

Dopady změny klimatu na porosty modřínu (*Larix decidua*) v Karpatech

Suma srážek za vegetační sezónu (IV-IX) v období 1961-1990

Tomáš Hlásny, Ivan Barka, Jiří Trombik, Laura Dobor, Zoltán Barcza

Úvodní informace

Karpaty představují největší horské pásmo v Evropě procházející Českou republikou, Rakouskem, Slovenskem, Polskem, Maďarskem, Ukrajinou, Rumunskem a Srbskem. Na přeshraniční hodnocení zranitelnosti ekosystémů v Karpatech v důsledku očekávané změny klimatu je v současnosti zaměřeno více evropských i národních iniciativ. Zranitelnost lesů v Karpatech souvisí jak s jejich managementem, který ve více oblastech vykazuje známky neudržitelnosti, tak i s očekávanou změnou klimatu, v důsledku které dochází k ohrožení porostů suchem i změnou distribuce a populační dynamikou některých škůdců.

Modřín opadavý (*Larix decidua*) je přirozeně rozšířen v Alpách a Karpatech. Modřín je světlomilná dřevina, tolerantní kontinentálnímu klimatu s vyšší teplotní amplitudou. Má větší nároky na půdní a vzdušnou vlhkost. Roste zejména v horských řídkých smíšených porostech se smrkem, bukem, jedlí nebo borovicí. Z hlediska změny klimatu je modřín možno považovat za dřevinu méně zranitelnou, zejména kvůli výskytu v ekologicky stabilnějších smíšených porostech, v nadmořských výškách s dobrým srážkovým zabezpečením a nízkou zranitelností biotickými činiteli.

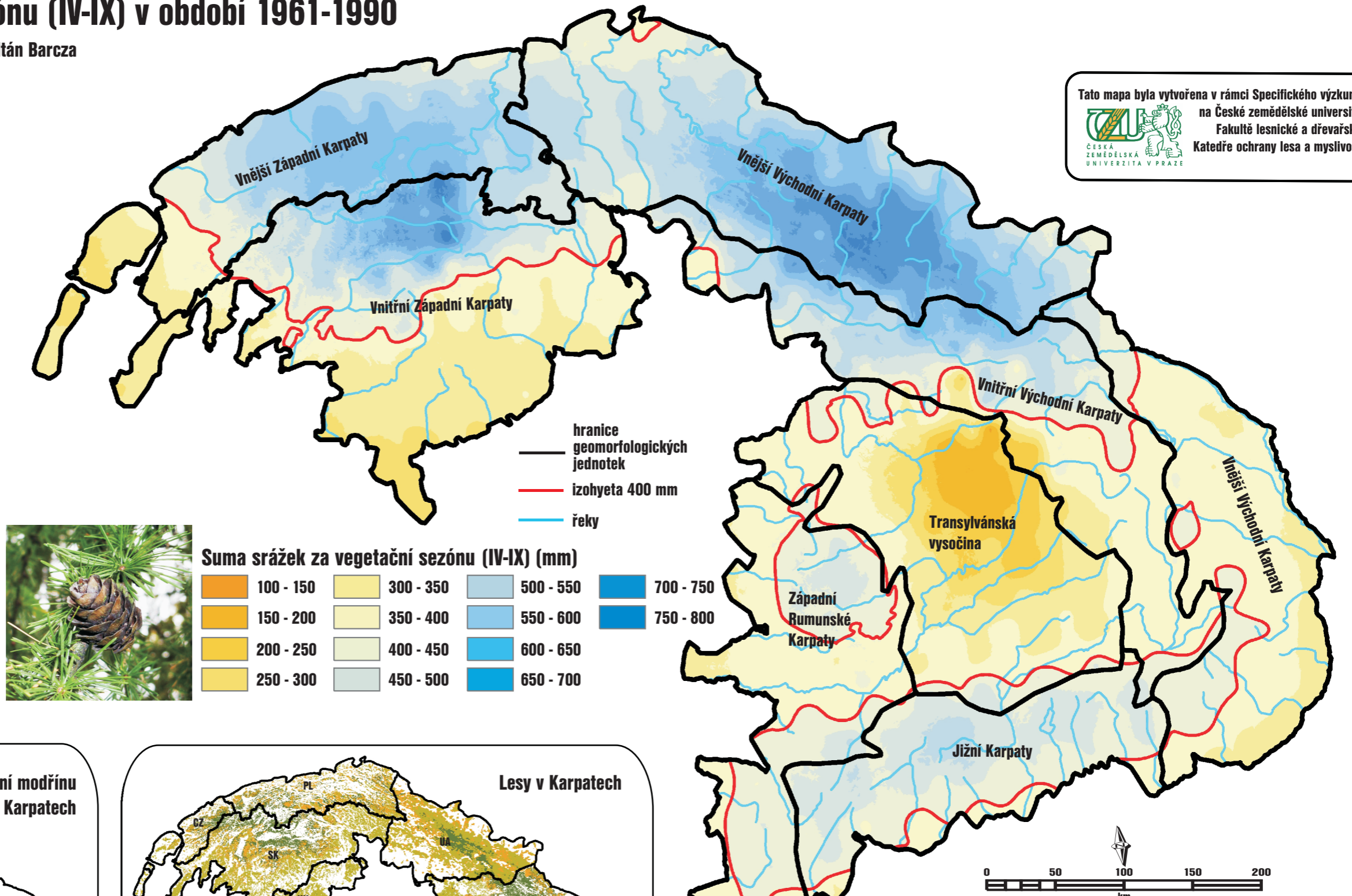
Srážky v období vegetační sezóny jsou významným faktorem ovlivňujícím dostupnost vláhy a tím distribuci lesních dřevin. Srážky představují limitující faktor zejména na spodním distribučním okraji dřevin, tedy v nižších nadmořských výškách a nižších zeměpisných šířkách. Očekávané změny v úhrnech a rozložení srážek v roce jsou v prostoru značně variabilní. V období kolem roku 2050 je podle projekce vývoje klimatu očekáván srážkový režim podobný referenčnímu období, ke konci století je projektován pokles úhrnu srážek ve vegetační sezóně o 10-20%. Zvýšení odparu v důsledku nárůstu teploty vzduchu v kombinaci s poklesem úhrnu srážek může způsobit zvýšený stres porostů suchem, mortalitu dřevin v důsledku sucha a oslabení obranných mechanismů dřevin proti napadení biotickými činiteli.

Použité data

Data o rozšíření dřevin v Karpatech byla převzata z celoevropského statistického mapování dřevin na základě dat národních inventarizací lesa, prediktivního mapování a národních lesnických statistik (Brus a kol. 2011). Výsledkem jsou rastrové mapy s rozlišením 1x1 km, nesoucí informace o zastoupení dané dřeviny. Pro účely této práce byly mapy korigovány na základě dat Corine Landcover.

