другите две групи, спрямо разположението им върху първата ос. Група 1 и 2 се разграничават спрямо разположението им по втората ос.



Фиг. 13. Анализ на основните компоненти (PCA), илюстриращ генетичното разграничение на ловни соколи от размножителна група в СЦДЖ. Обособяват се три групи, изобразени с различни цветове.

Микросателитният анализ разпреди тестваните ловни соколи като членове на семейства/кльстъри. 30-те птици бяха групирани в 17 клъстъра, 11 от тях бяха представени само от един сокол, а шест – от два или повече, които има индикации да имат родствена връзка. Тази резултати са представени в таблица 25.

Табл. 25. Микросателитен анализ на 30 ловни соколи от размножителното звено в СИДЖ, показващ вероятност тези индивиди да са членове на семейство/клъстер (Prob (Inc.)) и вероятност други индивиди да не са членове на този клъстер/семейство (Prob (Exc.)).

	Prob (Inc.)	Prob (Exc.)	Член 1	Член 2	Член 3	Член 4	Член 5
1	1	0.5134	Барир				
2	0.9843	0.984	Ариел				
3	0.9969	0.5424	Плутто				
4	0.9844	0.0963	Орфей				
5	0.7411	0.141	Томас				
6	0.9328	0.9328	Билбо	Уилоу	Шайра	Томас II	
7	1	0.9115	Добри	Дракарис			
8	1	0.5252	Вълна	Пенда	Пламена	Гого	Арнолд
9	1	0.0937	Гръм				
10	0.9464	0.0953	Лучия	Боряна			
11	1	0.548	Пижо	ДиДжей			
12	1	0.8856	Лобелия	Фродо	Евридика	Арвен	
13	1	0.1665	Хеди				
14	1	0.1037	Бандит				
15	1	0.0475	Регал				
16	1	0.1086	Моул				
17	1	0.2344	Ромео				

Кръвните проби предоставиха геномни данни с добро качество и голям брой прочитания и ниска степен на дублиране. Дълбочината на секвенирането варира от 19× до 44×, а 95% от референтните бази бяха покрити повече от 9 пъти.

Анализите на генетичното разнообразие на различните индивиди показват, че някои индивиди имат по-ниско генетично разнообразие от останалите проби (103 и 1754 – Барир и Ариел), което може да предполага по-високо ниво на инбридинг. Освен това един индивид показва по-голямо генетично разнообразие от останалите (092 – Билбо).

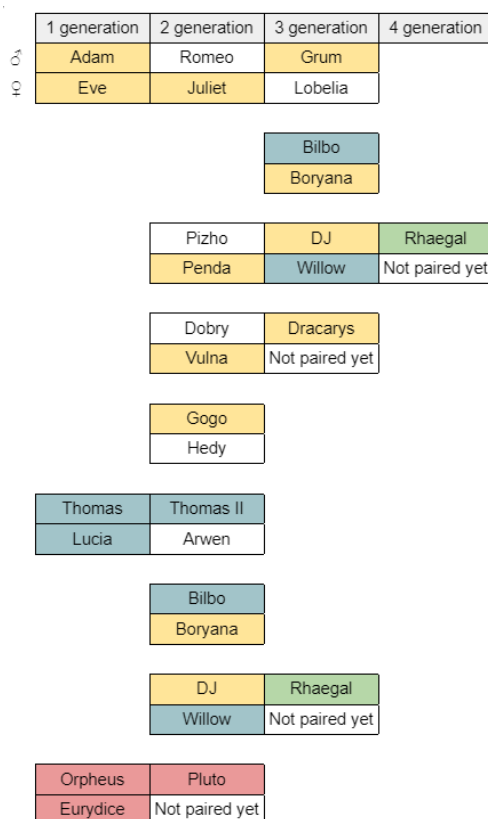
Анализът за свързаност показва, че няколко индивида измежду всички направени проби са по-тясно свързани от очакваното. Тези проби

включват индивида 1543 – Евридика, който изглежда е свързан с 184 – Фродо, и 319 – Арнолд, и индивида 092 – Билбо, за който е установено, че е свързан както с 1544 – Томас, така и с 1546 – Лучия. За Билбо е известно, че е потомък на Томас и Лучия.

