

Jozef Rozkošný ▪ Pavol Faško ▪ Gabriela Ivaňáková
Katarína Mikulová ▪ Maroš Turňa ▪ Zora Snopková

Rozkošný, J., Faško, P., Ivaňáková G., Mikulová, K., Turňa, M., Snopková, Z.: Forest ecosystems under changing climatic conditions. APOL, 2026, vol. 7, no. 1, p. 72–82.

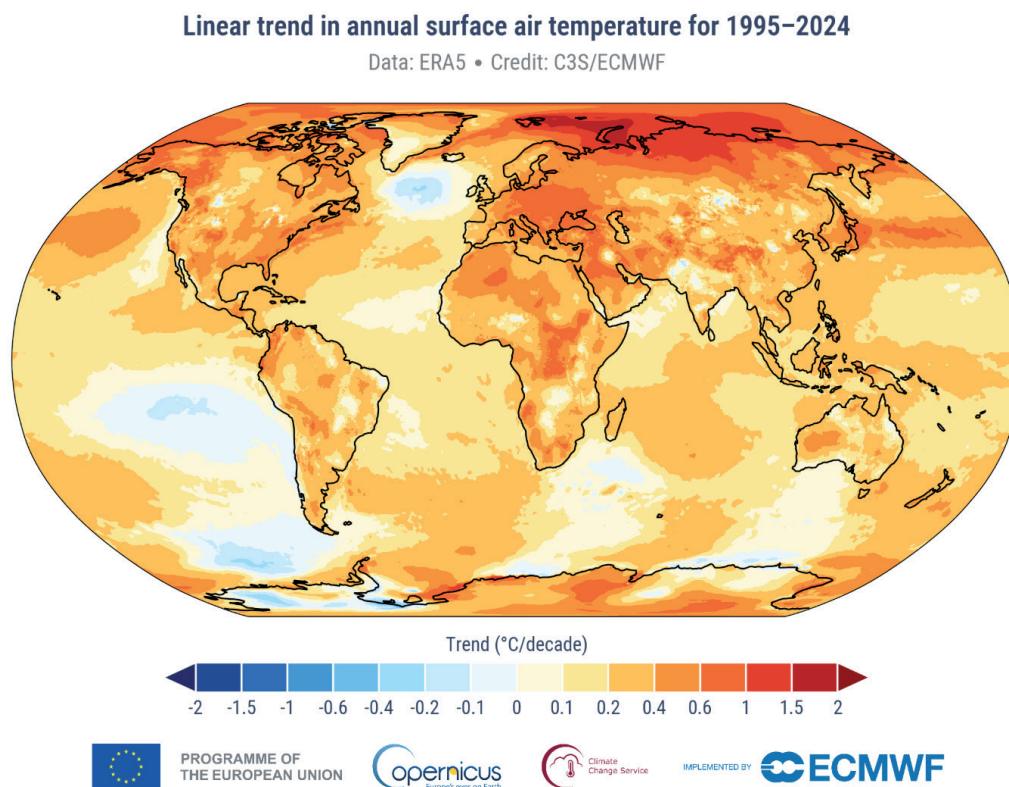
Abstract: Changes in climatic conditions have become increasingly pronounced over the past decade. As a result of the record-high concentration of CO₂ in the atmosphere, global air temperatures have been rising. Air temperature in Europe is increasing at approximately twice the rate of the global average. Similar changes in climatic conditions have also been observed in Slovakia through the monitoring activities of the climatological and phenological observation networks of the Slovak Hydrometeorological Institute (SHMI). In this study, we focused on the analysis of selected climatological and phenological characteristics. Among the climatological variables, we evaluated air temperature and atmospheric precipitation during the warm half-year, i.e. the growing season (April–September, IV–IX), for the period 1931–2025. Phenological observations were analysed for the period 1986–2026, with particular attention given to the onset of selected phenological phases: first leaves and leaves coloring in sessile/pedunculate oak and European beech, as well as the development of the first May shoots in Norway spruce. We also analysed the length of the growing season, defined as the interval between the onset of first leaves and the onset of leaf coloring. The results indicate a pronounced acceleration in the increase in air temperature across the entire territory of Slovakia, particularly during the last 30 years. The increase in air temperature during the growing season is even more pronounced in the regions of northern and eastern Slovakia and in high-altitude areas than in the regions of south-western Slovakia. The spatially averaged atmospheric precipitation totals for the warm half-year (April–September) across Slovakia do not exhibit an increasing trend comparable to that observed for air temperature. The precipitation trend is approximately neutral, both for the period beginning in 1931 and for the longer period beginning in 1881. A similar pattern is also evident in the annual precipitation totals. The analysis of phenological phases indicates an increasingly earlier onset of spring phenological phases in sessile/pedunculate oak and European beech. During the period 2016–2025, these phases shift on average 1–2 weeks earlier than during the reference period 1986–1995. In contrast, at higher elevations (approximately 800–1,000 m a. s. l.), particularly in the Low and High Tatras, a shift towards later onset of the observed spring phenological phase was recorded in Norway spruce. This shift is likely associated with the occurrence and prolonged persistence of snow cover during spring in these areas. For autumn phenological phases, a trend towards increasingly later onset of general leaf yellowing was observed. The combination of an earlier onset of spring phenological phases and a delayed onset of autumn phenological phases results in a prolongation of the growing season. In recent years, a growing season lasting approximately 190 days has been recorded at elevations of 700–800 m a. s. l. This development may indicate a gradual expansion of climatic conditions suitable for oak towards higher elevations and confirm the significant changes in the environmental conditions affecting forest tree species across Slovakia.