Klimatická data za období 1951-2007 byla převzata z databáze E-OBS (Haylock a kol. 2008). Data o budoucím klimatu (2007-2100) byla převzata z výsledků projektu ENSEMBLES (van der Linden and Mitchell, 2009). Pro potřeby vytvoření klimatických map Karpat byla použita interpolační technika krigování s externím driftem (Hudson and Wackernagel 1994, Goovaerts 2000), přičemž byla použita nadmořská výška jako podpůrná proměnná, korelována s většinou klimatických prvků. Klimatické mapy byly vytvořeny pro tři časová období - referenční klima (1961-1990), klima v blízké budoucnosti (2021-2050) a klima ve vzdálené budoucnosti (2071-2100).

Pro hodnocení dopadů změny klimatu na lesy v Karpatech byla použita série bioklimatických proměnných podle Fang a Lechowicz (2006).



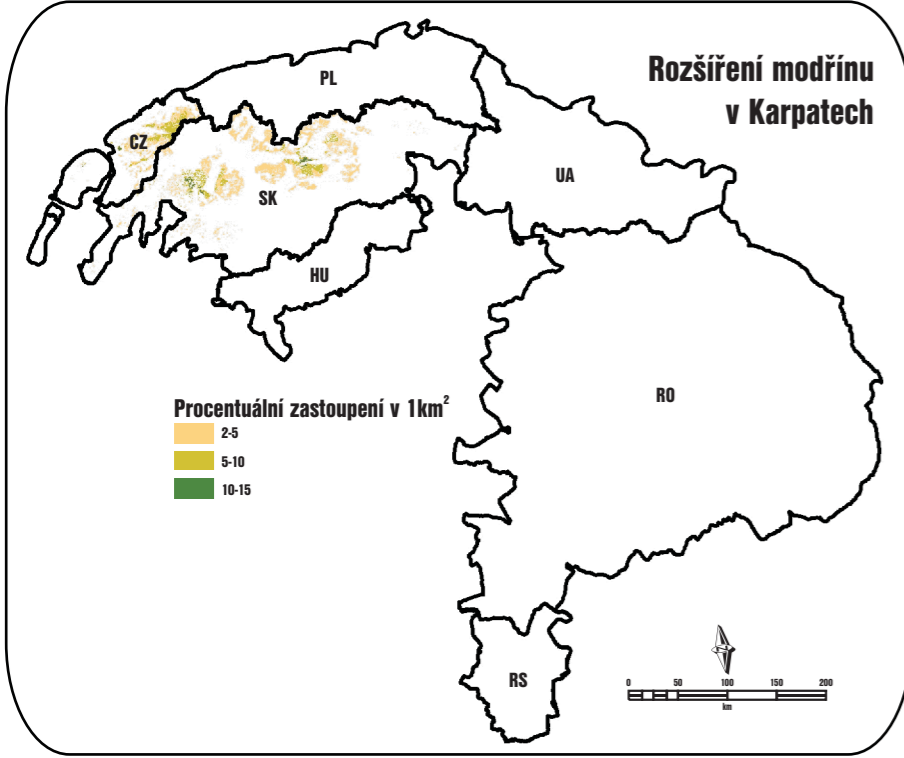
Tato mapa byla vytvořena v rámci Specifického výzkumu na České zemědělské univerzitě, Fakultě lesnické a dřevařské, Katedře ochrany lesa a myslivosti



Suma srážek za vegetační sezónu (IV-IX) (mm)

100 - 150	300 - 350	500 - 550	700 - 750
150 - 200	350 - 400	550 - 600	750 - 800
200 - 250	400 - 450	600 - 650	
250 - 300	450 - 500	650 - 700	

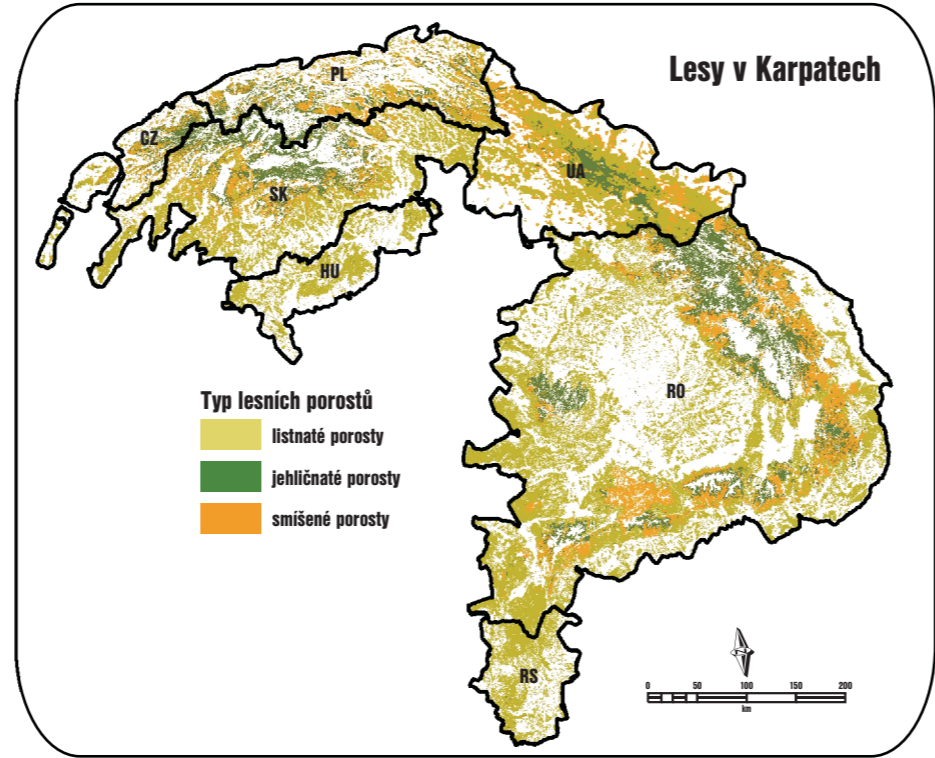
— hranice geomorfologických jednotek
 — izohyeta 400 mm
 — řeky



Rozšíření modřínu v Karpatech

Procentuální zastoupení v 1km²

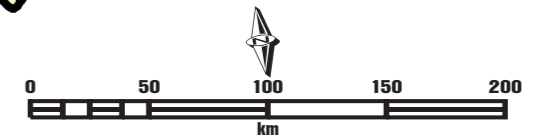
- 2-5
- 5-10
- 10-15



Lesy v Karpatech

Typ lesních porostů

- listnaté porosty
- jehličnaté porosty
- smíšené porosty



POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE DAT

Brus, D. J., Hengeveld, G. M., Walvoort, D. J. J., Goedhart, P. W., Heidema, A. H., Nabuurs, G. J., & Gunia, K. (2011). Statistical mapping of tree species over Europe. *European Journal of Forest Research*, 145-157.

Fang, J., & Lechowicz, M. J. (2006). Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus L.*) species in the world. *Journal of Biogeography*, 33, 1804-1819.

Goovaerts, P. (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*, 228(1-2), 113-129.