Изследването на генетичните структури на индивидите от размножителната група ловни соколи показва някои генетични разграничения между индивидите. Не е напълно ясно дали тези различия се основават на генетични различия между диви индивиди или различия, свързани с генетичен дрейф, в резултат на размножителни стратегии в размножителната група в продължение на няколко поколения. Важно е да се отбележи, че две от трите генетични групи, наблюдавани при многоизмерния анализ, включват индивиди, за които се предполага, че имат родствена връзка след направения анализ. Тези резултати по-скоро предполагат генетична структура в следствие на размножителна стратегия, отколкото генетична структура, обособена в дивата природа.

Поради ниската численост на ловни соколи в дивата природа на България, птици от западния подвид (*Falco cherrug cherrug*) бяха транспортирани от размножителни центрове в Централна Европа. Размножителната група ловни соколи в СЦДЖ – Зелени Балкани се състои от три основополагащи двойки – Адам и Ева (А&Е), Орфей и Евридика (О&Е) и Томас и Лучия (Т&Л) (фигура 14). Потомството на А&Е и Т&Л е формирало останалите размножаващи се двойки. Пет от потомците на А&Е (Жулиета, Пенда, Пламена, Вълна, Гого) са формирали двойки с внесени от други центрове и потвърдени чрез тестове несвързани с тях индивиди. Два сокола от потомството на Т&Л (Билбо и Уилоу) са формирали двойки с „внуците“ на А&Е (Боряна и ДиДжей). От момента, в който ловните са в размножителното змено, всички последващи връзки на птиците от групата са сигурни. Чрез тестовете бяха разкрити четири нови предхождащи родствени връзки, като една от тях изискваше двойка да бъде

разделена като предпазна мярка (Т&Л). Някои от констатациите са противоречиви между двата направени ДНК теста, така че са необходими повече изследвания за по-категорични резултати.



Фиг. 14. Родословно дърво на основополагащите двойки ловни соколи и тяхното неосвободено потомство в размножителната програма на СЦДЖ.

Имаше редица близки роднини, които бяха известни от нашите родословни данни, но не се появиха в микросателитния анализ, което показва, че той не може да замени документалните данни за родословие, но може да ги допълни. Тестът показва правилна връзка между мъжки родител и потомството му (клъстер 11: Пижо & ДиДжей; клъстер 7: Добри & Дракарис), както и сигурни отношения брат – сестра (клъстер 6: Билбо, Уилоу & Томас II; клъстер 8: Вълна, Пенда, Пламена & Гого; клъстер 12: Лобелия, Фродо & Арвен). Наличието на потомство, отделено от единия си родител, може да се обясни с това, че са взели по-малко генетичен материал от съответния родител, също така това би обяснило защо някои братя и сестри също са разделени (Гръм & Боряна). Въпреки това

потомството на Томас и Лучия не е в клъстър с никой от тях, както и Регал, който не е заедно нито с Диджей, нито с Уилоу (неговите родители). Все пак те също така имат много ниска вероятност и да нямат близки роднини в извадката.

Разкритията, произтичащи от микросателитните резултати, включват три от соколите – Шайра, Арнолд и Евридика. Шайра беше конфискувана в България през 2020 г., далеч от единствената известна към тогавашния момент територия гнездова територия – предполага се, че е несвързана дива птица от друга линия и е включена в размножителната програма. По-вероятната версия, след като тестът я позиционира заедно с потомството на Т&Л, е че тя най-вероятно е била излюпена в плен в ЦРХП в Бургас, България, където се размножават ловни соколи с комерсиална цел и Томас и Лучия са пребивавали там тази година, продадена е на соколар и е била изпусната същата година. По същата логика Арнолд се оказва, че с голяма вероятност е потомството на Адам и Ева, каквито са другите птици от клъстър 8. Възможно е ловният сокол да е излюпен преди двойката да пристигне в СЦДЖ – Зелени Балкани. Това обаче не се потвърждава от геномното изследване, което, от друга страна, поставя Арнолд близо до Фродо и Евридика. Евридика идва от Чехия с непълно родословие, заедно с Лобелия, Фродо и Арвен. И двата теста в този случай изясниха нейния произход – те изглежда са от едни и същи родители, като Евридика е от по-ранно люпило, тъй като е по-стара от другите три птици, за които беше известно, че са от едно люпило от 2015 г.