Key words: climatic change; forest ecosystem; phenology; vegetation season

Úvod

V posledných rokoch sú zaznamenávané rekordne vysoké hodnoty skleníkových plynov najmä CO₂. Hodnoty troch skleníkových plynov s dlhou životnosťou oxidu uhličitého, metánu, a oxidu dusného dosiahli v roku 2025 rekordné hodnoty. V roku 2025 bola zaznamenaná hodnota CO₂ 425, 6 ppm pri zemskom povrchu, čo je nárast o 53 % v porovnaní s predindustriálnou dobou (278 ppm) (Etheridge et al. 1996). Medziročný nárast CO₂ sa v posledných rokoch ešte zvyšuje (2023 – 2025) (Lan et al. 2026). Pôvod tohto nárastu je najmä

zo spaľovania fosílnych palív. Odhaduje sa, že v roku 2025 dosiahli emisie z fosílnych palív rekordnú úroveň (Friedlingstein et al. 2026). A práve nárast antropogénnych skleníkových plynov spôsobuje čoraz väčšie prejavy zmien klímy v strednej Európe. Práve v Európe je nárast teploty vzduchu vyšší v porovnaní s globálnou priemernou teplotou, pričom najvyšší nárast teploty bol zaznamenaný v severovýchodnej Európe, Škandinávii a vo vnútrozemských častiach stredomorských oblastí (IPCC 2022) (Obrázok 1).



Obrázok 1. Trendy priemernej teploty vzduchu (°C/dekádu pre 1995 – 2024) (Zdroj: Copernicus.eu).

Figure 1. Trends of average temperature (°C/decade in period 1995–2024) (Copernicus.eu).

Nárast najmä CO_2 v atmosfére spôsobuje nárast globálnej teploty a zvyšuje pravdepodobnosť výskytu výraznejších vln horúčav a výskytu dlhých období sucha v strednej Európe (Seneviratne et al. 2021). Ďalším negatívnym dopadom nárastu skleníkových plynov v atmosfére je zmena režimu atmosférických zrážok v priebehu vegetačného obdobia. Práve kombinácia nadpriemerne vysokých teplôt vzduchu, nerovnomerne rozložených atmosférických zrážok a dlhej epizódy pôdneho sucha môže viesť k výrazným rozpadom lesných ekosystémov a ich vysokej mortality (Schuldt et al. 2020), ale aj vysokému riziku lesných požiarov (Ruffault et al. 2020). Zmena klimatických podmienok spôsobuje aj zvyšovanie rôznych druhov kalamít v lesných porastoch (Stanturf et al. 2014).

Kumulácia CO_2 v atmosfére spôsobuje aj zmeny v celkovej cirkulácii v atmosfére. Práve táto zmena spôsobuje neštandardné rozloženie tlakových útvarov. Už od decembra 2025 často ovplyvňujú počasie v strednej Európe tlakové výše, ktoré bránia prechodu jednotlivých poveternostných frontov do strednej Európy, a tým aj priestorovým veľkoplošným atmosférickým zrážkam.

Zmena klimatických podmienok na Slovensku

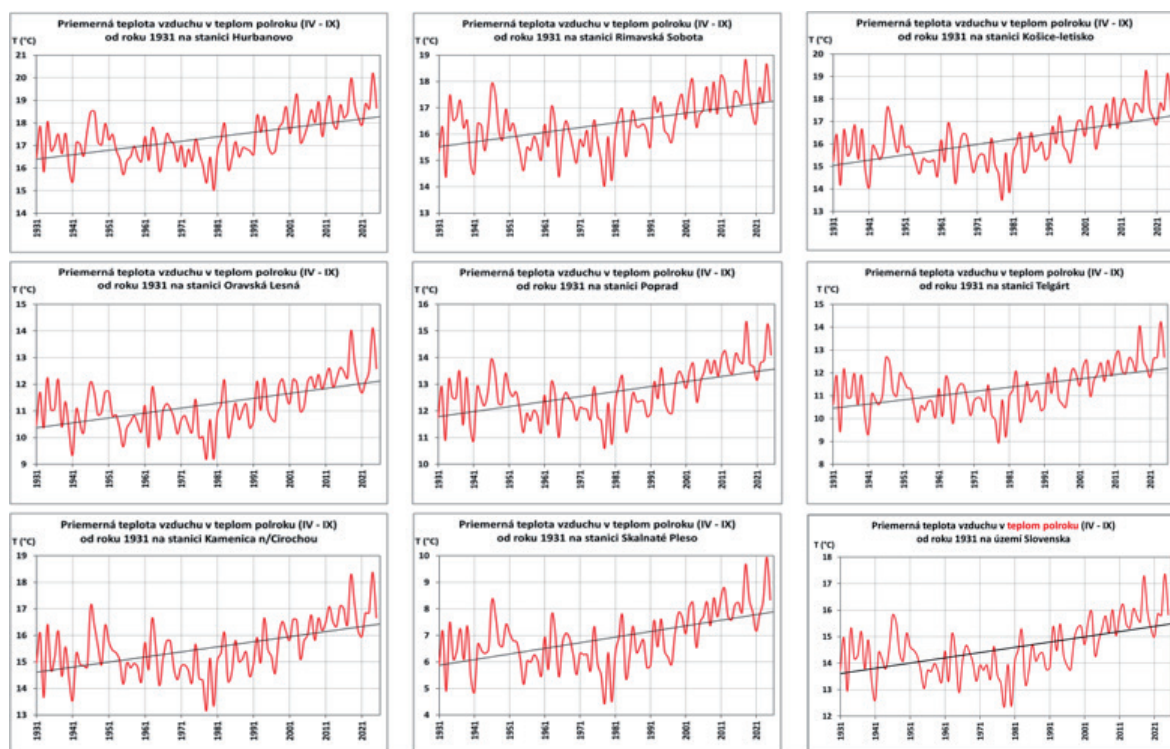
Teplota vzduchu

Na území Slovenska existujú klimaticky rozmanité regióny vplyvom rozdielnej oceanity, resp. kontinentality, ale aj vplyvom orografie. Napriek tomuto faktoru sa na všetkých vybraných meteorologických staniciach preja-

vili porovnateľné vzostupné trendy priemernej teploty vzduchu v teplom polroku. Tento vzostupný trend nie je všade rovnako strmý. Priemerná teplota vzduchu v období 1991 – 2020 vzrástla v porovnaní s obdobím 1961 – 1990 na vybraných analyzovaných staniciach o viac ako 1,0 °C, pričom až o 1,5 °C na stanici Košice-letisko. Je to výsledok toho, že v teplom polroku sú sústredené všetky mesiace, ktoré majú najvýraznejšie vzostupné trendy priemernej mesačnej teploty vzduchu (apríl, máj, jún, júl, august), kým v chladnom polroku sú takýmito mesiacmi iba január a november (Ivaňáková a kol. 2016). Naopak, porovnanie predchádzajúcich tridsaťročí (1961 – 1990 a 1931 – 1960) poukazuje na nepatrný pokles (od –0,2 do –0,3 °C) priemernej teploty vzduchu v teplom polroku v období 1961 – 1990.