Haylock, M. R., Hofstra, N., Klein Tank, A. M. G., Klok, E. J., Jones, P. D., & New, M. (2008). A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. *Journal of Geophysical Research*, 113(D20), D20119.

Hlásny, T., Barcza, Z., Fabrika, M., Balázs, B., Churkina, G., Pajtik, J., Sedmák, R., & Turčáni, M. (2011). Climate change impacts on growth and carbon balance of forests in Central Europe. *Climate Research*, 47(3), 219-236.

Hudson, G., & Wackernagel, H. (1994). Mapping temperature using kriging with external drift: Theory and an example from Scotland. *International Journal of Climatology*, 14(1), 77-91.

Jump, A. S., Hunt, J. M., & Peñuelas, J. (2006). "Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*." *Global Change Biology* 12(11): 2163-2174.

van der Linden, P., Mitchell, J. F. B., 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK, 160pp.

Mátyás, C., Berki, I., Czúcz, B., Gálos, B., Möricz, N., & Raszlovits, E. (2010). Future of Beech in Southeast Europe from the Perspective of Evolutionary Ecology. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 6, 91-110.

Dopady změny klimatu na porosty modřínu (*Larix decidua*) v Karpatech

Suma srážek za vegetační sezónu (IV-IX) v období 2021-2050

Tomáš Hlásny, Ivan Barka, Jiří Trombik, Laura Dobor, Zoltán Barcza

Úvodní informace

Karpaty představují největší horské pásmo v Evropě procházející Českou republikou, Rakouskem, Slovenskem, Polskem, Maďarskem, Ukrajinou, Rumunskem a Srbskem.

Na přeshraniční hodnocení zranitelnosti ekosystémů v Karpatech v důsledku očekávané změny klimatu je v současnosti zaměřeno více evropských i národních iniciativ. Zranitelnost lesů v Karpatech souvisí jak s jejich managementem, který ve více oblastech vykazuje známky noudržitelnosti, tak i s očekávanou změnou klimatu, v důsledku které dochází k ohrožení porostů suchem i změnou distribuce a populační dynamikou některých škůdců.

Modřín opadavý (*Larix decidua*) je přirozeně rozšířen v Alpách a Karpatech. Modřín je světlomilná dřevina, tolerující kontinentální klima s vyšší teplotní amplitudou. Má větší nároky na půdní a vzdušnou vlhkost. Roste zejména v horských řídkých smíšených porostech se smrkem, bukem, jedlí nebo borovicí. Z hlediska změny klimatu je modřín možno považovat za dřevinu méně zranitelnou, zejména kvůli výskytu v ekologicky stabilnějších smíšených porostech, v nadmořských výškách s dobrým srážkovým zabezpečením a nízkou zranitelností biotickými činiteli.

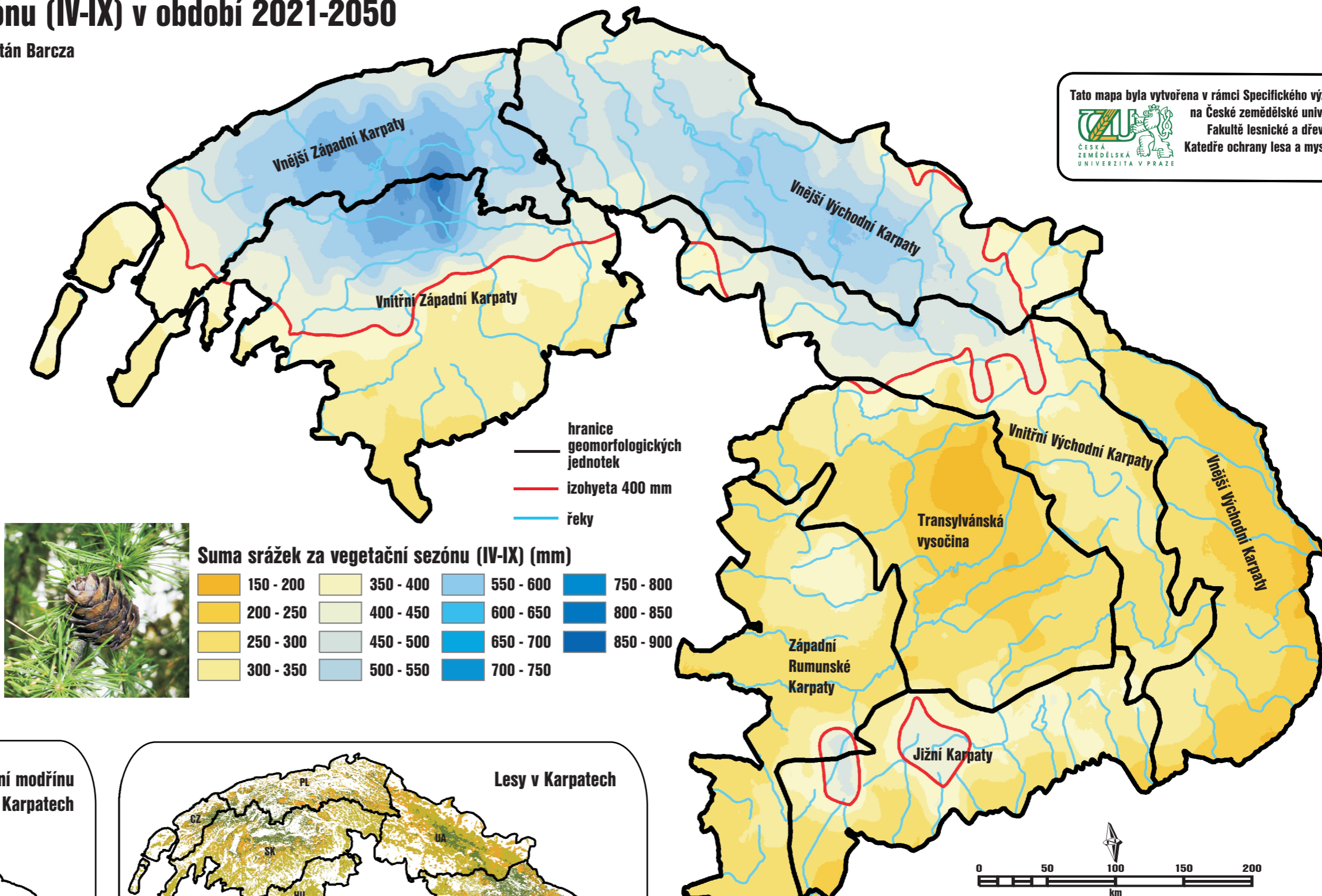
Srážky v období vegetační sezóny jsou významným faktorem ovlivňujícím dostupnost vláhy a tím distribuci lesních dřevin. Srážky představují limitující faktor zejména na spodním distribučním okraji dřevin, tedy v nižších nadmořských výškách a nižších zeměpisných šířkách. Očekávané změny v úhrnech a rozložení srážek v roce jsou v prostoru značně variabilní. V období kolem roku 2050 je podle projekcí vývoje klimatu očekáván srážkový režim podobný referenčnímu období, ke konci století je projektován pokles úhrnu srážek ve vegetační sezóně o 10-20%. Zvýšení odparu v důsledku nárůstu teploty vzduchu v kombinaci s poklesem úhrnu srážek může způsobit zvýšený stres porostů suchem, mortalitu dřevin v důsledku sucha a oslabení obranných mechanismů dřevin proti napadení biotickými činiteli.

