

Monitoring výskytu druhu *Cladonia stellaris* v NP Šumava v letech 2020–2023

Monitoring of *Cladonia stellaris* in the Šumava National Park in years 2020–2023

Jana Steinová*, Milan Zuna, Yuliana Leshchenko & Eliška Konečná

Přírodovědecká fakulta, Univerzita Karlova, Benátská 2, CZ-12801 Praha, Česká republika

*jana.steinova@natur.cuni.com

Abstract

Cladonia stellaris represents a rare relict boreal aspect of the Czech lichen flora. This reindeer lichen is one of the critically endangered lichen species of the Czech Republic and the main factors threatening its occurrence in our territory in the future include habitat disturbance and climate change. Between 2020 and 2023, monitoring of the status of the six known localities of this species in the Šumava National Park was carried out, during which ten permanent monitoring plots were established at these localities, where climate sensors recording temperature and relative humidity were placed. The state of each permanent monitored plots was photographed annually. In this contribution, we present the results of this monitoring after the first three years of its duration. The boulder screes at Turnerova chata, the former Hálkova chata and Buzošná represent the richest localities of *C. stellaris* in the Šumava NP and in the Czech Republic. A significant decline of *C. stellaris* was observed in two permanently monitored plots (more than 45% compared to the initial status), while in other plots the status can be assessed as stable or even an increase in cover was observed. Monitoring is planned for a total period of ten years.

Key words: Bohemian Forest, conservation, monitoring, reindeer lichens, threatened lichens

ÚVOD

Dutohlávka horská (*Cladonia stellaris*) je v České republice velmi vzácným druhem lišejníku (dle práce LIŠKA & PALICE 2010 spadá do kategorie ohrožení CR). Je pravděpodobně nejzastupitelnějším zástupcem skupiny tzv. sobích dutohlávek, které v arktických a subarktických oblastech tvoří zásadní složku zimní potravy sobů (např. MCMULLIN & RAPAI 2020). Vyznačuje se velice nápadnou morfologií tvořící typické hlavičky. Díky svým dekorativním vlastnostem je tento lišejník v severských oblastech dodnes sbírán a používán ke zdobení hrobů, květináčů, do věnců, či jako izolace do prostoru mezi okny (AHTI et al. 2013; Obr. 1). Mimo to se používá v architektonických modelech, kde představuje zmenšeniny stromů. Na našem území je v posledních přibližně deseti až patnácti letech využívána také v nákupních centrech a restauracích, kde její obarvené stélky bývají umísťovány do vertikálních vitrín. V minulosti byl tento druh sbírán pro dekorativní účely i na území České republiky. Maloch

z oblasti Brd popisuje sběr a využití *C. stellaris* do věnců v období kolem Dušiček a uvádí, že aby byl druh uchráněn před vyhubením, byl přesunut na „bezpečnější místo“ (= pravděpodobně méně přístupnou lokalitu) (MALOCH 1913).



Obr. 1. Nahoře: Bohaté porosty druhu *Cladonia stellaris*, Buzošná; vlevo dole: využití *C. stellaris* do ozdobných věnců na hroby (Norsko), vpravo dole: prodej stélek *C. stellaris* pro dekorativní využití (Švédsko), foto: J. Steinová.

Fig. 1. Above: Rich stands of *Cladonia stellaris*, Buzošná; bottom left: use of *C. stellaris* in decorative wreaths for graves (Norway), bottom right: sale of *C. stellaris* stems for decorative use (Sweden), photo: J. Steinová.

Morfologicky je tento druh jen velmi těžko zaměnitelný díky tvorbě „květákovitých“ hlaviček. Podécia obvykle dosahují výšky až 5–13 cm. Lišejník se rozmnožuje především vegetativně fragmentací stélky a pohlavní rozmnožování pomocí askospor je považováno za velmi vzácné (YARRANTON 1975). Dutohlávka horská obsahuje obvykle kyseliny isousnovou, usnovou (dodávající lišejníku žlutavou barvu) a perlatolovou (způsobující UV + reakci); poslední uvedená však může příležitostně chybět (AHTI et al. 2013).

Tento druh je široce rozšířen v boreálních oblastech v severní Eurasii a Americe. V Evropě se hojně vyskytuje ve Skandinávii (AHTI et al. 2013). Jeho výskyt okrajově zasahuje i do temperátních oblastí (především hor). Ve střední Evropě je druh považován za glaciální relikv (MALOCH 1913, DÍTĚ et al. 2018). *Cladonia stellaris* je druhem typickým pro sukcesně pokročilá stádia vegetace a je velmi citlivá k disturbancím (YARRANTON 1975, AHTI et al. 2013, ALONSO-GARCÍA et al. 2021). V České republice roste vzácně na sutích, v reliktních borech a rašeliníštích. Ve srovnání s historickými údaji je na našem území pozorován dramatický pokles výskytu tohoto druhu a se udává, že vymizel z 80–90 % svých původních lokalit (MALÍČEK et al. 2011). Předpokládá se, že hlavními příčinami tohoto úbytku jsou mizení vhodných stanovišť, sběr stélek a klimatické změny (MALÍČEK et al. 2023).

Recentně se tento druh v České republice vyskytuje přibližně na dvaceti pěti lokalitách, přičemž nejbohatší populace se vyskytují na Šumavě, odkud je v současné době potvrzen výskyt na osmi lokalitách. Jedná se o následující lokality: suť u Turnerovy chaty, suť u bývalé Hálkovy chaty, Rejštejn, Šafářův vršek – suť Buzošná, suť u Stifterova památníku, Mrtvý luh, kar Plešného jezera a Horská Kvilda nedaleko Hamerského potoka. Na dvou posledně uvedených lokalitách byl druh objeven až v letech 2021 a 2023 (L. SYROVÁTKOVÁ a F. BOUDA – os. sdělení). V případě karu Plešného jezera jde o potvrzení nálezů Zdeňka Paliceho z devadesátých let minulého století.

Cílem této studie bylo detailně zmonitorovat známé lokality druhu *Cladonia stellaris* na Šumavě, vybrat a vytyčit trvalé monitorovací plochy na těchto lokalitách, a dlouhodobě (v intervalu 1–2krát do roka) na nich sledovat změny abundance tohoto druhu. Paralelně byly na každé lokalitě pomocí klimatických čidel sledovány relevantní klimatické parametry: teplota a relativní vlhkost vzduchu. Nastavení takového monitoringu umožní do budoucna predikovat případné změny výskytu tohoto druhu (a dalších zástupců boreální lichenoflóry) na našem území a stanovit jejich příčiny.

MATERIÁL A METODIKA

Výběr lokalit

V rámci této studie proběhl monitoring druhu *Cladonia stellaris* celkem na šesti lokalitách (Tabulka 1). V době začátku studie (podzim 2020) se jednalo o všechny tou dobou známé lokality tohoto druhu na Šumavě. Lokality byly zvoleny na základě dosavadního monitoringu tohoto druhu v rámci projektu „Monitoring a mapování vybraných druhů rostlin a živočichů a inventarizace maloplošných zvláště chráněných území v národně významných územích v České republice“ (CZ.05.4.27/0.0/0.0/17_078/0005239). Další lokality byly vytipovány ve spolupráci s kolegy lichenology F. Boudou a Z. Palicem.

Tabulka 1. Umístění klimatických čidel a trvale monitorovaných ploch druhu *C. stellaris*.
Table 1. Location of climate loggers and permanently monitored plots of *C. stellaris*.