Výsledky z jednotlivých meteorologických staníc korešpondujú aj s priestorovou hodnotou priemernej teploty vzduchu v teplom polroku počítanej pre celé územie Slovenska, ktorá v období 1991 – 2020 vzrástla o 1,4 °C v porovnaní s obdobím 1961 – 1990. Priestorová priemerná teplota vzduchu pre územie Slovenska vo vegetačnom období vykazuje od konca poslednej dekády 20. storočia zreteľný vzostup, s dvomi výraznými vrcholmi v roku 2018 a 2024. V oba uvedené roky dosiahla priemerná teplota vzduchu v teplom polroku až 17,3 °C, pričom rok 2024 bol len o 0,06 °C teplejší. Pozoruhodné je aj to, že na prvých desiatich miestach najteplejších teplých polrokov, resp. vegetačných období, sú umiestnené roky z 21. storočia.

Ak by sme hodnotili dynamiku otepľovania v priebehu posledných 30 rokov, tak môžeme konštatovať, že v posledných rokoch je akcelerácia otepľovania v regiónoch severného, východného Slovenska a vo vysokohorských polohách ešte väčšia ako v regiónoch juhozápadného Slovenska. V nížinách juhozápadného Slovenska bol v procese otepľovania prelomovým obdobím začiatok 90-tych rokov 20. storočia. Na východe a severe Slovenska sa podobný stav prejavil neskôr, až v priebehu prvej a druhej dekády 21. storočia (Labudová a kol. 2015).

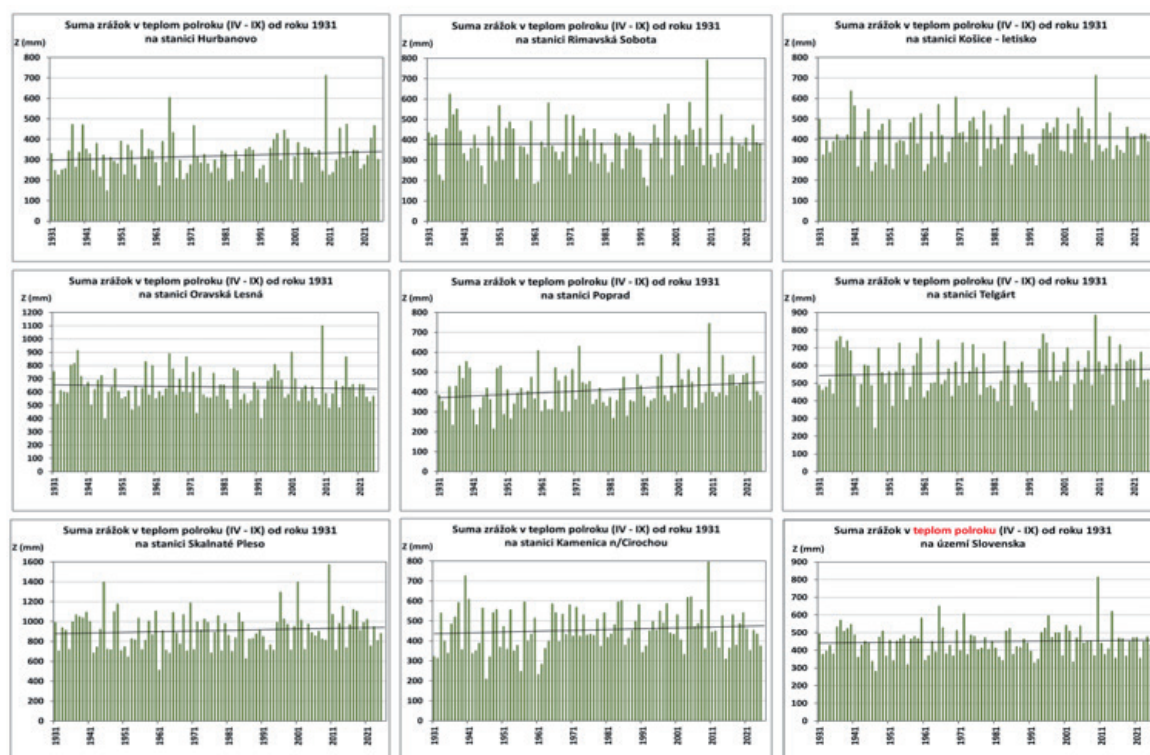


Obrázok 2. Priemerná teplota vzduchu počas v teplom polroku na vybraných meteorologických staniciach a na území Slovenska od 1931 do 2025.

Figure 2. Average temperature during vegetation period on selected meteorological station on Slovak area during period 1931–2025.

Atmosférické zrážky

Priestorový priemerný úhrn atmosférických zrážok pre celé územie Slovenska v teplom polroku (IV – IX) nevykazuje vzostupný trend, ako pri teplote vzduchu, ani od roku 1931, ani od roku 1881. Trend je približne indiferentný, podobne ako je to aj v prípade ročných úhrnov zrážok. Ale zmenený je v teplom polroku režim zrážok, podobne ako sa zmenil aj ročný režim zrážok. Trend úhrnov zrážok v teplom polroku od roku 1931 na jednotlivých meteorologických staniciach výberového súboru nie je všade indiferentný. Na niektorých meteorologických staniciach sa prejavil veľmi slabý vzostupný trend (Hurbanovo) a inde zase zostupný trend (Oravská Lesná). Vzostupné trendy, v prvom priblížení, nekorešpondujú s pravidelným výskytom sucha v posledných rokoch. Príčinou je rastúci podiel zrážok s pôvodom v búrkových lejakoch na ich celkovom úhrne v teplom polroku. Zostupný trend úhrnov zrážok v teplom polroku v Oravskej Lesnej je dôsledkom slabnúceho západovýchodného prenosu vlhkých vzduchových hmôt z Atlantického oceánu do vnútrozemia Európy. V súčasnosti sú dominantné v kumulácii zrážok tie, ktoré sa tvoria v určitých pásach s obmedzeným rozsahom a tieto raz zasiahnu jednu oblasť a inokedy inú oblasť. Takže regióny, ako severozápadná Orava, kde sa v minulosti vyskytovali zrážky veľmi pravidelne v priebehu celého roka, sa v aktuálnych podmienkach stávajú zrážkovo deficitnými.