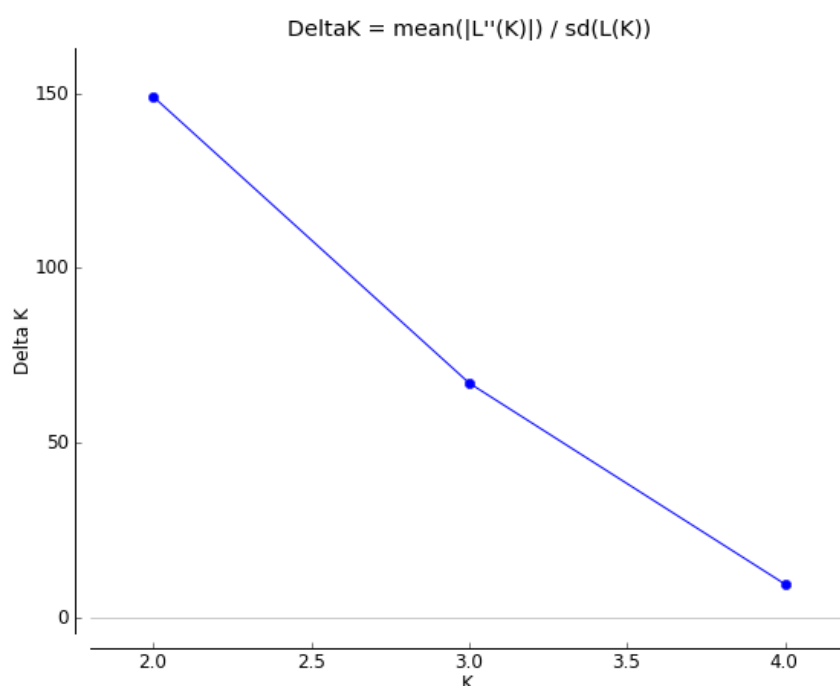
Чрез геномното изследване беше открито, че смятаните преди това за несвързани птици – Томас, с пръстен от Словакия, и Лучия, с чешки пръстен, са вероятно близкородствени. Те бяха формирани като двойка през 2014 г., като 4-годишни птици, и се оказаха много успешни, отглеждайки общо 81 малки. Повечето от тях са били отгледани, когато двойката е била в ЦРХП, където малките им са били продавани за целите

на соколарството. След тези резултати от 2023 г. те няма да образуват двойка за размножаване заедно в СЦДЖ – Зелени Балкани, за да не се пуска в природата тяхното потомство. Въпреки това, анализът показва, че Билбо, от тяхното потомство, има най-голямо генетично разнообразие от останалите 12 тествани соколи. Свързаността на Т&Л не е потвърдена от микросателитния тест. Целта на програмите за размножаване и освобождаване е да се запази първоначалното генетично разнообразие на популациите, отглеждани в плен (Ivy & Lacy, 2012; Ralls & Ballou, 2013). За това в бъдеще потомството на линията на А&Е ще се кръстосва с това от линията на О&Е, с цел създаване на допълнителни двойки за размножаване, които да произвеждат здрави, несвързани и генетично разнообразни птици за освобождаване в природата в България.

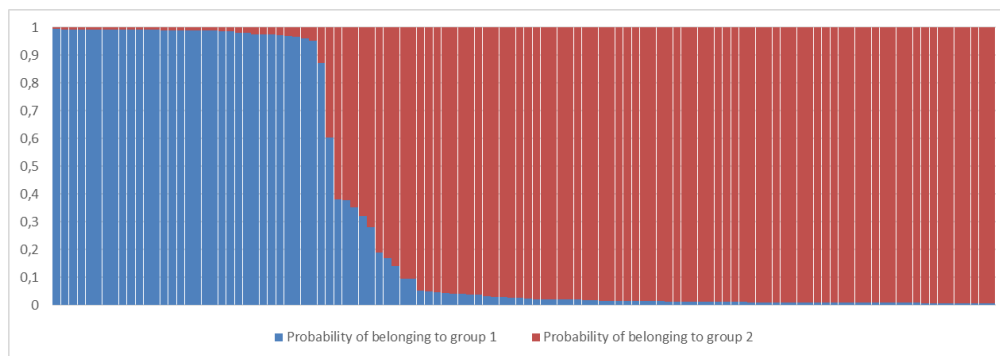
От 2011 г. в СЦДЖ – Зелени Балкани в Стара Загора, България има размножителна група от световно застрашения вид ловен сокол. Двойките са формирани въз основа на тяхното известно родословие или история на пристигане в центъра, така че тяхното потомство да бъде възможно най-генетично разнообразно. Потомството се освобождава с цел възстановяване популацията на вида в страната. Десет години по-късно, през 2021 г. и 2022 г., екипът на СЦДЖ – Зелени Балкани имаше възможността да извърши геномна оценка на кръвни проби, взети от 12 основополагащи птици, и да направи микросателитен анализ на 30 ловни соколи от програмата. Геномният анализ показва, че два от индивидите в размножителната група може да имат близка роднинска връзка и бяха взети предпазни мерки, за да се избегне размножаването им. Останалите резултати потвърдиха предишната информация и в допълнение разкриха неизвестни връзки между някои от ловните соколи с липсващи или непълни родословия, което показва, че изследванията могат и трябва да се използват в допълнение с прилежащите документи на птиците с цел по-добро генетично управление на тези и други видове, отглеждани в плен.