Čidlo č. / Logger n.	Lokalita / Locality	GPS souřadnice / GPS coordinates	Nadmořská výška / Altitude
1	suť u Turnerovy chaty	49.0840647N, 13.5110272E	785 m
2	suť u Turnerovy chaty	49.0841833N, 13.5112289E	800 m
3	suť u Turnerovy chaty	49.0846294N, 13.5109167E	823 m
4	suť u Turnerovy chaty	49.0847275N, 13.5113917E	835 m
5	suť u bývalé Hálkovy chaty	49.0790392N, 13.5103531E	835 m
6	Rejštejn	49.1355333N, 13.5376914E	648 m
7	Šafářův vršek - suť Bužošná	49.1065628N, 13.5863078E	803 m
8	Šafářův vršek - suť Bužošná	49.1064811N, 13.5848951E	795 m
9	u Stifterova památníku	48.7788056N, 13.8540278E	1320 m
10	Mrtvý luh	48.8711417N, 13.8738478E	738 m

Získání klimatických dat

Pro dlouhodobý monitoring teploty a relativní vlhkosti byla použita čidla Hobo U23 Pro V2, (<https://www.bmc.de/U23-001>). Přesné umístění jednotlivých čidel je zaznamenáno v Tabulce 1. Čidla byla umístěna přibližně 5–10 cm nad zemí, tak aby zaznamenávané hodnoty odpovídaly poměrům panujícím v nejbližším okolí stélek druhu *Cladonia stellaris*. Čidla byla ve většině případů umístěna v jednom z rohů trvale monitorovací plochy (viz dále), tak aby se podle něj dala orientovat monitorovací mřížka. Při výběru místa umístění čidla byl důraz kladen na co největší blízkost stélek *C. stellaris*.

Instalace monitorovacích čidel proběhla ve dnech 9. 10. 2020–12. 10. 2020. Na suti u Turnerovy chaty byla umístěna čtyři čidla tak, aby vytvořila výškový gradient (čidla 1–4; v rozmezí 785 až 835 m n. m.). Rovněž na Šafářově vršku byla umístěna dvě čidla přibližně ve vzdálenosti 100 m od sebe (čidla 7 a 8). Na ostatních lokalitách bylo umístěno vždy jedno čidlo. Před samotnou instalací bylo provedeno „slepé“ měření všech použitých čidel za stejných podmínek pro porovnání přesnosti a případných rozdílů jednotlivých čidel.

S ohledem na minimální zásah do přirozených podmínek a ochranu okolního prostředí byl využit systém instalace stanic s možností snadné demontáže. Do horniny byly navrtány nerezové natloukací kotvy (12/10 mm), do kterých byl zašroubován držák čidla v ochranném pouzdru, pro mechanickou ochranu senzoru a minimalizaci ovlivnění měření teploty způsobenou vlivem přímého oslunění (Obr. 1). Po instalaci byl zahájen záznam hodnot relativní vlhkosti (%) a teploty (°C) s intervalem záznamu 30 min. Nastavení dataloggeru a stahování dat je zajištěno pomocí Optic USB Base Station (BASE-U-4).

Další návštěvy lokalit proběhly vždy v září v letech 2021, 2022 a 2023. V průběhu těchto návštěv byl zkontrolován stav všech měřicích zařízení a zároveň byla z těchto zařízení stažena veškerá dosud získaná data pomocí Optic USB Base Station (Obr. 2).

Pro práci s naměřenými daty byl nejprve využíván software HOBOWare. Následně byl pro vizualizaci dat použit pracovní prostor Tableau Public (BATT et al. 2020).

Monitoring stavu populací *Cladonia stellaris* na trvale monitorovaných plochách

U každého čidla byla vytyčena trvalá monitorovací plocha (TMP) ve tvaru čtverce o velikosti 1×1 m. Jako jeden z rohových bodů sloužilo čidlo samotné (s výjimkou TMP u čidla č. 9, kde je čidlo umístěno v polovině hrany TMP), další vytyčující bod byl označen (např. vyvrtáním do skály, zatlučením kolíku atd.). Na monitoring stavu druhu *Cladonia stellaris* byla využívána monitorovací mřížka o velikosti 1×1 m s vnitřním členěním po 10×10 cm. Každá TMP byla s mřížkou opakovaně vyfotografována, zachyceny byly i detaily plochy pro pozdější zpřesnění výsledků. Zároveň byl na lokalitě vyhotoven ruční náčrt TMP, kde byla zachycena jednak pozice druhu *C. stellaris* v TMP a dále body, o které se mřížka opírala. Na TMP byly dále zaznamenávány i další druhy lišejníků (s důrazem na dutohlávky) a rostlin.

Fotodokumentace TMP byla prováděna pomocí digitálního fotoaparátu Olympus TG-6. Při fotografování byl kladen důraz na paralelní orientaci fotoaparátu s monitorovací mřížkou, aby nedocházelo k optickému zkreslení rastru a tím ovlivnění následného výpočtu plochy (Obr. 3).

Získané fotografie byly následně zpracovány v programu ImageJ (SCHNEIDER et al. 2012). Jednotlivé stélky druhu *Cladonia stellaris* byly ručně orámovány a označeny jako polygony



Obr. 2. Vlevo: umístění klimatického čidla Hobo v ochranném pouzdru u stélek *Cladonia stellaris*. Vpravo: umístění monitorovací mřížky (Buzošná, čidlo č. 8), foto: M. Zuna.

Fig. 2. Left: placement of the Hobo climate sensor in the protection case near *Cladonia stellaris* thalli. Right: installation of the monitoring grid (Buzošná, logger 8), photo: M. Zuna.

(Obr. 5). Stejně tak byla i vyfotografovaná snímková mřížka o rozměrech 1×1 m orámována v programu jako polygon. Program následně v pixelech obsahy všech polygonů, tedy ploch pokrytých druhem *C. stellaris* a zároveň obsah snímková mřížky v každé fotografii. Plocha stélek *C. stellaris* byla následně vztažena k ploše mřížky, tak aby byl minimalizován vliv náklonu fotografií.



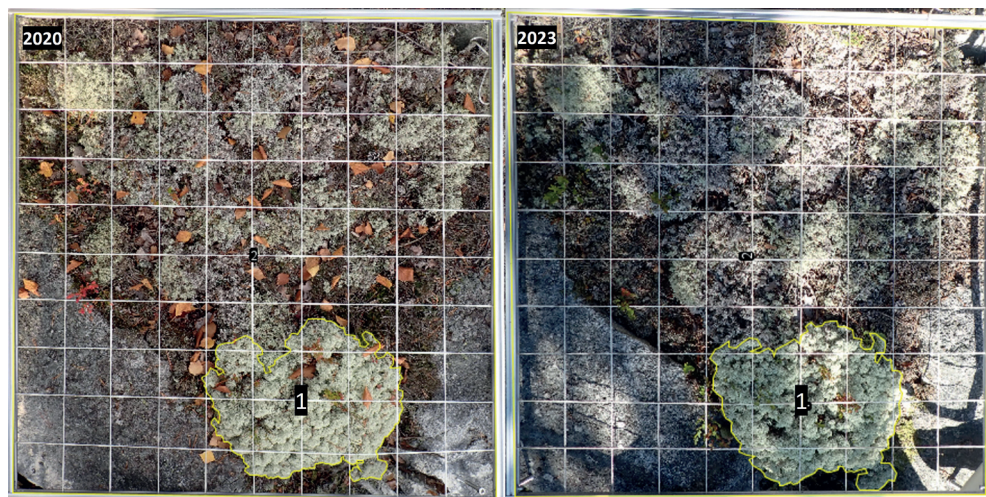
Obr. 3. Stahování dat pomocí Optic USB Base Station (BASE-U-4), foto: M. Zuna.

Fig. 3. Data download using Optic USB Base Station (BASE-U-4), photo: M. Zuna.



Obr. 4. Fotografování TMP s přesnou paralelní projekcí s monitorovací mřížkou, foto: M. Zuna.

Fig. 4. Photographing a permanent monitored plot with a precise parallel projection with a monitoring grid, photo: M. Zuna.



Obr. 5. Příklad značení polygonů (žlutá linie) – TMP č. 2, foto: M. Zuna.

Fig. 5. Example of polygon marking (yellow line) – permanent monitored plot No. 2, photo: M. Zuna.