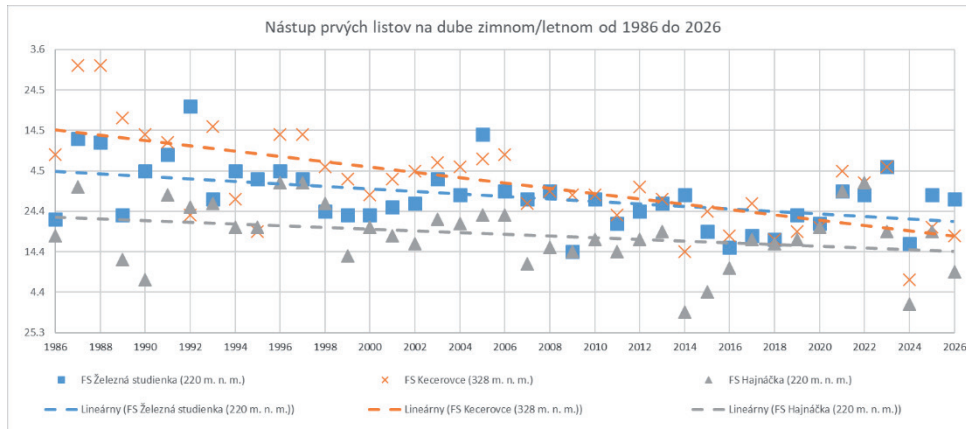
Obrázok 3. Suma atmosférických zrážok v teplom polroku na vybraných meteorologických staniciach a na území Slovenska od roku 1931 do 2025.

Figure 3. Sum of precipitation in vegetation period on selected meteorological station in Slovak area in period 1931–2025.

Fenológia

Zmenu klimatických podmienok zaznamenávame aj prostredníctvom fenologického monitoringu. Výrazným prejavom sú najmä vyššie teploty vzduchu v závere zimného obdobia, absencia záporných teplôt a nedostatok alebo úplná absencia snehovej pokrývky. Tieto faktory urýchľujú vývoj a nástup jarných fenologických fáz rastlín. Od roku 1986 zaznamenávame posun jarných fenologických fáz duba letného a duba zimného do skoršieho obdobia. Tento trend súvisí predovšetkým s nárastom teplôt vzduchu v závere zimy a so znižujúcim sa výskytom snehovej pokrývky. Pri porovnaní jednotlivých období je tento posun výrazne zreteľný najmä

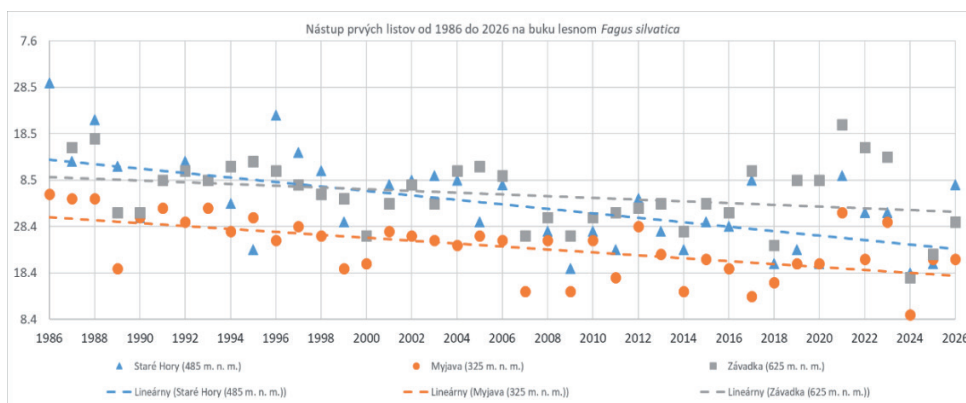
pri fenologickej fáze nástupu prvých listov. V období rokov 1986 až 1995 bol priemerný termín nástupu tejto fázy na fenologickej stanici Železná Studienka zaznamenaný 4. mája, v Kecerovciach 10. mája a v Hajnáčke 20. apríla. V období rokov 2016 až 2025 sa priemerný termín nástupu prvých listov posunul na 23. apríla na stanici Železná Studienka, na 22. apríla v Kecerovciach a na 17. apríla v Hajnáčke. Najskorší nástup tejto fenologickej fázy bol zaznamenaný na fenologickej stanici Železná Studienka 14. apríla 2009, v Kecerovciach 7. apríla 2024 a v Hajnáčke už 30. marca 2014. Uvedené údaje poukazujú na výrazný trend skoršieho nástupu jarných fenologických fáz v súvislosti s meniacimi sa klimatickými podmienkami.



Obrázok 4. Nástup fenologickej fázy prvých listov v období od 1986 do 2026 na dube zimnom/letnom (*Quercus* sp.).
Figure 4. Onset of first leaves in period 1986 – 2026 on oaks (*Quercus* sp.).

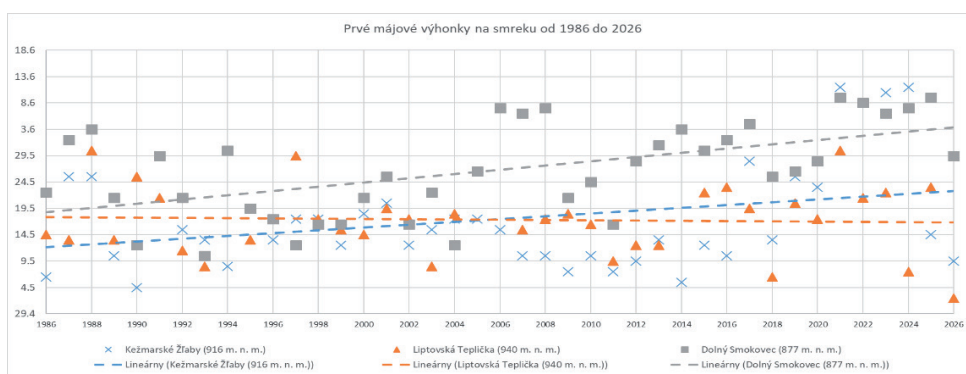
Podobný trend, aký bol zaznamenaný pri dube letnom a dube zimnom, pozorujeme aj pri buku lesnom. V období rokov 1986 až 1995 nastupovala fenologická fáza prvých listov na fenologickej stanici Staré Hory v priemere 9. mája, na stanici Myjava 30. apríla a na stanici Závadka 9. mája. V období rokov 2016 až 2025 sa priemerný termín nástupu tejto fenologickej fázy posunul do skoršieho obdobia. Na FS Staré Hory nastupovali prvé listy v priemere 27. apríla, na FS Myjava 20. apríla a na FS Závadka 4. mája. Najskorší výskyt tejto fenologickej fázy bol na všetkých sledovaných staniciach zaznamenaný v roku 2024, ktorý sa vyznačoval mimoriadne vysokými teplotami. Konkrétne bol nástup prvých listov zaznamenaný na FS Staré Hory 18. apríla 2024, na FS Myjava 9. apríla 2024 a na FS Závadka 14. apríla 2024. Tieto údaje taktiež poukazujú na trend skoršieho nástupu jarných fenologických fáz v súvislosti so zmenami klimatických podmienok.