Použité data

Data o rozšíření dřevin v Karpatech byla převzata z celoevropského statistického mapování dřevin na základě dat národních inventarizací lesa, prediktivního mapování a národních lesnických statistik (Brus a kol. 2011). Výsledkem jsou rastrové mapy s rozlišením 1x1 km, nesoucí informace o zastoupení dané dřeviny. Pro účely této práce byly mapy korigovány na základě dat Corine Landcover.

Klimatická data za období 1951-2007 byla převzata z databáze E-OBS (Haylok a kol. 2008). Data o budoucím klimatu (2007-2100) byla převzata z výsledků projektu ENSEMBLES (van der Linden and Mitchell, 2009). Pro potřeby vytvoření klimatických map Karpat byla použita interpolační technika krigování s externím driftem (Hudson and Wackernagel 1994, Goovaerts 2000), přičemž byla použita nadmořská výška jako podpůrná proměnná, korelována s většinou klimatických prvků. Klimatické mapy byly vytvořeny pro tři časová období - referenční klima (1961-1990), klima v blízké budoucnosti (2021-2050) a klima ve vzdálené budoucnosti (2071-2100).

Pro hodnocení dopadů změny klimatu na lesy v Karpatech byla použita série bioklimatických proměnných podle Fang a Lechowicz (2006).



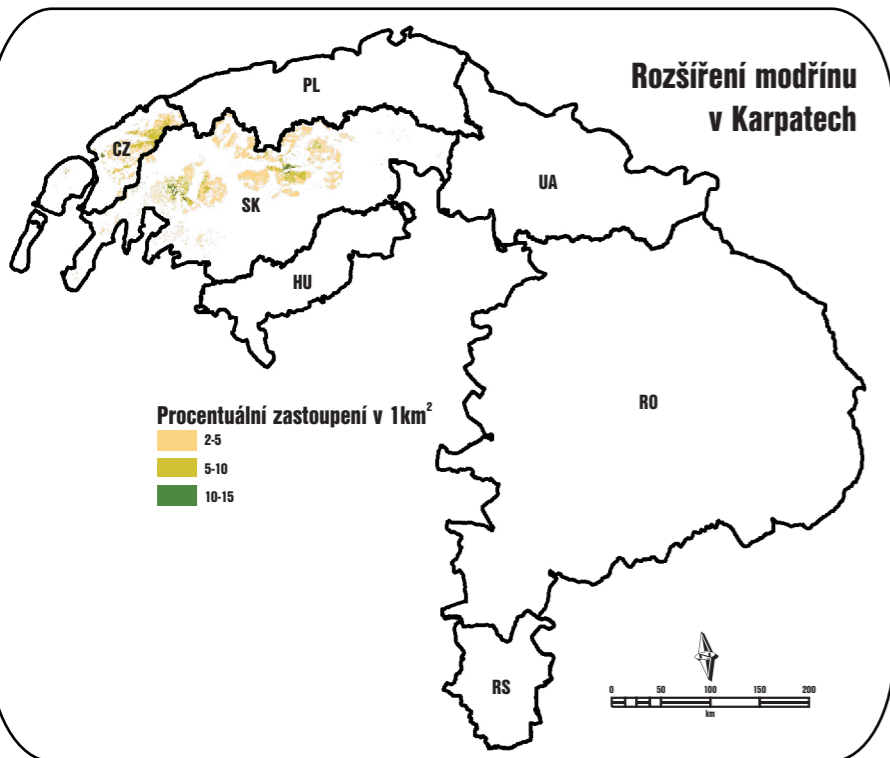
Tato mapa byla vytvořena v rámci Specifického výzkumu na České zemědělské univerzitě, Fakultě lesnické a dřevařské, Katedře ochrany lesa a myslivosti



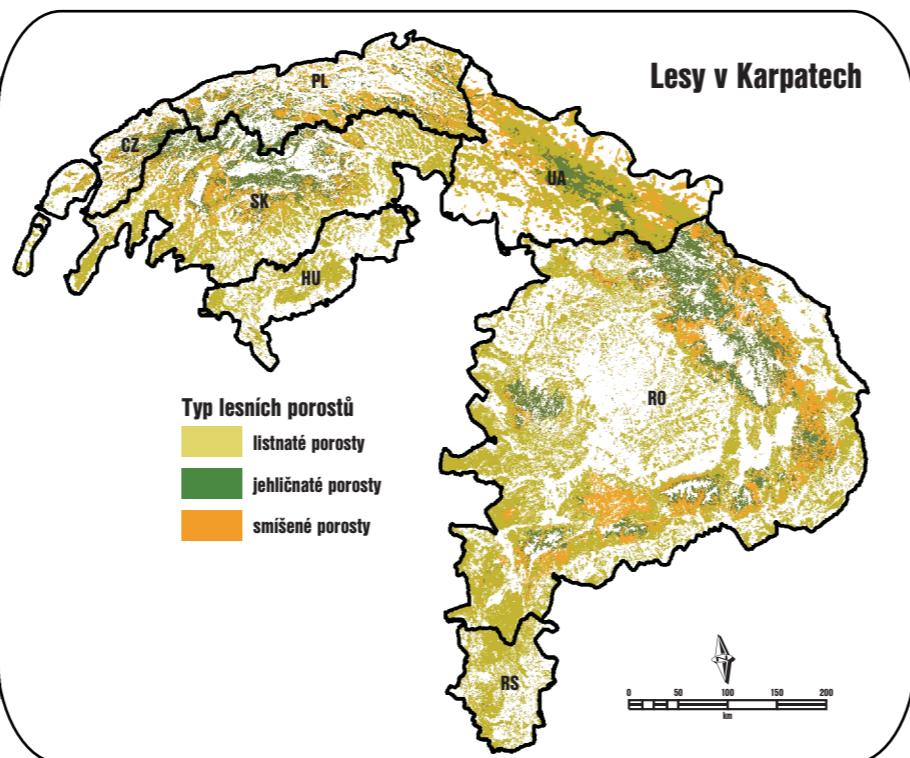
Suma srážek za vegetační sezónu (IV-IX) (mm)



Rozšíření modřínu v Karpatech



Lesy v Karpatech



POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE DAT

Brus, D. J., Hengeveld, G. M., Walvoort, D. J. J., Goedhart, P. W., Heidema, A. H., Nabuurs, G. J., & Gunia, K. (2011). Statistical mapping of tree species over Europe. *European Journal of Forest Research*, 145-157.

Fang, J., & Lechowicz, M. J. (2006). Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus L.*) species in the world. *Journal of Biogeography*, 33, 1804-1819.