VÝSLEDKY

Celkový stav druhu *Cladonia stellaris* na jednotlivých lokalitách

Suť za Turnerovou chatou – Druh byl odsud udáván historicky (HILITZER 1924, MALOCH 1936, MIKYŠKA 1964). Jedná se o velmi bohatou lokalitu tohoto druhu. *Cladonia stellaris* je zde lokálně hojná, těžiště výskytu je ve spodní polovině suti. Přítomny stélky různé velikostí, vitalita populace je vysoká.

Doprovodné druhy dutohlávek: *Cladonia amaurocrea*, *C. arbuscula*, *C. chlorophaea*, *C. deformis*, *C. digitata*, *C. floerkeana*, *C. gracilis*, *C. macilenta*, *C. macrophylla*, *C. pleurota*, *C. pyxidata*, *C. squamosa*, *C. straminea*, *C. stygia*.

Suť u bývalé Hálkovy chaty – Jedná se o velmi bohatou lokalitu, na které byl druh zaznamenán již v minulosti např. Wirtem a Heklau, či O. Peksou (PEKSA 2003). Ve srovnání s nedalekou lokalitou u Turnerovy chaty je však historických údajů k dispozici výrazně méně, což je pravděpodobně dáno horší přístupností lokality. Zdejší populace druhu je velmi vitální. Na podzim roku 2023 bylo v okolí zaznamenáno napadení smrků lýkožroutem smrkovým, proto je do budoucna žádoucí stav druhu zde detailně monitorovat.

Doprovodné druhy dutohlávek (v okolí TMP): *Cladonia amaurocraea*, *C. arbuscula*, *C. digitata*, *C. gracilis*, *C. macrophylla*, *C. pleurota*, *C. pyxidata*, *C. rangiferina*, *C. squamosa*, *C. stygia*, *C. sulphurina*.

Rejštejn – Tuto lokalitu objevil F. Bouda v rámci své diplomové práce (BOUDA 2009). Lokalita je v této práci označena jako „Nad Losenicí“. Jedná se o reliktní bor nad soutokem Losenice a Zlatého potoka. *Cladonia stellaris* zde překvapivě nebyla objevena na otevřených skalních výchozech s jinak bohatou vegetací keříčkovitých lišejníků, avšak na (pro ČR) poměrně netypickém lesním stanovišti (byť nepříliš zapojeném). Vyskytují se zde pouze rozptýleně jednotlivé drobné „bochánky“ a lišejník zde tvoří větší stélky. Lišejník byl nalezen v transektu o velikosti ca. 15×5 m, kde bylo zjištěno ca. 20–30 velmi drobných stélek (pouze jednotlivé „hlavičky“ do velikosti max. 4×3 cm). Celkem tvoří plochu 100–200 cm².

Doprovodné druhy dutohlávek (v okolí TMP): *Cladonia arbuscula*, *C. coniocraea*, *C. chlorophaea* gr., *C. macilenta*, *C. pleurota*, *C. rangiferina*, *C. squamosa*, *C. uncialis*, *C. stygia*, *C. sulphurina*.

Šafářův vršek, Buzošná – Ačkoliv se jedná o bohatou lokalitu, tak výskyt *C. stellaris* z této suti byl publikován teprve poměrně nedávno (MALÍČEK et al. 2011). Druh je rozšířený především ve spodních částech suti, v horních částech nebyl jeho výskyt pozorován. Vitalita stélek je vysoká, některé tvoří porosty blížící se velikosti až 1 m (Obr. 1). *Cladonia stellaris* byla v minulosti udávána i z nedalekého Obřího hradu (ALBRECHT 1982), kde však při současném průzkumu potvrzena nebyla. Navštíveny byly suť jak na severní straně Obřího hradu (tj. protější straně údolí než je bohatá lokalita Buzošná) i na jihovýchodní straně. Suť zde jsou různorodé (velikostně, orientací i mírou zalesnění) a v jinak optimálním stavu bez rušivých prvků. Ačkoliv druh z lokality potvrzen nebyl, je možné, že zde menší populace na skrytém místě přežívá. František Bouda zaznamenal nedaleko Obřího hradu další lokalitu *C. stellaris*, která leží za hranicemi národního parku

na protilehlém svahu Losenice (49.1075528N, 13.5952553E; F. BOUDA – os. sdělení).

Doprovodné druhy dutohlávek (v okolí TMP): *Cladonia amaurocraea*, *C. arbuscula*, *C. chlorophaea*, *C. deformis*, *C. floerkeana*, *C. luteoalba*, *C. macilenta*, *C. pleurota*, *C. rangiferina*, *C. squamosa*, *C. straminea*, *C. sulphurina*, *C. stygia*.

Suť u Stifterova památníku – Zdejší lokalitu objevil Zdeněk Palice v 90. letech (Z. PALICE – os. sdělení) společně s nedalekou lokalitou v karu Plešného jezera, odkud byl výskyt *C. stellaris* potvrzen v roce 2021 Ladou Syrovátkovou (jeden větší trs o velikosti 20×15 cm + pět menších trsů, nedaleko od výskytu *Peltigera aphthosa*: 48.7741428N, 13.8622375E, 1 100 m n. m., na zastíněné kolmé ploše balvanu ve spodní části suti). Na suti u Stifterova památníku byl druh nalezen na dvou místech vzdálených od sebe přibližně 25 m. U většího výskytu byla vyhotovena trvalá monitorovací plocha. Na druhé mikrolokalitě byl zaznamenán jediný trs o velikosti přibližně 10×5 cm. Lokalita je silně ovlivněna nedávnou kůrovcovou kalamitou, kdy došlo k odumření lesního porostu a vyskytuje se zde velké množství souší.

Doprovodné druhy dutohlávek (v okolí TMP): *Cladonia arbuscula*, *C. bellidiflora*, *C. chlorophaea* gr., *C. deformis*, *C. gracilis*, *C. furcata*, *C. polydactyla*, *C. pleurota*, *C. squamosa*, *C. sulphurina*, *C. stygia*.

Mrtvý luh – Z Mrtvého luhu uvádí *C. stellaris* Suza (SUZA 1936), který popisuje, že druh zde roste „roztroušeně v menších skupinkách na sušších stanovištích kol ojedinelých klečí“. Recentně byl druh zmíněn z této lokality v práci (ALBRECHT 2003). V současnosti je z lokality známá jediná populace, která byla zahrnuta do trvalé monitorovací plochy. *C. stellaris* zde roste v porostu vřesu, který ji přerůstá a pravděpodobně představuje ohrožení jejího výskytu zde do budoucna. Tato populace byla zahrnuta do TMP, v rámci které se druh vyskytuje ve dvou protilehlých rozích, v obou případech jde pouze o několik drobných hlaviček (Obr. 6).

Doprovodné druhy dutohlávek (v okolí TMP): *Cladonia chlorophaea* gr., *C. pleurota*, *C. stygia*, *C. sulphurina*.



Obr. 6. *Cladonia stellaris* na Mrtvém luhu. V pravé části obrázku žluté šipky směřují ke stélkám *C. stellaris*, foto: M. Zuna.

Fig. 6. *Cladonia stellaris* at Mrtvý luh. In the right part of the picture the yellow arrows point to *C. stellaris*, photo: M. Zuna.