Zaujímavý vývoj nástupu jarných fenologických fáz bol zaznamenaný aj pri smreku obyčajnom. Na rozdiel od duba letného, duba zimného a buka lesného sa pri tomto druhu vo vyšších nadmorských výškach



Obrázok 5. Nástup fenologickej fázy prvých listov v období od roku 1986 do 2026 na buku lesnom (*Fagus sylvatica* L.).
Figure 5. Onset of phenological phase first leaves in period 1986–2026 on European beech (*Fagus sylvatica* L.).

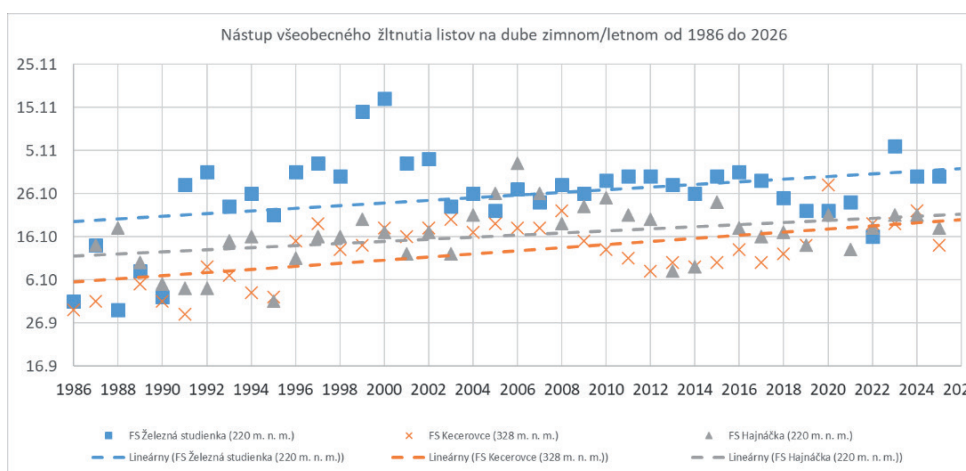
neprejavuje jednoznačný trend skoršieho nástupu prvých májových výhonkov. Naopak, v oblasti Vysokých Tatier možno pozorovať posun nástupu tejto fenologickej fázy do neskorších termínov. Tento vývoj môže súvisieť najmä s pretrváváním snehovej pokrývky počas jarného obdobia vo vyšších nadmorských výškach, ako aj s chladnejším charakterom májového počasia v posledných rokoch. V období rokov 1986 až 1995 bol priemerný nástup prvých májových výhonkov na fenologickej stanici Kežmarské Žľaby zaznamenaný 15. mája, na FS Liptovská Teplička 16. mája a na FS Dolný Smokovec 22. mája. V období rokov 2016 až 2025 bol priemerný nástup tejto fenologickej fázy zaznamenaný v neskorších termínoch, konkrétne 27. mája na FS Kežmarské Žľaby, 18. mája na FS Liptovská Teplička a až 3. júna na FS Dolný Smokovec. Najskorší nástup prvých májových výhonkov bol zaznamenaný na FS Kežmarské Žľaby 4. mája 1990, na FS Liptovská Teplička 2. mája 2026 a na FS Dolný Smokovec 10. mája 1993. Uvedené výsledky naznačujú, že reakcia jednotlivých druhov na meniace sa klimatické podmienky sa môže výrazne líšiť v závislosti od ekologických nárokov druhu a miestnych klimatických podmienok, najmä nadmorskej výšky a priebehu počasia počas jarného obdobia.



Obrázok 6. Nástup fenologickej fázy prvé májové výhonky v období od 1986 do 2026 na smreku obyčajnom (*Picea abies* L.).

Figure 6. Onset of phenological phase first May shoots in period 1986–2026 on spruce (*Picea abies* L.).

Absencia mrazových dní počas septembra, a najmä októbra, prispieva k posunu nástupu jesenných fenologických fáz do neskorších termínov. V období rokov 1986 až 1995 bol priemerný nástup všeobecného žltnutia listov duba letného a duba zimného na fenologickej stanici Železná Studienka zaznamenaný 15. októbra, na FS Kecerovce 2. októbra a na FS Hajnáčka 9. októbra. V poslednom desaťročí, teda v období rokov 2016 až 2025, sa priemerný nástup tejto fenologickej fázy výrazne posunul do neskorších termínov. Na FS Železná

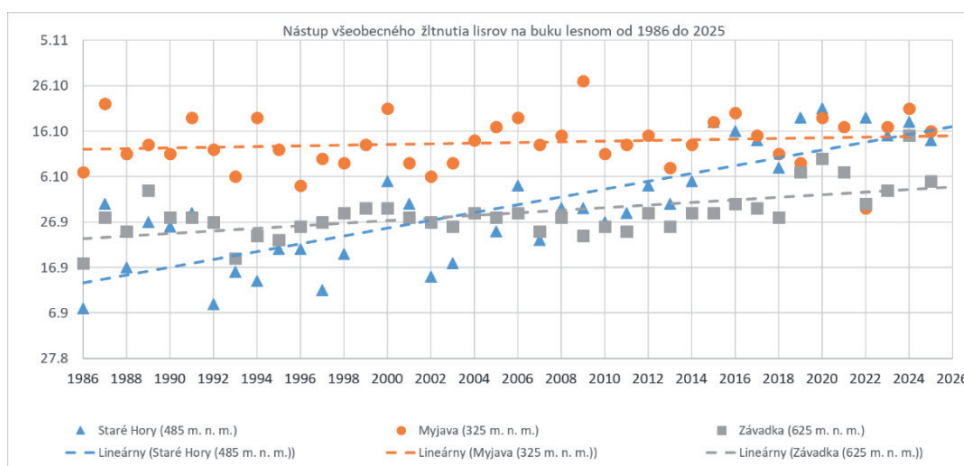


Obrázok 7. Nástup všeobecného žltnutia listov na dube letnom/zimnom (*Quercus* sp.) od roku 1986 do 2025.