Goovaerts, P. (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*, 228(1-2), 113-129.

Haylock, M. R., Hofstra, N., Klein Tank, A. M. G., Klok, E. J., Jones, P. D., & New, M. (2008). A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. *Journal of Geophysical Research*, 113(D20), D20119.

Hlásny, T., Barcza, Z., Fabrika, M., Balázs, B., Churkina, G., Pajtik, J., Sedmák, R., & Turčáni, M. (2011). Climate change impacts on growth and carbon balance of forests in Central Europe. *Climate Research*, 47(3), 219-236.

Hudson, G., & Wackernagel, H. (1994). Mapping temperature using kriging with external drift: Theory and an example from Scotland. *International Journal of Climatology*, 14(1), 77-91.

Jump, A. S., Hunt, J. M., & Peñuelas, J. 2006. "Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*." *Global Change Biology* 12(11): 2163-2174.

van der Linden, P., Mitchell, J. F. B., 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK, 160pp.

Mátyás, C., Berki, I., Czúcz, B., Gálos, B., Móríc, N., & Raszlovits, E. (2010). Future of Beech in Southeast Europe from the Perspective of Evolutionary Ecology. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 6, 91-110.

Dopady změny klimatu na porosty modřínu (*Larix decidua*) v Karpatech

Suma srážek za vegetační sezónu (IV-IX) v období 2071-2100

Tomáš Hlásny, Ivan Barka, Jiří Trombik, Laura Dobor, Zoltán Barcza

Úvodní informace

Karpaty představují největší horské pásmo v Evropě procházející Českou republikou, Rakouskem, Slovenskem, Polskem, Maďarskem, Ukrajinou, Rumunskem a Srbskem. Na přeshraniční hodnocení zranitelnosti ekosystémů v Karpatech v důsledku očekávané změny klimatu je v současnosti zaměřeno více evropských i národních iniciativ. Zranitelnost lesů v Karpatech souvisí jak s jejich managementem, který ve více oblastech vykazuje známky noudržitelnosti, tak i s očekávanou změnou klimatu, v důsledku které dochází k ohrožení porostů suchem i změnou distribuci a populační dynamikou některých škůdců.

Modřín opadavý (*Larix decidua*) je přirozeně rozšířen v Alpách a Karpatech. Modřín je světlomilná dřevina, tolerantní kontinentální klima s vyšší teplotní amplitudou. Má větší nároky na půdní a vzdušnou vlhkost. Roste zejména v horských řídkých smíšených porostech se smrkem, bukem, jedlí nebo borovicí. Z hlediska změny klimatu je modřín možno považovat za dřevinu méně zranitelnou, zejména kvůli výskytu v ekologicky stabilnějších smíšených porostech, v nadmořských výškách s dobrým srážkovým zabezpečením a nízkou zranitelností biotickými činiteli.

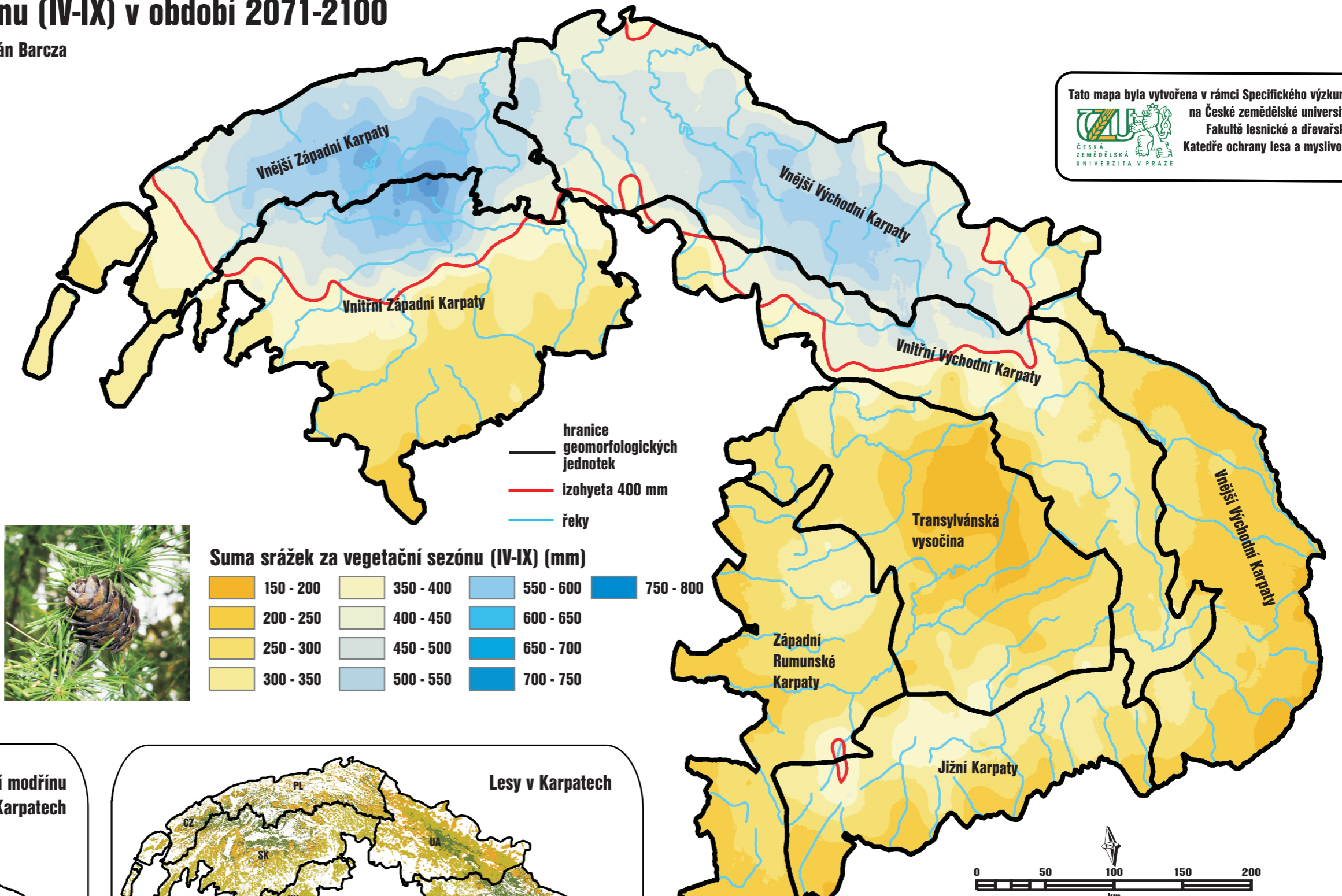
Srážky v období vegetační sezóny jsou významným faktorem ovlivňujícím dostupnost vláhy a tím distribuci lesních dřevin. Srážky představují limitující faktor zejména na spodním distribučním okraji dřevin, tedy v nižších nadmořských výškách a nižších zeměpisných šířkách. Očekávané změny v úhrnech a rozložení srážek v roce jsou v prostoru značně variabilní. V období kolem roku 2050 je podle projekcí vývoje klimatu očekáván srážkový režim podobný referenčnímu období, ke konci století je projektován pokles úhrnu srážek ve vegetační sezóně o 10-20%. Zvýšení odparu v důsledku nárůstu teploty vzduchu v kombinaci s poklesem úhrnu srážek může způsobit zvýšený stres porostů suchem, mortalitu dřevin v důsledku sucha a oslabení obranných mechanismů dřevin proti napadení biotickými činiteli.