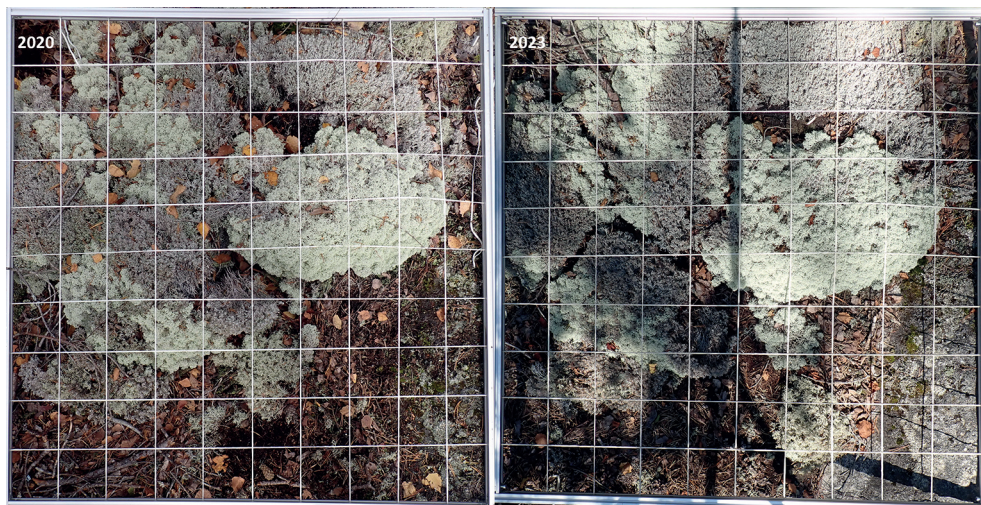
Tabulka 2. Velikost plochy zaujímané *C. stellaris* na jednotlivých TMP (cm²) v letech 2020 a 2023 a změna velikosti mezi těmito lety.

Table 2. Size of the area covered by *C. stellaris* on each permanent monitored plot (cm²) in 2020 and 2023 and the change in the area between these years.

Čidlo / Logger	Lokalita / Locality	Velikost stélky <i>C. stellaris</i> (cm ²) / <i>C. stellaris</i> thallus size (cm ²)		Změna (%) / Change (%)
		2020	2023	
1	suť u Turnerovy chaty	1807,5	2488,0	37,6
2	suť u Turnerovy chaty	996,2	1019,9	2,4
3	suť u Turnerovy chaty	811,0	812,5	0,2
4	suť u Turnerovy chaty	1577,2	1529,8	-3,0
5	suť u bývalé Hálkovy chaty	5568,8	4671,1	-16,1
6	Rejštejn	24,1	12,4	-48,4
7	Šafářův vršek – suť Buzošná	1745,2	927,3	-46,9
8	Šafářův vršek – suť Buzošná	2008,3	1817,1	-9,5
9	u Stifterova památníku	1316,4	1742,8	32,4

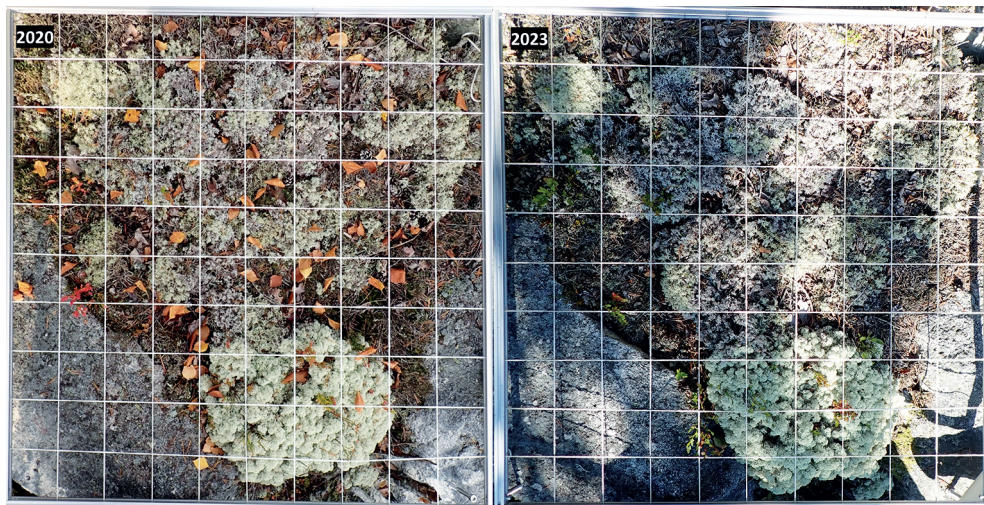
Stav *C. stellaris* na TMP a srovnání výskytu v letech 2020 a 2023

Srovnání velikostí výskytu druhu *Cladonia stellaris* na jednotlivých TMP mezi lety 2020 a 2023 je zobrazeno v Tabulce 2 a porovnání fotografií jednotlivých TMP je na Obr. 7 až 15.



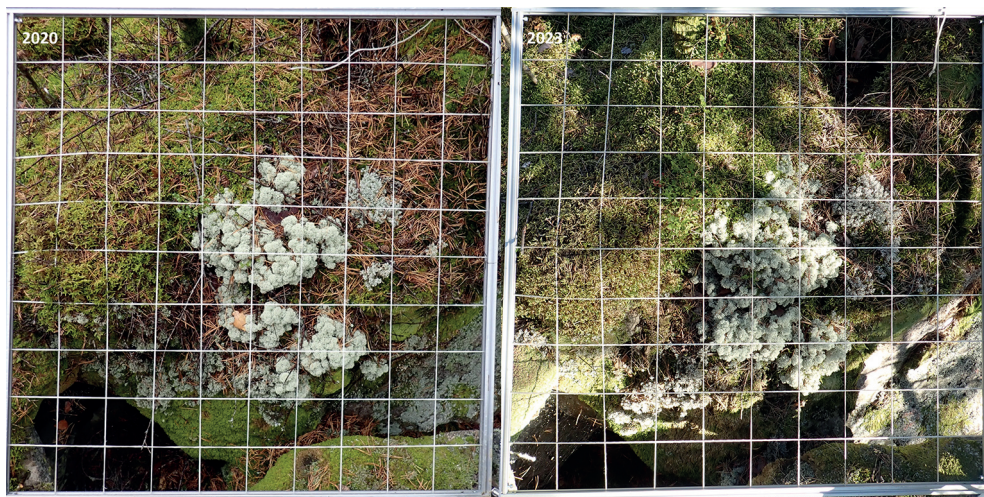
Obr. 7. TMP č. 1 – srovnání podzim 2020 a 2023, foto: M. Zuna.

Fig. 7. Permanent monitored plot n. 1 – comparison autumn 2020 and 2023, photo: M. Zuna.



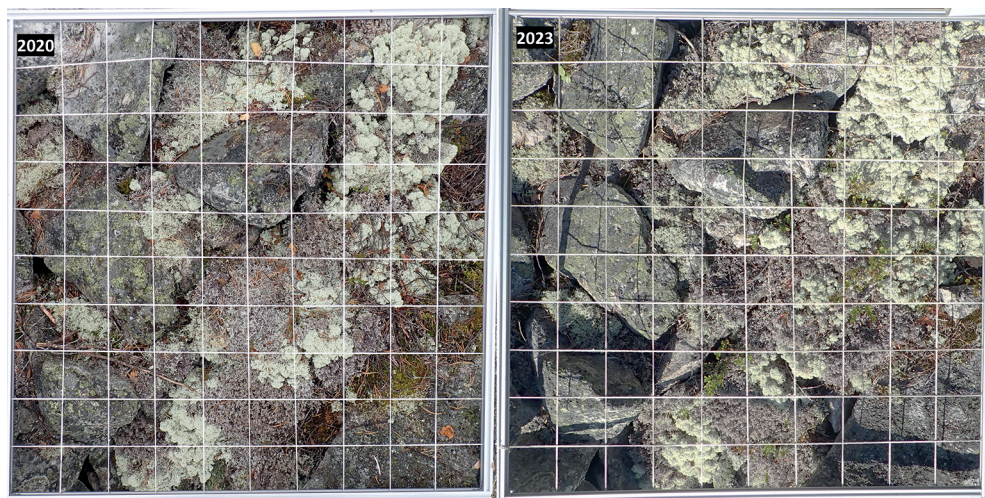
Obr. 8. TMP č. 2 – srovnání podzim 2020 a 2023, foto: M. Zuna.

Fig. 8. Permanent monitored plot n. 2 – comparison autumn 2020 and 2023, photo: M. Zuna.