Figure 7. Onset of phenological phase leaves coloring on oaks (*Quercus* sp.) in period 1986–2025.

Studienka bol zaznamenaný v priemere 26. októbra, na FS Kecerovce 16. októbra a na FS Hajnáčka 17. októbra. Tieto výsledky poukazujú na predlžovanie vegetačného obdobia v dôsledku vyšších jesenných teplôt a absencie skorých mrazov. Je však potrebné zdôrazniť, že priebeh fenologických fáz môže byť významne ovplyvnený aj extrémnymi poveternostnými javmi. Napríklad v roku 2022 bol pri duboch zaznamenaný skorší nástup jesenných fenologických fáz. Dlhodobá a intenzívna epizóda sucha v priebehu vegetačného obdobia spôsobila predčasnú reakciu stromov, ktorá sa prejavila skorším žltnutím listov a následným núteným skrátením vegetačného obdobia. Práve čoraz dlhšie epizódy sucha sa prejavujú v skoršom nástupe všeobecného žltnutia listov, a tým nútenému skracovaniu vegetačného obdobia (Mrekaj et al. 2024).

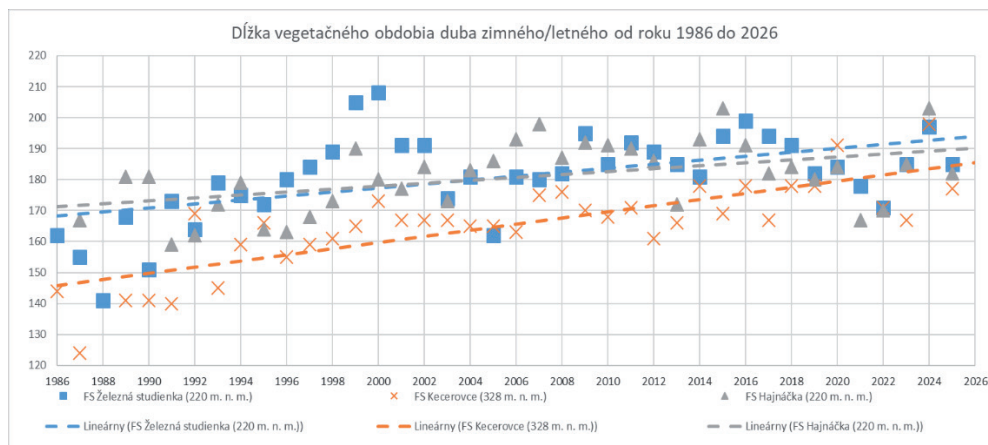
Posun jesenných fenologických fáz do neskorších termínov zaznamenávame aj pri buku lesnom. V období rokov 1986 až 1995 bol priemerný nástup všeobecného žltnutia listov na fenologickej stanici Staré Hory zaznamenaný 24. septembra, na FS Myjava 13. októbra a na FS Závadka 24. septembra. V období rokov 2016 až 2025 sa nástup tejto fenologickej fázy vo všetkých sledovaných lokalitách posunul do neskorších termínov. Na FS Staré Hory bol v priemere zaznamenaný 15. októbra, na FS Myjava 14. októbra a na FS Závadka 4. októbra. Uvedené výsledky potvrdzujú trend oneskorovania jesenných fenologických fáz, ktorý môže súvisieť najmä s vyššími teplotami vzduchu počas jesenného obdobia. Najneskorší nástup všeobecného žltnutia listov buka lesného bol zaznamenaný na FS Staré Hory 21. októbra 2020, na FS Myjava 27. októbra 2009 a na FS Závadka 16. októbra 2024. Tieto údaje zároveň poukazujú na výraznú medziročnú variabilitu nástupu jesenných fenologických fáz, ktorá je ovplyvnená aktuálnym priebehom poveternostných a klimatických podmienok.



Obrázok 8. Nástup všeobecného žltnutia listov na buku lesnom (*Fagus sylvatica* L.) od roku 1986 do 2025.
Figure 8. Onset of phenological phase leaves coloring on European beech (*Fagus sylvatica* L.) in period 1986–2025.

Zaujímavým ukazovateľom zmeny klimatických podmienok v jednotlivých vegetačných stupňoch je dĺžka vegetačného obdobia. Od roku 2000 sa opakovane dĺžka vegetačného obdobia duba zimného/letného približuje k 200 dňom na vybraných fenologických staniách. Takáto dĺžka vegetačného obdobia bola v minulosti bežná iba v tých najteplejších a najnižších oblastiach Slovenska. V súčasnosti tato dĺžka vegetačného obdobia je bežná už aj v nadmorských výškach od 300 do 350 m. Dôležité je spomenúť, že napríklad v roku 2022 sme zaznamenali kratšie vegetačné obdobie u duba zimného/letného v porovnaní s predchádzajúcim obdobím a práve v rokoch s takto intenzívnou epizódou sucha budeme pravdepodobne zaznamenávať kratšie vegetačné obdobie. Zatiaľ najdlhšie vegetačné obdobie sme zaznamenali na FS Železná Studienka 208 dní v roku 2000, na FS Kecerovce 191 dní v roku 2020 a na FS Hajnáčka 203 dní v roku 2024.