Použitá data

Data o rozšíření dřevin v Karpatech byla převzata z celoevropského statistického mapování dřevin na základě dat národních inventarizací lesa, prediktivního mapování a národních lesnických statistik (Brus a kol. 2011). Výsledkem jsou rastrové mapy s rozlišením 1x1 km, nesoucí informace o zastoupení dané dřeviny. Pro účely této práce byly mapy korigovány na základě dat Corine Landcover.

Klimatická data za období 1951-2007 byla převzata z databáze E-OBS (Haylock a kol. 2008). Data o budoucím klimatu (2007-2100) byla převzata z výsledků projektu ENSEMBLES (van der Linden and Mitchell, 2009). Pro potřeby vytvoření klimatických map Karpat byla použita interpolační technika krigování s externím driftem (Hudson and Wackernagel 1994, Goovaerts 2000), přičemž byla použita nadmořská výška jako podpůrná proměnná, korelována s většinou klimatických prvků. Klimatické mapy byly vytvořeny pro tři časová období - referenční klima (1961-1990), klima v blízké budoucnosti (2021-2050) a klima ve vzdálené budoucnosti (2071-2100).

Pro hodnocení dopadů změny klimatu na lesy v Karpatech byla použita série bioklimatických proměnných podle Fang a Lechowicz (2006).

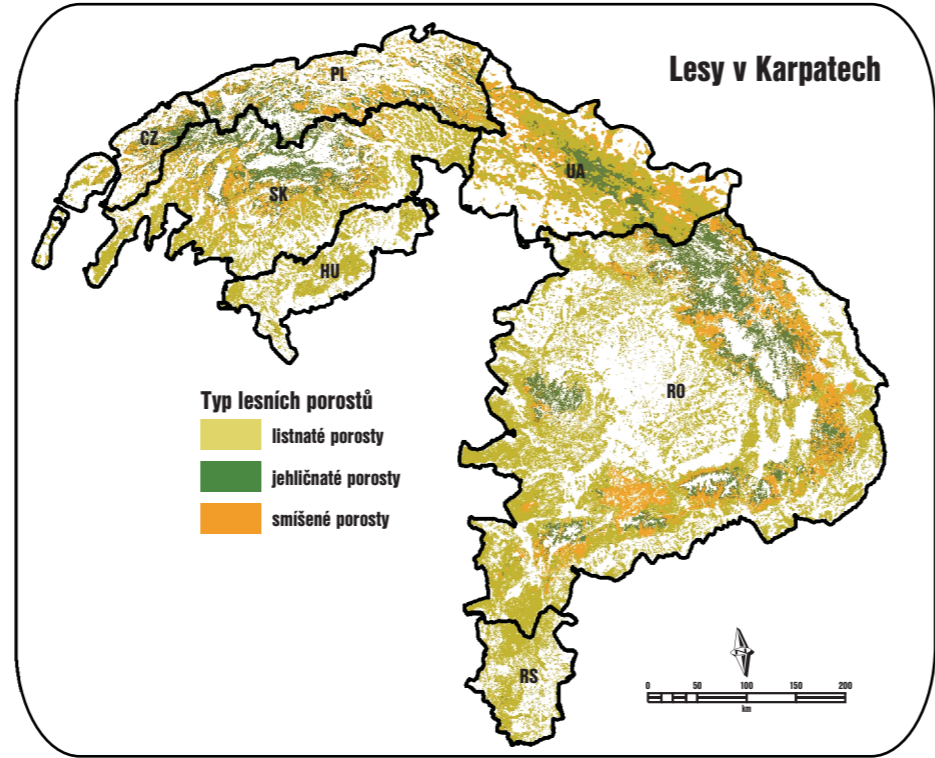
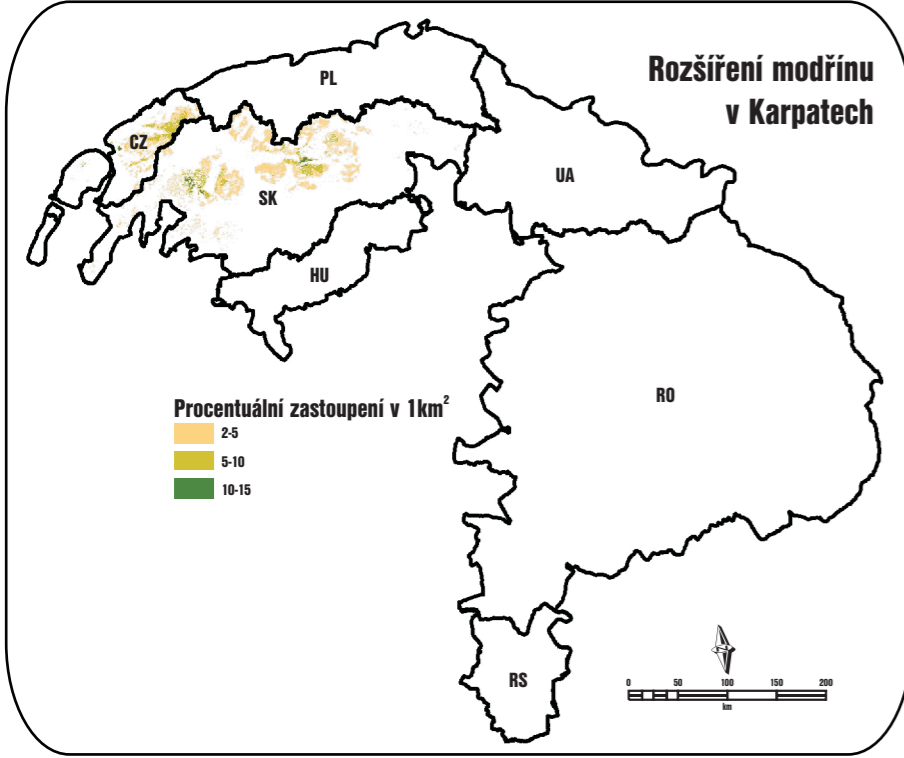


Tato mapa byla vytvořena v rámci Specifického výzkumu na České zemědělské univerzitě, Fakultě lesnické a dřevařské, Katedře ochrany lesa a myslivosti



Suma srážek za vegetační sezónu (IV-IX) (mm)

150 - 200	350 - 400	550 - 600	750 - 800
200 - 250	400 - 450	600 - 650	
250 - 300	450 - 500	650 - 700	
300 - 350	500 - 550	700 - 750	



POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE DAT

Brus, D. J., Hengeveld, G. M., Walvoort, D. J. J., Goedhart, P. W., Heidema, A. H., Nabuurs, G. J., & Gunia, K. (2011). Statistical mapping of tree species over Europe. *European Journal of Forest Research*, 145-157

Fang, J., & Lechowicz, M. J. (2006). Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus L.*) species in the world. *Journal of Biogeography*, 33, 1804-1819.