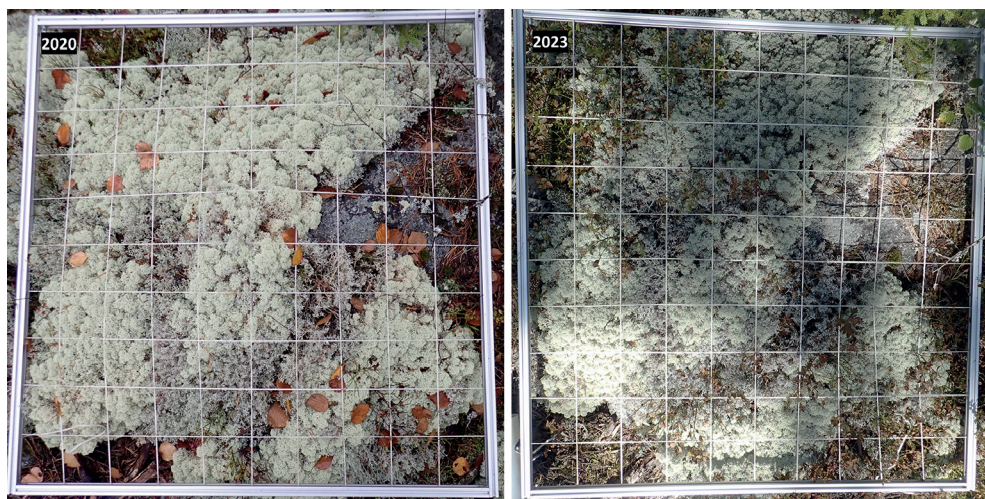
Obr. 9. TMP č. 3 – srovnání podzim 2020 a 2023, foto: M. Zuna.

Fig. 9. Permanent monitored plot n. 3 – comparison autumn 2020 and 2023, photo: M. Zuna.



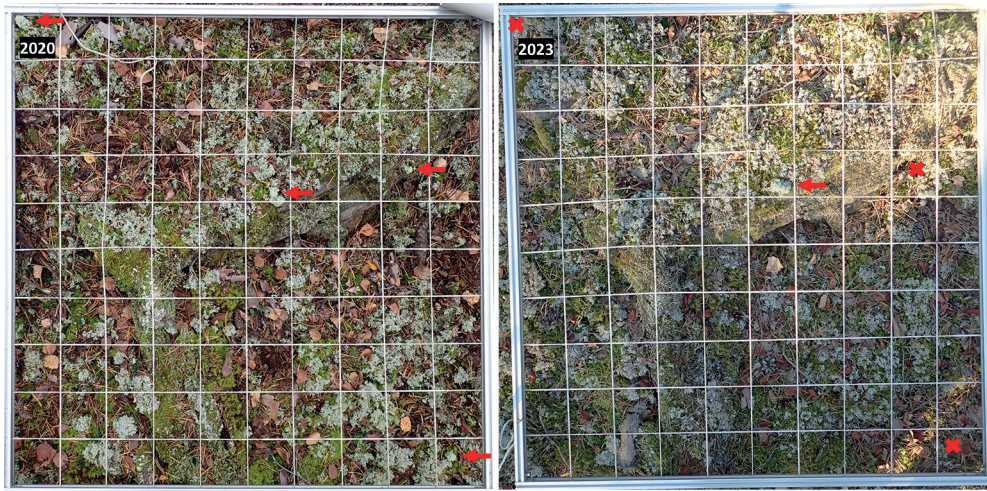
Obr. 10. TMP č. 4 – srovnání podzim 2020 a 2023, foto: M. Zuna.

Fig. 10. Permanent monitored plot n. 4 – comparison autumn 2020 and 2023, photo: M. Zuna.



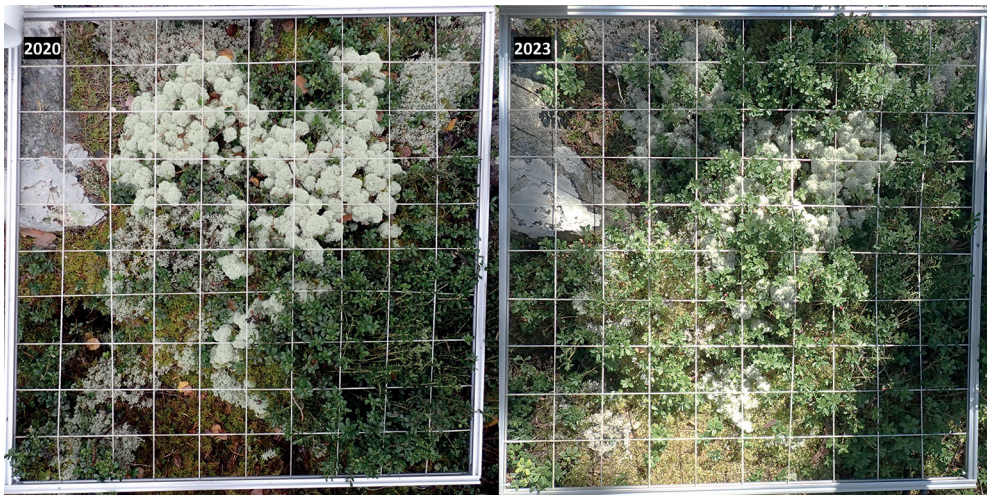
Obr. 11. TMP č. 5 – srovnání podzim 2020 a 2023, foto: M. Zuna.

Fig. 11. Permanent monitored plot n. 5 – comparison autumn 2020 and 2023, photo: M. Zuna.



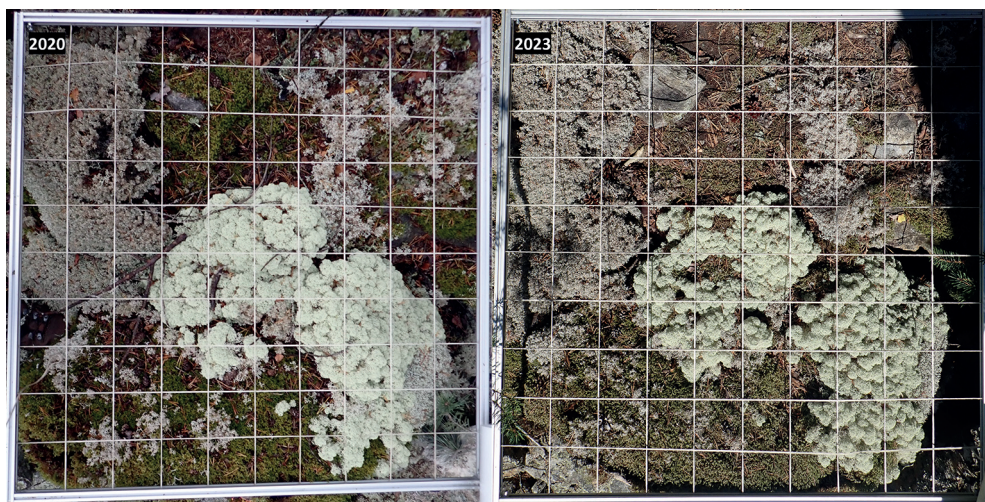
Obr. 12. TMP č. 6 – srovnání podzim 2020 a 2023: červené šipky směřují ke stélkám *C. stellaris*, křížky značí ztracené stélky *C. stellaris*, foto: M. Zuna.

Fig. 12. Permanent monitored plot n. 6 – comparison autumn 2020 and 2023: red arrows point to *C. stellaris*, crosses indicate lost thalli of *C. stellaris*, photo: M. Zuna.