4.5.4. АНАЛИЗ НА ПОДВИДОВЕТЕ ЛОВЕН СОКОЛ

Сравнихме предполагаемите генетични групи с известния/очаквания произход на соколите. Structure Harvester посочи, че разделянето в два генетични клъстъра най-добре обяснява алелната вариация между пробите (фигура 15 – 16). От 68 ловни соколи с предполагаем източен произход - 66 бяха причислени към генетична група 2, а два изглежда имат смесена генетична структура. От 42 ловни соколи с предполагаем западен произход - 33 бяха приписани към генетична група 1, седем към генетична група 2 и два индивида изглежда имат смесени данни от генетични групи 1 и 2, с доминиращ подпис на група 2. Пет сигурни хибриди (вкл. един далматински х северен сокол) бяха оценени като смесени, с доминиращ генетичен клъстер 2.



Фиг. 15. Вероятността за броя на популациите беше изчислена от Structure Harvester, прилагайки метода на Evanno. Пик при $K = 2$ на графиката ΔK показва съществуването на две популации, което се наблюдава във всички независими симулации (10 цикъла).



Фиг. 16. Пропорции на привързаност към всеки от двата изведени клъстъра ($K = 2$) на отделните соколи, използвайки Structure за девет микросателитни локуса.

4.6. ИЗКУСТВЕНИ ГНЕЗДА

Към края на 2022 г. нито едно от 20-те изкуствени гнезда, монтирани на дървета край Стара Загора, не е използвано от ловни соколи. Теренни експерти са наблюдавали потвърдено гнездене на керкенец (*Falco tinnunculus*) и белоопашат мишелов, и вероятно гнездене на обикновен мишелов в три от гнездата.

Първият сезон, в който ловни соколи или други птици могат да загнездят в новопоставените гнездилици на стълбове от електропреносната мрежа ($n=15$), е в началото на 2024 г. Предстои да се обхождат и мониторират.

4.7. МАРКИРАНЕ. ЗАГНЕЗДИЛИ В СТРАНАТА ПТИЦИ

Маркираният през 2023-та женски ловен сокол беше качен в хак на 25-ти май и освободен от там на 4-ти юни 2023 г. От хакването се следи дали се предава информация коректно, а след 4-ти юни вече и маршрута на птицата. Тя обиколи общо пет държави и продължава да предава местоположения ежедневно.

Първата гнездяща в дивата природа на България двойка ловни соколи бе открита през 2018 г. по време на мониторинг на БДЗП. Тя гнезди в старо гнездо на белоопашат мишелов на електрически стълб. Благодарение

на поставяните пръстени се установи, че птиците са от програмата за реинтродукция – освободени през 2015 г. и маркирани с бели пръстени (мъжка – 5P, женска – 5E). През 2020 г. женската в двойката беше сменена с птица, освободена през 2016 г. със син пръстен (2L). Първият сезон – 2020 г., беше успешен за тях, тъй като те отгледаха 4 малки, но през втория – 2021 г., женската беше приета в СИДЖ – Зелени Балкани със счупено крило, изискващо ампутация. Малките бяха оставени рано в сезона (април месец) само с един родител, който да ги пази и да им осигурява храна, и съответно не бяха доотгледани. През 2022 г. бе регистрирана териториална двойка немаркирани с пръстени ловни соколи в същата локация, която показва размножително поведение, но не беше регистрирано успешно гнездене, вероятно поради младата възраст на женската птица.