Goovaerts, P. (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*, 228(1-2), 113-129.

Haylock, M. R., Hofstra, N., Klein Tank, A. M. G., Klok, E. J., Jones, P. D., & New, M. (2008). A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. *Journal of Geophysical Research*, 113(D20), D20119.

Hlásny, T., Barcza, Z., Fabrika, M., Balázs, B., Churkina, G., Pajtik, J., Sedmák, R. & Turčáni, M. (2011). Climate change impacts on growth and carbon balance of forests in Central Europe. *Climate Research*, 47(3), 219-236.

Hudson, G., & Wackernagel, H. (1994). Mapping temperature using kriging with external drift: Theory and an example from Scotland. *International Journal of Climatology*, 14(1), 77-91.

Jump, A. S., Hunt, J. M. & Peñuelas, J. 2006. "Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*." *Global Change Biology* 12(11): 2163-2174.

van der Linden, P., Mitchell, J. F. B., 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK, 160pp.

Mátyás, C., Berki, I., Czúcz, B., Gálos, B., Möricz, N., & Raszlovits, E. (2010). Future of Beech in Southeast Europe from the Perspective of Evolutionary Ecology. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 6, 91-110.

Klimatická exponovanost modřínu (*Larix decidua*) v Karpatech v období 2021-2050

Změna sumy srážek za vegetační sezónu (IV-IX) v období 2021-2050 oproti období 1961-1990

Tomáš Hlásny, Ivan Barka, Jiří Trombik, Laura Dobor, Zoltán Barcza

Úvodní informace

Karpaty představují největší horské pásmo v Evropě procházející Českou republikou, Rakouskem, Slovenskem, Polskem, Maďarskem, Ukrajinou, Rumunskem a Srbskem.

Na přeshraniční hodnocení zranitelnosti ekosystémů v Karpatech v důsledku očekávané změny klimatu je v současnosti zaměřeno více evropských i národních iniciativ. Zranitelnost lesů v Karpatech souvisí jak s jejich managementem, který ve více oblastech vykazuje známky neudržitelnosti, tak i s očekávanou změnou klimatu, v důsledku které dochází k ohrožení porostů suchem i změnou distribuce a populační dynamiky některých skůdců.

Modřín opadavý (*Larix decidua*) je přirozeně rozšířen v Alpách a Karpatech. Modřín je světlomilná dřevina, tolerující kontinentální klima s vyšší teplotní amplitudou. Má větší nároky na půdu a vzdušnou vlhkost. Roste zejména v horských řídkých smíšených porostech se smrkem, bukem, jedlí nebo borovicí. Z hlediska změny klimatu je modřín možno považovat za dřevinu méně zranitelnou, zejména kvůli výskytu v ekologicky stabilnějších smíšených porostech, v nadmořských výškách s dobrým srážkovým zabezpečením a nízkou zranitelností biotickými činiteli.

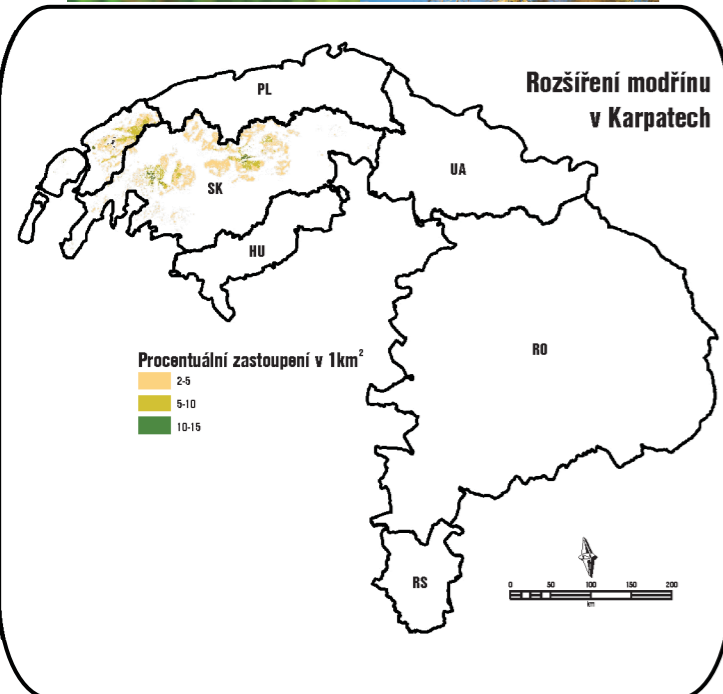
Srážky v období vegetační sezóny jsou významným faktorem ovlivňujícím dostupnost vláhy a tím distribuci lesních dřevin. Srážky představují limitující faktor zejména na spodním distribučním okraji dřevin, tedy v nižších nadmořských výškách a nižších zeměpisných šířkách. Očekávané změny v úhrnech a rozložení srážek v roce jsou v prostoru značně variabilní. V období kolem roku 2050 je podle projekcí vývoje klimatu očekáván srážkový režim podobný referenčnímu období, ke konci století je projektován pokles úhrnu srážek ve vegetační sezóně o 10-20%. Zvýšení odparu v důsledku nárůstu teploty vzduchu v kombinaci s poklesem úhrnu srážek může způsobit zvýšený stres porostů suchem, mortalitu dřevin v důsledku sucha a oslabení obranných mechanismů dřevin proti napadení biotickými činiteli.