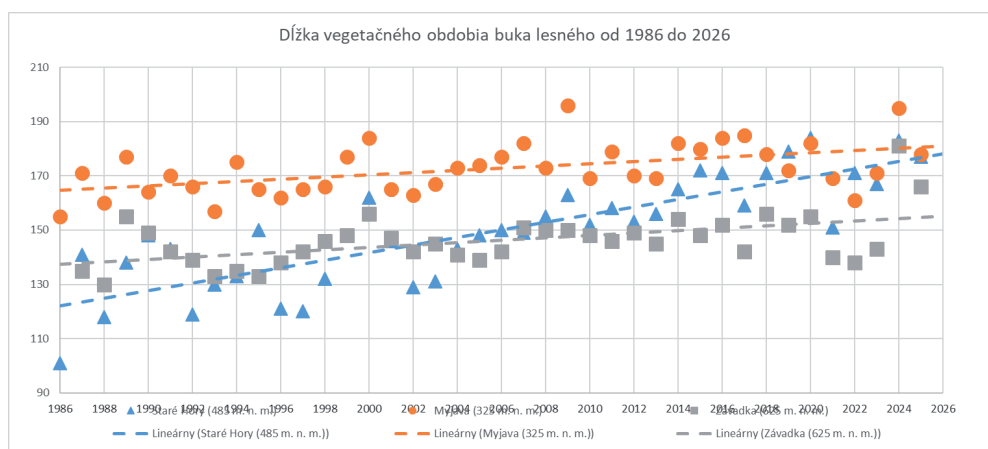
Zmena dĺžky vegetačného obdobia je ešte výraznejšia v bukovom lesnom vegetačnom stupni. V tomto lesnom stupni je bežná dĺžka vegetačného obdobia okolo 150 dní. Najmä v posledných piatich rokoch zaznamenávame aj v polohách od 400 do 700 m n. m. dĺžku vegetačného obdobia blížiacu sa v jednotlivých rokoch k 190 dňom. Pre porovnanie dubový vegetačný stupeň je ohraničený dĺžkou vegetačného obdobia od



Obrázok 9. Dĺžka vegetačného obdobia (počet dní od fen. fázy prvých listov po všeobecné žltnutie listov) duba letného/zimného od roku 1986 do 2025.

Figure 9. Length of vegetation period (number of days during first leaves to leaves coloring) on oaks in period 1986–2025.

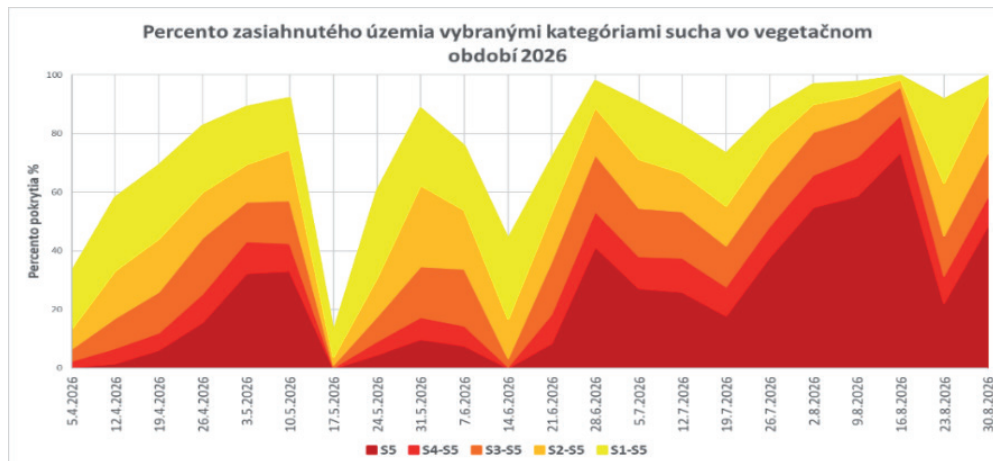
180 dní a viac, a práve klimatické podmienky pre tento vegetačný stupeň sa postupne rozširujú už do vyšších nadmorských výšok aj okolo 700 a 800 m. n. m.. Priemerná dĺžka vegetačného obdobia v rokoch 1986 – 1995 bola na fenologickej stanici Staré Hory 132 dní, Myjava 166 dní a Závadka 139 dní. V období od 2016 do 2025 bola priemerná dĺžka vegetačného obdobia na fenologickej stanici Staré Hory 171 dní, Myjava 177 dní, Závadka 151 dní. Najdlhšie vegetačné obdobie sme zaznamenali práve v roku 2024 na všetkých vybraných fenologických staniciach. FS Staré Hory 183 dní, FS Myjava 195 dní, FS Závadka 181 dní.



Obrázok 10. Dĺžka vegetačného obdobia (počet dní od fen. fázy prvých listov po všeobecné žltnutie listov) buka lesného od roku 1986 do 2025.

Figure 10. Length of vegetation period (number of days during first leaves to leaves coloring) on European beech in period 1986–2025.

Nárast teploty vzduchu vo vegetačnom období spôsobuje aj vyššiu evapotranspiráciu počas tohto obdobia. V kombinácii s deficitom atmosférických zrážok spôsobuje takýto komplex klimatických faktorov výskyt dlhšieho a rozsiahlejšieho pôdneho sucha ako to bolo napríklad v roku 2022, 2024, a najmä v 2026. Predlžujúce vegetačné obdobie spôsobuje to, že lesné ekosystémy sú dlhšie stresované suchom ako tomu bolo v minulosti. Napríklad v roku 2026 zaznamenávame deficit atmosférických zrážok už od decembra 2025 minimálne do augusta 2026 a prakticky väčšinu času vegetačného obdobia je vegetácia v zrážkovo deficitnom období. To sa prejavilo rozsiahlym výskytom extrémneho sucha, ktoré zasiahlo takmer 80 % územia Slovenska. Vrchol epizódy sucha bol zaznamenaný v druhej dekáde augusta 2026.



Obrázok 11. Graf vývoja sucha v období od apríla do augusta 2026.

Figure 11. Development of drought in period april to august 2026.