В друга, втора територия, през 2022 г. бе открита нова гнездяща двойка, формирана от освободени през 2019 г. птици със сиви пръстени (мъжки с неидентифициран код и женска – 3S), които бяха отгледали едно малко. През февруари 2023 г. бе открито и гнездото на двойката, намиращо се на скали. През 2023 г. имаше гнездене във втората и в новооткритата тази година трета гнездова територия в България. В ГТ 1 в началото на годината млад ловен сокол – вероятно женски, най-много на две години и без пръстени беше наблюдаван да търси храна. Територията продължи да се наблюдава редовно през целия размножителен период като беше регистрирано, че белоопашат мишелов е заел гнездото. През тази година в ГТ 2 номерата на пръстените на двойката не бяха разчетени, но с голяма вероятност са същите, които се размножиха там предишния сезон. Четирите малки бяха наблюдавани за първи път през април и всички те бяха отгледани успешно до тяхното излитане през май месец. В ГТ 3 бе регистрирано, че мъжкият от двойката е първият ловен сокол, освободен като част от текущия проект (2020 – 2024), който се е завърнал и загнездил – той е с оранжев пръстен от 2020 г. – според наблюдения вероятно Н4. Все

още няма данни за пръстена на женската птица. На 4 юни малките бяха наблюдавани за първи път – от три яйца бяха забелязани две излюпени малки. През сезона в близост многократно е забелязван да ловува сокол, пуснат през 2022 г. – 4Z. Според данни от наблюденията, двойките от двете гнездови територии са отгледали общо не по-малко от 15 малки между 2018 г. и 2023 г. (таблица 26).

Табл. 26. Гнездови успех на двойките ловни соколи, гнездящи в природата в България през 2018 – 2023 г. (НД=няма данни).

Сезон	Местоположение	Пръстен ♂	Пръстен ♀	Яйца	Излюпени	Отгледани
2018	ГТ 1	5P	5E	3	3	2
2019	ГТ 1	5P	5E	3	3	2
2020	ГТ 1	5P	2L	5	5	4
2021	ГТ 1	5P	2L	3	3	0
2022	ГТ 1	Без	Без	0	0	0
2022	ГТ 2	НД	3S	НД	НД	1
2023	ГТ 2	Без	НД	НД	4	4
2023	ГТ 3	Н4	НД	3	2	2
					Общо	15

Маркирането на освободените ловни соколи позволи лесното и ефикасно наблюдение, и доведе до интересни открития, като факта, че ловните соколи от първата двойка, която гнезди успешно в дивата природа в България след 20 г., имат роднинска връзка. Двойката беше излюпила успешно общо 6 и отгледала общо 4 малки. Птиците произхождат от двойката Адам и Ева в СЦДЖ – Зелени Балкани, женската е потомък на дъщеря им Жулиета, а мъжкият – на другата дъщеря – Пенда.

В място за временно пребиваване се наблюдава постоянно присъствие на поне три различни ловни соколи през лятото на 2022 г. – млад немаркиран (вероятно излюпен през 2021 г.), излюпен 2020 г. (с оранжев пръстен Н4), и по-късно през сезона – един от пуснатите през

2022 г. със светлозелен пръстен. Отново една от последно освободените птици бе наблюдавана и край Карнобат от бърдуочър през август. Най-рано през първата си зима са били повторно регистрирани в България освободени като част от програмата ловни соколи. Относно престоя в района на хаковете след излитане на завърналите се соколи – всички, за които се знае тази информация, са стояли там около средно 44 дни (мин=20, макс=69). Впечатление прави, че дори и птици, които са се задържали по-малко от 40 дни, могат да се адаптират, да се завърнат в България и да се размножават успешно.

През 2020 г. бе направено кратко проучване на храната, употребявана от двойката ловни соколи в ГТ 1. Бяха събирани погадки и хранителни остатъци под гнездото. Резултатите са обобщени в таблица 27.

Табл. 27. Хранителни остатъци, индикиращи диетата на двойката ловни соколи в ГТ 1.