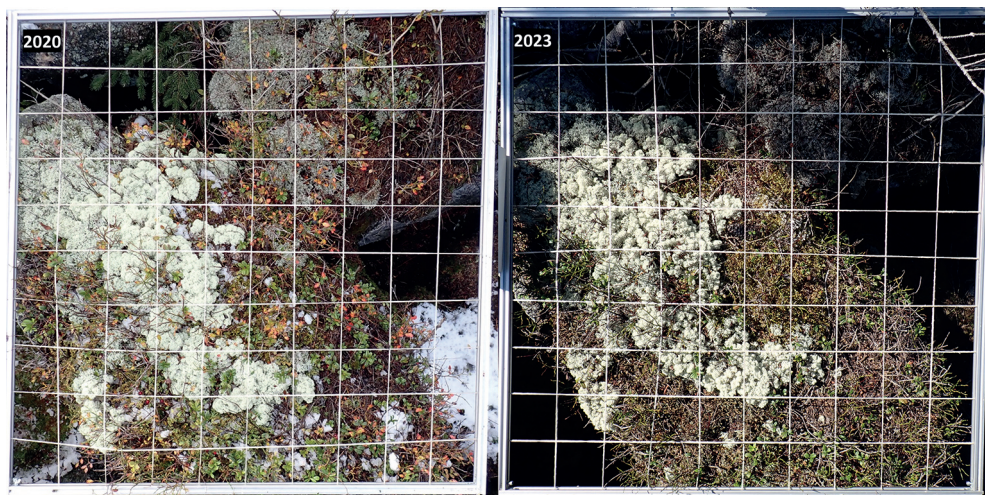
Obr. 13. TMP č. 7 – srovnání podzim 2020 a 2023, foto: M. Zuna.

Fig. 13. Permanent monitored plot n. 7 – comparison autumn 2020 and 2023, photo: M. Zuna.



Obr. 14. TMP č. 8 – srovnání podzim 2020 a 2023, foto: M. Zuna.

Fig. 14. Permanent monitored plot n. 8 – comparison autumn 2020 and 2023, photo: M. Zuna.



Obr. 15. TMP č. 9 – srovnání podzim 2020 a 2023, foto: M. Zuna.

Fig. 15. Permanent monitored plot n. 9 – comparison autumn 2020 and 2023, photo: M. Zuna.

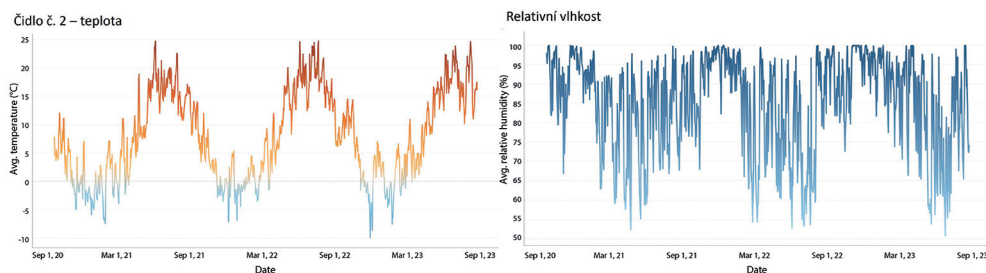
TMP u čidla 10 nebyla do hodnocení zahrnuta, jelikož stélky byly překryty vřesem, což neumožnilo přesné stanovení jejich velikosti. Ze zbylých TMP pokrývala *C. stellaris* největší plochu na suti u bývalé Hálkovy chaty, kde porůstala přibližně polovinu plochy TMP. Naopak nejmenší výskyt byl zaznamenán na TMP č. 6 (Rejštejn), kde *C. stellaris* porůstala pouze 24,1 cm² (v roce 2020).

Mezi roky 2020 a 2023 došlo na některých plochách k poměrně významným změnám velikosti plochy zaujímané *C. stellaris*. Největší taková změna byla zaznamenána na TMP č. 6 (Rejštejn), kdy došlo k poklesu na téměř polovinu původní plochy. Důvodem bylo zmizení tří ze čtyř hlaviček monitorovaného druhu. Obdobně velká relativní změna byla zaznamenána na TMP č. 7 (Buzošná), kdy byl pokles velikosti způsoben zarůstáním brusinkou. Naopak poměrně výrazný nárůst velikosti *C. stellaris* byl zaznamenán u čidel č. 1 (suť u Turnerovy chaty) a 9 (suť u Štifterova památníku). V obou případech jsou změny do jisté míry způsobeny rozrůstáním stélky, avšak částečně jde i o následek posunu stélek směrem dolů po svahu, kdy došlo pouze k přetočení některých „hlaviček“, což vedlo k nárůstu měřené plochy. Na ostatních TMP byly změny velikosti stélek menší a velikost populací se zde jeví jako stabilní.

Klimatické parametry

Měření klimatických parametrů probíhalo v období od října 2020 do září 2023 (viz Obr. 16). Celkové shrnutí klimatických parametrů panujících na jednotlivých TMP je zobrazeno v Tabulce 3. Zobrazeny jsou zde průměrné, minimální a maximální naměřené hodnoty teploty a relativní vlhkosti z let 2021 a 2022. Údaje z let 2020 a 2023 do tabulky zahrnuty nebyly, jelikož v těchto letech neproběhla měření v celých kalendářních letech.

Průměrné teploty u jednotlivých TMP se pohybovaly v rozmezí mezi 3,8 °C (čidlo č. 9, Štifterův památník, rok 2021) a 8,4 °C (čidlo č. 2, rok 2022). V případě všech čidel byl rok 2022 teplejším ve srovnání s rokem předchozím. Nejnižší naměřená teplota (−25,2 °C) byla zaznamenána u čidla č.10 (Mrtvý luh) dne 13. 2. 2021. U ostatních čidel dosahovaly nejnižší naměřené teploty hodnot kolem −15 °C. Nejvyšší naměřená hodnota teploty byla zaznamenána rovněž u čidla č. 10 (40,6 °C dne 17. 6. 2021). Lokalita na Mrtvém luhu tak představuje teplotně nejextrémnější lokalitu, kde byl v roce 2021 zaznamenán rozdíl mezi nejvyšší a nejnižší naměřenou teplotou 65,9 °C. Naopak nejnižší rozdíl mezi teplotním maximem a minimem byl zaznamenán na lokalitě u Štifterova památníků (41,9 °C v roce 2021).



Obr. 16. Příklad záznamu průběhu teplot a relativní vlhkosti mezi lety 2020 a 2023 (TMP č. 2).

Fig. 16. Example of temperature and relative humidity measurements between 2020 and 2023 (permanent monitored plot n. 2).

Tabulka 3. Souhrn naměřených hodnot teplot a relativní vlhkosti.
Table 3. Summary of temperature and relative humidity measurements.

Čidlo / Logger	Rok / Year	Průměrná teplota / Average temperature (°C)	Minimální teplota / Minimum temperature (°C)	Maximální teplota / Maximum temperature (°C)	Rozdíl max a min teplot / Max and min temperatures difference (°C)	Průměrná rel. vlhkost / Average relative humidity (%)	Minimální rel. vlhkost / Minimum relative humidity (%)	Maximální rel. vlhkost / Maximum relative humidity (%)	Rozdíl max a min rel. vlhkosti / Max and min rel. humid. difference (%)
1	2021	6,5	-10,4	35,7	46,0	88,7	15,0	100,0	85,0
	2022	7,5	-13,3	38,0	51,3	83,5	14,4	96,9	82,5
2	2021	7,2	-15,2	35,3	50,5	84,6	20,3	100,0	79,7
	2022	8,4	-13,6	38,7	52,3	84,4	19,9	100,0	80,1
3	2021	6,8	-14,1	32,6	46,7	84,6	14,9	100,0	85,1
	2022	7,9	-12,9	34,3	47,2	85,3	21,1	100,0	79,0
4	2021	7,5	-15,0	36,7	51,7	77,4	7,5	95,3	87,8
	2022	8,2	-13,3	38,6	52,0	79,8	12,4	98,0	85,6
5	2021	5,9	-9,8	36,4	46,2	87,5	16,5	98,0	81,5
	2022	6,9	-12,0	40,4	52,5	87,0	13,8	96,9	83,2
6	2021	7,1	-15,7	34,0	49,6	84,8	18,8	100,0	81,2
	2022	8,2	-14,7	38,0	52,7	85,6	17,9	100,0	82,1
7	2021	5,7	-14,0	32,2	46,2	91,7	22,0	100,0	78,0
	2022	6,9	-12,2	35,0	47,2	91,2	25,3	100,0	74,7
8	2021	6,2	-13,7	36,4	50,1	83,6	9,4	95,9	86,5
	2022	7,4	-12,6	35,5	48,1	82,7	20,7	96,3	75,6
9	2021	3,8	-11,2	30,7	41,9	91,2	25,3	100,0	74,7
	2022	5,0	-12,1	32,9	45,0	91,5	24,4	100,0	75,6
10	2021	6,2	-25,2	40,6	65,9	85,3	18,2	100,0	81,8
	2022	7,1	-20,7	39,3	59,9	85,1	12,3	100,0	87,7