Dlhodobu nepriaznivé klimatické podmienky vo vegetačnom období 2026 sa prejavili aj letným žltnutím a opadom listov počas leta v rôznych pohoriach Slovenska. V júli začalo letné žltnutie listov na breze previsnutej, agátoch a v závere júla už aj na buku lesnom. V priebehu augusta sme zaznamenali v oblasti Malých Karpát, Trábeča, Považského Inovca žltnutie listov a ich opad aj na rôznych druhoch dubov. Prejavy sucha sme zaznamenali teda aj na druhoch považovaných relatívne odolných voči dlhodobým epizódam sucha. Takto plošné letné žltnutie a opad listov drevín sme zaznamenali prvýkrát v roku 2022 (Rozkošný et al. 2022) a opäť v roku 2024 (Rozkošný et al. 2024). Preto takúto reakciu lesných drevín na dlhotrvajúcu epizódu sucha zaznamenávame už tretíkrát za posledné 4 roky. Práve fenologická fáza letného žltnutia a opadu listov počas leta nám poukazuje ako veľmi sa klimatické podmienky v lesných ekosystémoch zmenili.



Obrázok 12. Letné žltnutie listov dubov (a) a buka lesného (b) v pohorí Považský Inovec v auguste 2026 (Foto: Rozkošný).

Figure 12. Summer yellowing of oaks (a) and beech (b) in Považský Inovec mountain during august 2026 (Photo: Rozkošný).

Záver

Zmena klimatických podmienok predstavuje jeden z najvýznamnejších faktorov ovplyvňujúcich súčasný stav a budúci vývoj lesných ekosystémov. Rast priemernej teploty vzduchu, zmeny v rozložení a intenzite zrážok, častejší výskyt období sucha a extrémnych meteorologických javov ako aj zvýšený výskyt biotických škodlivých činiteľov môžu významne ovplyvňovať zdravotný stav, druhové zloženie, produkčnú schopnosť a stabilitu lesných porastov. Reakcia lesných ekosystémov na tieto zmeny je komplexná a závisí od vzájomného pôsobenia klimatických, stanovištných a biologických faktorov. Z uvedených skutočností vyplýva potreba uplatňovania adaptačných opatrení v lesnom hospodárstve, ktoré prispievajú k zvýšeniu odolnosti a ekologickej stability lesov. Významnú úlohu pritom zohráva podpora druhovej a štrukturálnej diverzity, využívanie stanovištne vhodných drevín, prirodzená obnova lesa a uplatňovanie princípov prírody blízkeho hospodárenia. Dlhodobé zachovanie ekologických funkcií lesov si zároveň vyžaduje systematický monitoring zmien a flexibilné prispôbovanie hospodárskych postupov aktuálnym i očakávaným klimatickým podmienkam. Budúci vývoj lesných ekosystémov bude vo veľkej miere závisieť od ich schopnosti adaptovať sa na meniace sa prostredie, ako aj od efektívnosti opatrení realizovaných v oblasti ochrany a manažmentu lesov. Zachovanie zdravých, stabilných a funkčných lesných ekosystémov je preto nevyhnutným predpokladom pre zabezpečenie ich produkčných, ekologických a spoločenských funkcií aj v podmienkach pokračujúcej klimatickej zmeny.

Literatúra

- Etheridge, D. M., Steele, L. P., Langenfelds, R. L., Francey, R. J., Barnola, J. M., Morgan, V. I., 1996: Natural and anthropogenic changes in atmospheric CO₂ over the last 1,000 years from air in Antarctic ice and firn. *Journal of Geophysical Research*, 101:4115–4128.
- Friedlingstein, P. et. al. 2026: Global carbon budget 2025. *Earth System Science Data*, 18:3211–3288.
- IPCC, 2022: *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge, Cambridge University Press.
- Ivaňáková, G., Faško, P., Labudová, L., 2016: Zmeny vybraných charakteristík meteorologických prvkov v nížinných polohách Slovenska a ich vplyv na klasifikáciu klímy. *Meteorologický časopis*, 19:23–33.
- Labudová, L., Faško, P., Ivaňáková, G., 2015: Changes in climate and changing climate regions in Slovakia. *Moravian geographical reports*, 23:71–82.
- Lan, X., 2026: Trends in globally-averaged CO₂ determined from NOAA Global Monitoring Laboratory measurements. Version 2026-02. Accessed 6 February 2026. Dostupné na <https://doi.org/10.15138/9N0H-ZH07>.
- Mrekaj, I., Lukasová, V., Rozkošný, J., Onderka, M., 2024: Significant phenological response of forest tree species to climate change in Western Carpathians. *Central European Forestry Journal*, 70:107–121.
- Ruffault, J., Curt, T., Moron, V., Trigo, R. M., Mouillot, F., Koutsias, N., Dupuy, J. L., 2020: Increased likelihood of heat-induced large wildfires in the Mediterranean Basin. *Scientific Reports*, 10:13790.
- Seneviratne, S. I., Zhang, X., Adnan, M., Badi, W., Dereczynski, C., Di Luca, A. et. al., 2021: Weather and climate extreme events in a changing climate.
- Schuldt, B., Buras, A., Arend, M., Vitasse, Y., Beierkuhnlein, C. et. al., 2020: A first assessment of the impact of the extreme 2018 summer drought on Central European forests. *Basic and Applied Ecology*, 45:86–103.
- Stanturf, J., Palik, J., Dumroese, K., 2014: Contemporary forest restoration: A review emphasizing function. *Forest Ecology Management*, 331:292–323.

Internetové zdroje:

Copernicus: <https://climate.copernicus.eu/why-are-europe-and-arctic-heating-faster-rest-world>.

Rozkošný, J., Turňa, M., Pecho, J., 2022: Prejavy sucha v lesných porastoch buka lesného v pohorí Považský Inovec. Aktuality SHMÚ. Dostupné na <https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1248>.

Rozkošný, J., Labudová, L., Ivaňáková, G., Faško, P., 2024: Aktuálne dopady sucha na vegetáciu a porovnanie s rokom 2022 a 2023. Aktuality SHMÚ. Dostupné na <https://www.shmu.sk/sk/?page=2049&id=1515>.

ADRESA

Ing. Jozef Rozkošný, PhD., RNDr. Gabriela Ivaňáková, Mgr. Katarína Mikulová, PhD.,

RNDr. Pavel Faško, CsC., Mgr. Maroš Turňa, Mgr. Zora Snopková, PhD.

Slovenský hydrometeorologický ústav

Jeséniova 17

SK–833 15 Bratislava

e-mail: jozef.rozkosny@shmu.sk, gabriela.ivanakova@shmu.sk, katarina.mikulova@shmu.sk,

pavol.fasko@shmu.sk, maros.turna@shmu.sk, zora.snopkova@shmu.sk