Дата на намиране	Вид	Брой	Вид остатъци
04.02.2020	<i>Columba livia forma domestica</i>	2	гръдни кости, пера
04.02.2020	<i>Mus</i> sp.	1	части от череп, козина
16.02.2020	<i>Columbiformes</i>	1	хумерус, пера, дребни кости и част от череп
02.05.2020	<i>Spermophilus citellus</i>	2	част от глава
02.05.2020	<i>Columba livia forma domestica</i>	1	кости от крайници, пера и гръбнак, пръстен (BULGARIA 2019, 03997)

5. ИЗВОДИ

1. Ниската численост и фрагментация на популацията на ловния сокол в Европа, както и особеността на вида за завръщане в наталната си територия да гнезди, води до заключението, че естествена реколонизация на вида у нас не е реалистична предвид липсата на потвърдени гнездящи двойки в началото на 21 век. Това налага пристъпването към реинтродукция.
2. Предвид неголямата популация на ловния сокол в Европа и статусът му на световно застрашен, размножаването в плен с цел освобождаване в природата се предпочита пред транслокацията на диви индивиди от съседните на България държави.
3. Направените изследвания за генетично разнообразие и родственоост на формираната размножителна група ловни соколи в СЦДЖ – Зелени Балкани подчертават важността на подходящото събиране на двойките и познаване родословието за осигуряване генетично разнообразие на освобождаваните в природата индивиди. Установява се, че една размножаваща се двойка с предполагаемо различен произход има близък такъв.
4. Генетичните анализи на ловни соколи от СЦДЖ – Зелени Балкани и ЦРХП индикират съществуването три отделни генетични групи (три евентуални подвида), за разлика от очакваното разделение на източни и западни ловни соколи, каквито са тестваните.
5. Изследваните 18 биохимични показатели на 31 ловни соколи от СЦДЖ – Зелени Балкани и на 81 от ЦРХП, и бяха сравнени. Забелязаха се различия, произтичащи от диетата в двата центъра – при неразнообразна такава се наблюдават стойности над нормата на някои от параметрите на соколите от ЦРХП – ALP, СК, холестерол.
6. Подхранването на младите освободени ловни соколи в района на хакване в продължение на четири месеца води до задържането им

там и припознаване на територията като отговаряща на нуждите им откъм хранителна база.

7. Специално разработената методика за маркиране на хакнати ловни соколи в България е ключова за наблюденията на освободените птици в района на хакинг по време на теренните дейности и мониторинг. Чрез нея се знае точно колко е продължил престоят на всяка една птица в района на освобождаване.
8. Всички размножили се в дивата природа ловни соколи в периода 2018 – 2023 са доказано чрез пръстените им реинтродуцирани птици. Това показва, че хакинг методът, приложен за първи път за реинтродукция на ловни соколи, е подходящ способ за връщането и загнезждането им в наталната територия. Забелязва се обаче че и пластмасовите, и металните пръстени могат да се счупят/отворят и паднат след време.
9. Положително идентифицираните повторно забелязани (след разпръскване от района на хакване) неразмножаващи се индивиди, допълнително потвърждават, че връщането в наталната територия се случва. Всички идентифицирани върнали се ловни соколи са стояли в района на хаковете средно 44 дни, с отклонения от 20 до 69 дни).
10. Поставянето на иновативни изкуствени гнезда с метална рамка на дървета за ловни соколи в България води до заключението, че няма достатъчно удачни в подходящите за вида територии единично стоящи дървета. Нуждата от гнездови възможности в и в близост до местата за освобождаване и гнездене на вида ще доведе до поставяне гнездилки на стълбове от електропреносната мрежа.

6. ПРЕПОРЪКИ

1. Препоръчват се генетични изследвания, които допълнително да оптимизират резултатите, индикиращи съществуването на три отделни генетични групи (три евентуални подвида), за разлика от очакваното разделение на източни и западни ловни соколи.
2. Препоръчват се допълнителни изследвания на биохимичните показатели на ловни соколи от двата подвида, гледани в едни и същи условия (в един размножителен център), за да може се заключи дали има разлики на ниво подвид.
3. Предложени са консервационни и образователни дейности, свързани с възстановяването и поддържането на потенциални ловни територии на вида – открити тревни местообитания, в и около местата за освобождаване на ловния сокол в България, с цел подпомагане хранителната база на бъдещата местна популация:
 - а Изкупуване или дългосрочно наемане на целеви частни или общински имоти в районите за освобождаване с цел да се гарантира опазването на открити тревни местообитания като част от ловните територии на птиците – посредством придобиване на съществуващи пасища или възстановяване на постоянно затревени площи чрез трансформирането на интензивно обработвани земеделски земи.
 - б Устойчиво управление и подобряване на агроекологичното състояние на съществуващи пасища, включващо: първоначално машинно почистване от захрастяване и окосяване на нежелана растителност; подобряване качеството на тревните местообитания чрез

подсяване на подходящи за паша растения; изграждане на система за управление на пашата чрез поставяне на електропастири; сондажи и изграждане на места за напояване на животни; изграждане на заслони и навеси като места за прикритие при летни горещини, зимни студове или като места за допълнително подхранване и съхраняване на комбиниран фураж, минерален фураж и каменна сол за пашуващите животни; залесяване с дъб, черна топола и полски ясен на подходящи места за пладнуване на пашуващи животни – интензивното земеделие е довело до липсата на такива дървета в и около обработваемите земи на много места в България.