Získané průměrné hodnoty relativní vlhkosti se pohybovaly mezi 77,4 % (čidlo č. 4, Turnerova suť, rok 2021) a 91,7 % (čidlo č. 7, Bužošná, rok 2021). Na Turnerově suti je patrný vlhkostní gradient mezi čidly č. 1 (nejblíže řeky Vydry) a č. 4 (nejvýše na suti). Rozdíl hodnot relativní vlhkosti mezi těmito čidly byl 10,3 % v roce 2021 a 3,7 % v roce 2022. Nejnížší naměřená hodnota relativní vlhkosti byla také u čidla č. 4 (7,5 % dne 9. 5. 2021). Naopak maximální hodnoty 100 % bylo dosaženo pouze v roce 2021 u čidla č. 1 (Turnerova suť), a v obou letech u čidel 2 (Turnerova suť), 6 (Rejštejn), 7 (Bužošná), 9 (Stifterův památník) a 10 (Mrtvý luh).

DISKUSE

Šumava v současnosti představuje nejbohatší oblast výskytu druhu *Cladonia stellaris* v České republice. Vyskytuje se zde přibližně třetina známých lokalit a zároveň jsou zdejší lokality nejbohatší a nejvitálnější. Ačkoliv historických literárních údajů je k dispozici relativně poskrovnu (HILITZER 1924, MALOCH 1936, SUZA 1936, MIKYŠKA 1964), tak určité trendy ve změnách rozšíření tohoto druhu na Šumavě lze usuzovat i z herbářových údajů. Druh *C. stellaris* zde byl v minulosti patrně více rozšířený než v současnosti, avšak úbytek lokalit zde není zdaleka tak masivní jako v jiných oblastech. Většina údajů z minulosti pochází z Povydíří, odkud např. Suza údává, že se zde druh vyskytuje „ve velkém množství v rozvalinách žulových balvanů“ (SUZA 1936). Druh je zde i v současnosti relativně hojný. Naopak o výskytu na Mrtvém luhu stejný autor uvádí, že druh roste roztroušeně, což v současnosti neplatí (SUZA 1936). Druh je odsud recentně znám z jediného místa, kde se vyskytuje pouze v malém množství, ačkoliv po něm bylo pátráno nejenom autory tohoto článku, ale především opakovaně Z. Palicem, který ho zde na přelomu tisíciletí znovuobjevil (Z. PALICE – os. sdělení). J. Kocourková, která lokalitu pár let na to navštívila, hodnotila v roce 2007 stav zdejší populace jako špatný (KOCOURKOVÁ 2007).

V ČR jsou pozorované úbytky výskytu tohoto druhu přisuzovány likvidaci stanovišť, klimatickým změnám a v některých případech i sběru (MALÍČEK et al. 2023). V případě Šumavy jsou v současnosti známé výskyty tohoto druhu většinou na těžko přístupných místech, takže není pravděpodobné, že by zdejší populace byly v současnosti a do budoucna ohroženy sběrem.

Ačkoliv dosavadní monitoring zdejších lokalit probíhal krátkou dobu (s ohledem na rychlost dynamiky společenstev pomalu rostoucích sobích dutohlávek), tak již po třech letech je možné odhadnout některé trendy. Nejmenší změny stavu populací a zároveň nejbohatší populace se vyskytují v místech, kde druh není vystaven kompetici s vyššími rostlinami ani mechorosty, tedy obvykle na sutiích, kde se vyskytuje společně s dalšími dutohlávkami či jinými druhy lišejníků. Dále platí, že se druhu daří lépe, pokud roste na rovných ploškách či v d'olících, a naopak prospívá hůře, pokud roste na místech, kde může být sesouván směrem dolů (pravděpodobně sněhem či zvěří). Na TMP, které byly svažitě, bylo poměrně často pozorováno odtržení částí stélek a jejich posun směrem dolů či úplné vymizení (TMP č. 1, 3, 6). Nejvýrazněji byl tento vliv pozorován na TMP č. 6 na Rejštejně, kde z původních čtyř drobných stélek zbyla po třech letech jediná. Dvě stélky se posunuly mimo TMP, další zmizela úplně. Tato lokalita je patrně nejvíce ovlivněna pohybem lesní zvěře.

Další příčinou výrazného úbytku velikosti *C. stellaris* na jedné z TMP (č. 7, Bužošná) bylo přerůstání brusinkou. Za tři roky zde došlo k poklesu o 46 % oproti původní velikosti, což je překvapivě rychlý úbytek. Stélky do určité míry přežívají pod keříky brusinky, avšak úbytek

druhu je zde patrný každoročně (Obr. 17). Na TMP ani v jejím okolí nejsou patrné žádné negativní vlivy, které by tento stav vysvětlovaly. Na stejné lokalitě na TMP č. 8 došlo také k mírnému poklesu velikosti plochy *C. stellaris* (o 9,5 %), v tomto případě bylo pozorováno vrůstání mechorostů (Obr. 14). V práci TONTERI et al. (2022) z boreálního Finska autoři prokázali, že společenstva sobích dutohlávek reagovala pozitivně na nárůst brusinky, zatímco nárůst porostů borůvčí, šíchů, vřesu a mechorostů je ovlivnil negativně. Je otázkou, zda jsou pozorované změny na Buzošné součásti přirozené dynamiky tohoto druhu, anebo zda jsme svědky rychlého úbytku tohoto druhu na této lokalitě. Nutno dodat, že na výše položených výskytech *C. stellaris* na této suti k obdobné kompetici nedochází (nebo pouze v omezené míře; Obr. 1) a stavy zde vyskytujících se populací jsou pravděpodobně stabilnější.



Obr. 17. Postupné přerůstání *C. stellaris* brusinkou (TMP č. 7, 2020–2023), foto: M. Zuna.

Fig. 17. Gradual overgrowth of *C. stellaris* with *Vaccinium vitis-idaea* (permanent monitored plot n. 7, 2020–2023), photo: M. Zuna.

Zahraniční autoři ohledně *C. stellaris* obvykle uvádějí, že je až posledním druhem sukcese ve společenstvech sobích dutohlávek, který se objevuje až několik desítek let po disturbancích, způsobených obvykle požáry (YARRANTON 1975, AHTI et al. 2013, ABDULMANOVA & EKTOVA 2015). Toto platí pro oblasti, kde je lišejník ve svém klimatickém optimu. Na našem území je znovuosídlení lokalit, odkud druh vymizel, velmi nepravděpodobné a pro jeho zachování je tedy nezbytné minimalizovat jakékoliv disturbance na lokalitách, kde se dosud zachoval.

V rámci této studie byla získána první klimatická data z lokalit *C. stellaris* z našeho území, avšak na posouzení vlivu mikroklimatických parametrů na výskyt druhu na jednotlivých lokalitách je časová řada měření příliš krátká. Monitoring změn výskytu pokryvnosti a sběr mikroklimatických dat je plánován na delší období (optimálně celkově 10 let), což by mělo do budoucna umožnit zhodnotit vliv mikroklimatu a jeho případných změn na jednotlivé populace druhu. V roce 2022 byla identická klimatická čidla nainstalována na pěti známých lokalitách druhu *C. stellaris* v Brdech a zároveň zde byly založeny stejně designované TMP. Zahnutí těchto ploch do dalšího monitoringu tohoto vzácného druhu umožní přesnější predikci jeho vývoje na našem území a jeho efektivnější ochranu.