- в Предоставяне на мъжки приплоди от устойчиви, подходящи за района пасищни породи говеда, овце, кози и биволи; контрол от страна на ветеринарномедицинския екип и зооинженерите на Сдружение “Зелени Балкани”, и животновъдни асоциации.
- г Изграждане на системи за дистанционен мониторинг на изпасването на земите и проследяване на биоразнообразието.
- д Създаване на грантова схема за субсидиране на животновъди в землищата на селата от непосредствена близост до района на реинтродукция на ловни соколи – Могила, Боздуганово и Малко Кадиево с цел повишаване на интереса към пасищното животновъдство.
- е Дейности по подобряване състоянието на потенциалната плячка в района – яребици, пъдпъдъци, лалугери: пилотно освобождаване на дивеч по иновативен метод чрез адаптационни волиери, изградени съвместно с

местните ловни сдружения – тази дейност допълнително ще стимулира съпричастност от страна на ловците и цели също така да снижи конфликта между ловци и хищни птици; рестокинг на лалугери в съществуващата колония до село Малко Кадиево.

- ж Проекти за опазване и съхранение на биоразнообразието, насочени към училища и читалища.
- з Образователни дейности с местните ловни дружинки: изработка на наръчници за ловни и неловни видове, за начин на лов и др.; изработка на ръководство за освобождаване на пернат дивеч чрез хакинг методология, постигайки по-голяма оцеляемост в природата – адаптиране, аклиматизиране и разпознаване на ландшафта на пернатия дивеч в съответния район за разселване; подхранване на птиците след освобождаването им в съответния район.
- и Образователни дейности с гълъбари: промотиране на методика за тренировъчни полети на гълъбите, при която първо се освобождават обикновени гълъби, които да са потенциална жертва и така предпазват от атака породисти гълъби, представляващи специален стопански интерес за гълъбарите; изграждане на гълъбарници в района на откритите ловни територии, далеч от селищата, които да привличат хищните птици и така да ги държат на разстояние от населените места.
- й Образователни дейности с местни фермери и животновъди на тема биоземеделие и екстензивно животновъдство. Годишно отбелязване на Фестивал на ловния сокол в село Малко Кадиево.

7. ПРИНОСИ

Приноси с оригинален характер

1. Описани са спецификите на размножаването в плен на ловни соколи, за първи път извършени в България с цел реинтродукция на вида в страната.
2. Описан е методът хакинг, използван за първи път за целите на реинтродукция на ловни соколи в природата.
3. Представено е конкретно хранително меню и методика на хранене на ловни соколи *ex situ* и *in situ* – в размножителното звено и в района на хакване в България.
4. Изследвани са 18 биохимични показатели на 31 ловни соколи от СЦДЖ – Зелени Балкани и на 81 от ЦРХП, и за първи път са сравнени стойностите на два подвида ловни соколи.
5. Направени са изследвания за генетично разнообразие и родственоост на размножителната група ловни соколи в СЦДЖ – Зелени Балкани.
6. Направени са анализи на птици от СЦДЖ – Зелени Балкани и ЦРХП, сравнявайки двата подвида ловни соколи на генетично ниво.
7. Описана е използваната методика за маркиране на хакнати ловни соколи в България, създадена за целите на реинтродукцията и улесняване наблюденията на освободените птици – в района на хакинг по време на теренните дейности и мониторинг, и на повторно завърнали се загнездили птици.
8. Описани са нуждите на ловните соколи откъм хабитат и места за гнездене във връзка със спецификите по изграждане и поставяне на иновативни изкуствени гнезда с метална рамка на дървета за ловни соколи в България.
9. Описани са първите потвърдени гнездящи двойки ловни соколи (формирани от реинтродуцирани птици) след 20 години липса на доказани такива в България.

10. Описани са и други идентифицирани повторно забелязани (след разпръскване от района на хакване) индивиди.