ZÁVĚR

V letech 2020 až 2023 proběhl monitoring druhu *Cladonia stellaris* (CR) na Šumavě. Na šesti lokalitách bylo založeno deset trvale monitorovaných ploch (TMP), na kterých byla zároveň umístěna klimatická čidla zaznamenávající teplotu a relativní vlhkost. Mezi nejbohatší lokality tohoto druhu na Šumavě (a zároveň v ČR) patří suť u Turnerovy chaty, suť u bývalé Hálkovy chaty a Buzošná. Naopak Rejštejn a Mrtvý luh představují velmi chudé lokality, kde jsou populace monitorovaného druhu ve špatném stavu a výskyt druhu je zde do budoucna ohrožen. Na dvou trvale monitorovaných plochách byl za dobu tří let pozorován výrazný úbytek pokryvnosti *C. stellaris* přesahující 40 % ve srovnání s původním stavem. V jednom případě (Rejštejn) byl tento úbytek způsoben sesuvem stélek po svahu dolů (pravděpodobně vlivem zvěře či sněhu), na další TMP (Buzošná, TMP č. 7) byl způsoben přerůstáním brusinkou. Na některých TMP byl pozorován nárůst pokryvnosti *C. stellaris*. Výskyt tohoto druhu na území NP Šumava je do budoucna ohrožen disturbancemi a klimatickými změnami, přičemž pro posouzení konkrétního vlivu těchto dvou faktorů je třeba dlouhodobějšího monitoringu.

Poděkování. Projekt byl financován z projektu č. 115V17700202020 „Nastavení dlouhodobého monitoringu kriticky ohroženého druhu *Cladonia stellaris* v NP Šumava“ v rámci programu POPFK pro roky 2019-2023. Studie byla také částečně finančně podpořena projektem „Monitoring a mapování vybraných druhů rostlin a živočichů a inventarizace maloplošných zvláště chráněných území v národně významných územích v České republice organizovaného Agenturou ochrany přírody a krajiny České republiky“ (Registrační číslo projektu EIS: CZ.05.4.27/0.0/0.0/17_078/0005239). Děkujeme F. Boudovi, Z. Palicemu a L. Syrovátkové za poskytnutí informací k výskytům *C. stellaris* na některých lokalitách a J. Červenkovi za podporu v průběhu řešení projektu. V neposlední řadě děkujeme Správě Národního parku Šumava za povolení vjezdu motorových vozidel na lesní cesty a vstupu mimo značené trasy po dobu řešení projektu.

LITERATURA

ABDULMANOVA S.U. & EKTOVA S.N., 2015: Variations in the growth rate of *Cladonia* lichens during long-term postfire successions in the north of West Siberia. *Contemporary Problems of Ecology*, 8: 326–336.

- AHTI T., STENROOS S. & MOBERG R., 2013: *Nordic Lichen Flora, Volume 5: Cladoniaceae*. Museum of Evolution, Uppsala University of behalf of Nordic Lichen Society, 117 pp.
- ALBRECHT J., 1982: Inventarizační průzkum státní přírodní rezervace „Obří zámek“. Vegetační krypt [Inventory survey of the state nature reserve “Obří hrad”. Vegetation cover]. Ms. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha (in Czech).
- ALBRECHT J., 2003: *Československo. Chráněná území ČR, svazek VIII [České Budějovice region. Protected areas of the Czech Republic, Vol. VIII.]*. Praha, Agentura ochrany přírody a krajiny ČR a EkoCentrum Brno, 807 pp. (in Czech).
- ALONSO-GARCÍA M., GREWE F., PAYETTE S. & VILLARREAL A.J.C., 2021: Population genomics of a reindeer lichen species from North American lichen woodlands. *American Journal of Botany*, 108: 159–171.
- BATT S., GREALIS T., HARMON O. & TOMOLONIS P., 2020: Learning Tableau: A data visualization tool. *The Journal of Economic Education*, 51: 317–328.
- BOUDA F., 2009: Lišejníky reliktních borů [Lichens of the relict pine forests]. Ms., diploma thesis, Charles University, Prague, 67 pp. (Botanical library of the Faculty of Sciences, Charles University, Prague) (in Czech).
- DÍTĚ D., HÁJEK M., SVITKOVÁ I., KOŠUTHOVÁ A., ŠOLTĚS R. & KLIMENT J., 2018: Glacial–relict symptoms in the Western Carpathian flora. *Folia Geobotanica*, 53: 277–300.
- HILTZER A., 1924: Addenda ad lichenographiam Bohemiae. *Acta Botanica Bohemica*, 3: 3–15 (in Latin).
- KOCOURKOVÁ J., 2007: Zpráva z monitoringu druhu *Cladonia stellaris* (sect. *Cladina*) za rok 2007 [Report on the monitoring of *Cladonia stellaris* (sect. *Cladina*) for the year 2007]. Ms. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha (in Czech).
- LIŠKA J. & PALICE Z., 2010: Červený seznam lišejníků České republiky (verze 1.1) [Red list of the lichens of the Czech Republic (version 1.1)]. *Příroda*, 29: 3–66 (in Czech).
- MALÍČEK J., BOUDA F., KOCOURKOVÁ J., PALICE Z. & PEKSA O., 2011: Zajímavé nálezy vzácných a přehlížených dutohlávek v České republice [Interesting records of rare and overlooked *Cladonia* species in the Czech Republic]. *Bryonora*, 48: 34–50 (in Czech).
- MALÍČEK J., PALICE Z., BOUDA F., KNUDSEN K., ŠOUN J., VONDRÁK J. & NOVOTNÝ P., 2023: Atlas českých lišejníků [Atlas of Czech lichens]. Online <https://dalib.cz/> (accessed on 6 December 2023).
- MALOCH F., 1913: *Květena v Plzeňsku. Díl 1. Soustavný výčet druhů a jejich nálezišť [Flora of Pilsen region. Part 1. Systematic list of species and their localities]*. Plzeň, 316 pp. (in Czech).
- MALOCH F., 1936: *Rostlinné útvary a společnosti sušického okresu [Plant communities and associations of the district of Sušice]*. Plzeň, 89 pp. (in Czech).
- McMULLIN R.T. & RAPAI S., 2020: A review of reindeer lichen (*Cladonia* subgenus *Cladina*) linear growth rates. *Rangifer*, 40: 15–26.
- MIKYŠKA R., 1964: Příspěvek k fytosociologii reliktních borů na Šumavě [Contribution to the phytosociology of relict pine forests in Šumava Mts.]. *Časopis Národního muzea, řada přírodovědná*, 133: 185–195 (in Czech).
- PEKSA O., 2003: Diverzita a ekologie lišejníků Povydrří [Diversity and ecology of the lichens in „Povydrří“]. Ms., diploma thesis, Charles University, Prague, 133 pp. (Botanical library of the Faculty of Sciences, Charles University, Prague) (in Czech).
- SCHNEIDER C.A., RASBAND W.S. & ELICEIRI K.W., 2012: NIH Image to ImageJ: 25 years of image analysis. *Nature Methods*, 9: 671–675.
- SUZA J., 1936: Doplnky k rozšíření lišejníků v Čechách. Část III. [Supplements to the distribution of lichens in Bohemia. Part III.] *Časopis Národního muzea, řada přírodovědná*, 110: 107–113 (in Czech).
- TONTERI T., HALLIKAINEN V., MERILÄ P., MIINA J., RAUTIO P., SALEMMA M. & TOLVANEN A., 2022: Response of ground macrolichens to site factors, co-existing plants and forestry in boreal forests. *Applied Vegetation Science*, 25: e12690.
- YARRANTON G.A., 1975: Population growth in *Cladonia stellaris* (Opiz.) Pouz. and Vezda. *The New Phytologist*, 75: 99–110.

Received: 30 November 2023

Accepted: 6 August 2024