Приноси с потвърдителен характер

1. Нашите резултати потвърждават, че ловните соколи, задържали се средно 41 дни в наталната територия, се импринтират към нея и могат да се завърнат при достигане на полова зрялост.
2. Приложеното разнообразно хранително меню за ловни соколи доведе до поддържането на здрава размножителна група птици с биохимични показатели в норма.

8. НАУЧНИ ПУБЛИКАЦИИ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИЯТА

Petrov R, Andonova Y, Gancheva Y, Klisurov I. (2021). Implications of captive breeding for the reintroduction of the Saker Falcon (*Falco cherrug*) in Bulgaria. AGRICULTURAL SCIENCE AND TECHNOLOGY, VOL. 13, No 3, pp 300-306

Petrov R, Lazarova I, Yarkov D, Andonova Y, Dimitrova S. (2023). First Biochemical Comparison Between Saker Falcon Subspecies *Falco cherrug cherrug* and *Falco cherrug milvipes*. Journal of Raptor Research; doi: <https://doi.org/10.3356/JRR-22-28>

Petrov R, Hoareau T, Lesobre L, Andonova Y, Yarkov D, Chakarov N. (2023). Genetic diversity and relatedness amongst captive saker falcons (*Falco cherrug*) in the Green Balkans' Wildlife Rehabilitation and Breeding Centre in Bulgaria. Biodiversity Data Journal 11: e105863. <https://doi.org/10.3897/BDJ.11.e105863>

Petrov R, Andonova Y, Yarkov D, Dicheva A. (2022). Diets for captive breeding and hacking of saker falcons (*Falco cherrug*) in Bulgaria. - Agricultural Science and Technology 14(4): 23-29. DOI: 10.15547/ast.2022.04.045

Daskalova G, Shurulinkov P, Klisurov I, Angelov I, Demerdzhiev D, **Petrov R**. Observations on the behavior of the saker falcon (*Falco cherrug*) breeding in Bulgaria. (in press) Travaux du Muséum National d'Histoire Naturelle "Grigore Antipa"

9. РЕЗЮМЕ

Една от най-силно застрашените от изчезване грабливи птици у нас е ловният сокол (*Falco cherrug*). Понастоящем видът е е класифициран като критично застрашен в Червената книга на Република България. Поради географското си положение, България е страна с ключово значение за опазването на вида на Балканите. У нас е стартирана и първата в света програма за реинтродукция на ловния сокол, след като бе регистриран значителен спад на гнездящата популация в страната. Постигането на общата цел за устойчивост на новата популация зависи от набор от фактори, включително биология и екология на вида, възможност за адаптация и динамика на популацията. Генетични съображения относно разнообразието на бъдещата популация следва да бъдат важна част от стратегията за реинтродукция. Увеличаването на генетичното разнообразие чрез използване на индивиди от богат набор изходни популации стимулира адаптивния потенциал и подобрява установяването и устойчивостта на новите популации. Ветеринарните лекари могат да осигурят нужните експертни познания и опит, които да допринесат към усилията за опазване на дивата природа по редица осезаеми начини, включително чрез генетичен мониторинг. Целта на настоящото проучване е да се извърши генетичен анализ на намалената под критичния минимум гнездяща популация на ловния сокол с оглед неговото опазване от изчезване и да се приложат съвременни научни методи за възстановяването на вида в България.

10. SUMMARY

One of the most endangered birds of prey in Bulgaria is the Saker Falcon (*Falco cherrug*). Currently, the species is classified as critically endangered in the Red Data Book of the Republic of Bulgaria. Due to its geographical position, Bulgaria is a country of key importance for the conservation of the species in the Balkans. The world's first Saker Falcon reintroduction programme was launched in our country after a significant decline in the local breeding population of the species was registered. Achieving a sustainable wild population depends on considering a range of factors, including the species' biology and ecology, adaptability and population dynamics. Genetic considerations regarding the diversity of the future population should be an important part of the reintroduction strategy. Increasing genetic diversity by using individuals from a rich set of source populations stimulates the adaptive potential and improves the establishment and persistence of new populations. Veterinary physicians can provide the necessary expertise and experience to contribute to wildlife conservation efforts in a number of tangible ways, including through genetic monitoring. The purpose of the present study is to carry out genetic analyses of the breeding population of the Saker Falcon which was reduced below the critical minimum, and to apply modern scientific methods for the recovery of the species in Bulgaria.