Použitá data

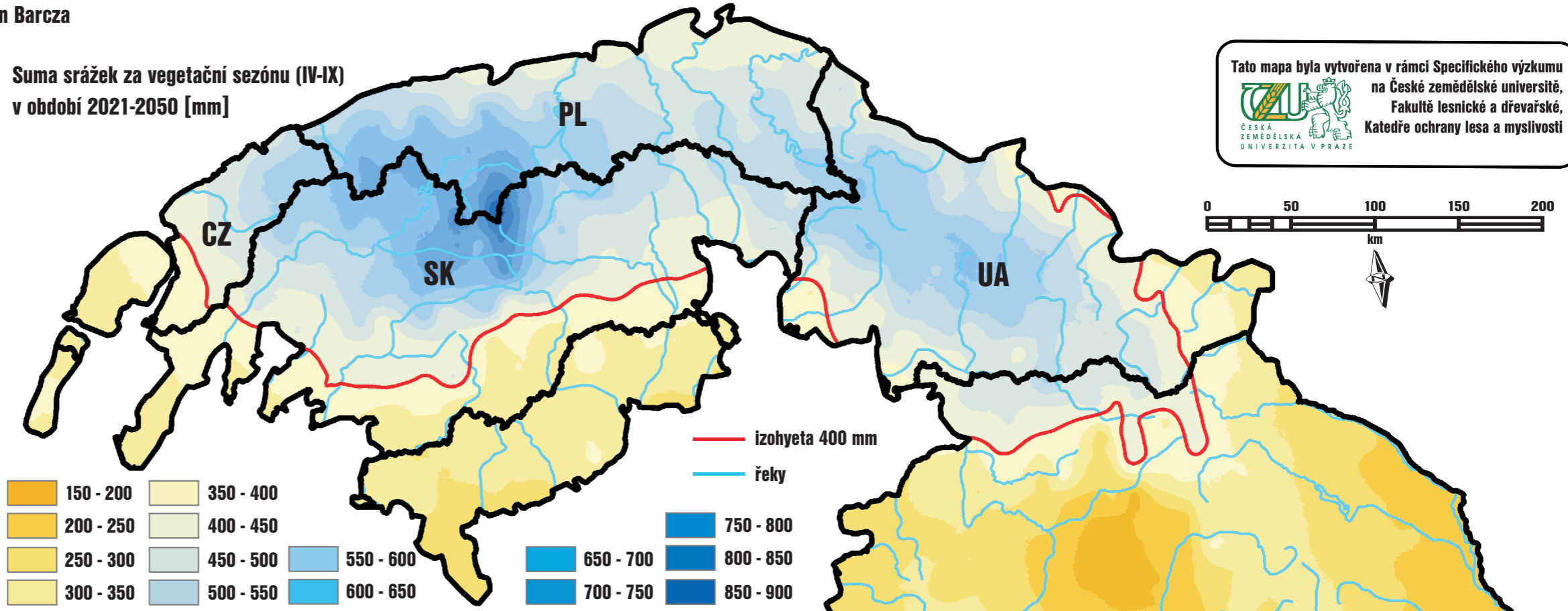
Data o rozšíření dřevin v Karpatech byla převzata z celoevropského statistického mapování dřevin na základě dat národních inventarizací lesa, prediktivního mapování a národních lesnických statistik (Brus a kol. 2011). Výsledkem jsou rastrové mapy s rozlišením 1x1 km, nesoucí informace o zastoupení dané dřeviny. Pro účely této práce byly mapy korigovány na základě dat Corine Landcover.

Klimatická data za období 1951-2007 byla převzata z databáze E-OBS (Haylock a kol. 2008). Data o budoucím klimatu (2007-2100) byla převzata z výsledků projektu ENSEMBLES (van der Linden a Mitchell, 2009). Pro potřeby vytvoření klimatických map Karpat byla použita interpolační technika krigování s externím driftem (Hudson and Wackernagel 1994, Goovaerts 2000), přičemž byla použita nadmořská výška jako podpůrná proměnná korelovaná s většinou klimatických prvků. Klimatické mapy byly vytvořeny pro tři časové období – referenční klima (1961-1990), klima v blízké budoucnosti (2021-2050) a klima ve vzdálené budoucnosti (2071-2100).

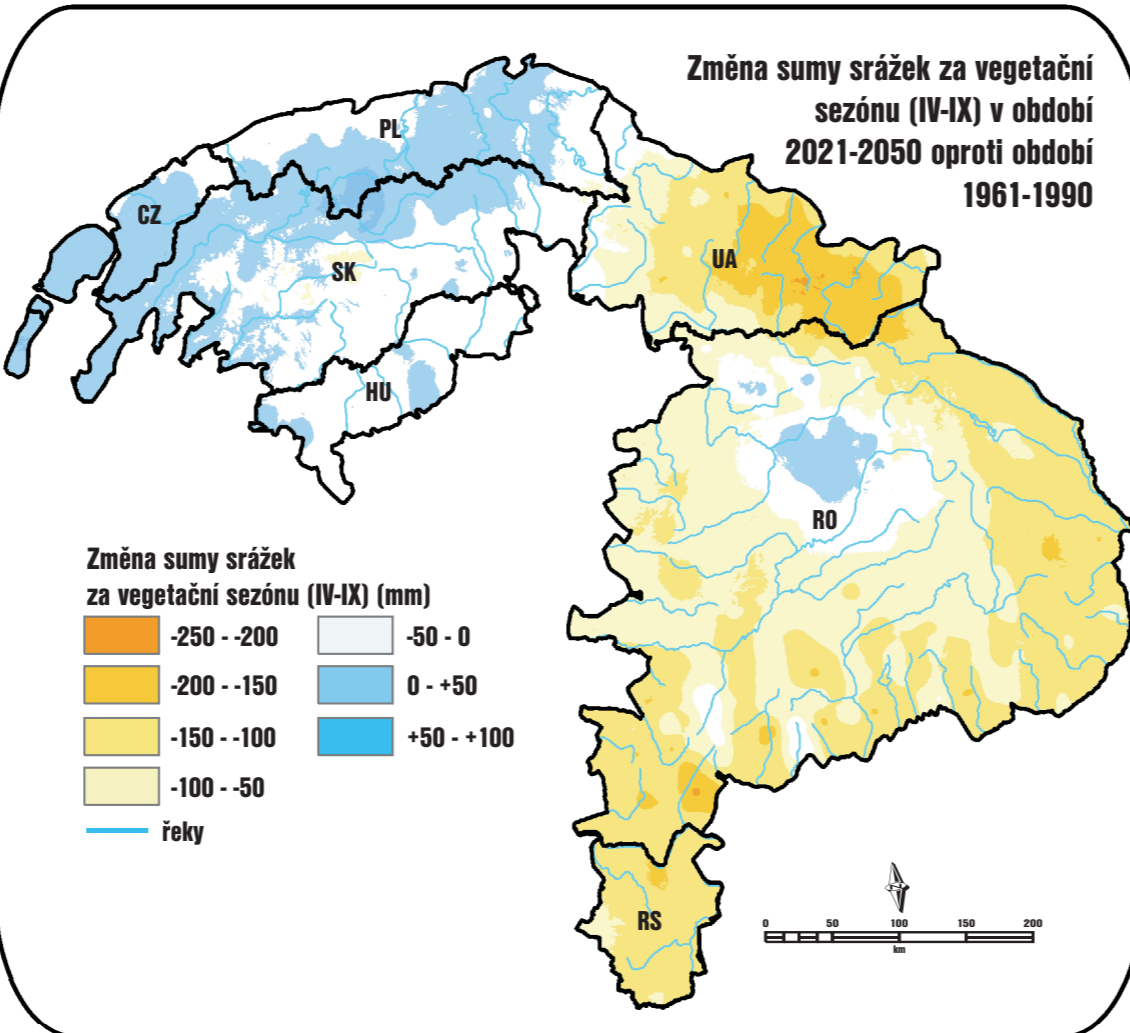
Pro hodnocení dopadů změny klimatu na lesy v Karpatech byla použita série bioklimatických proměnných podle Fang a Lechowicz (2006).



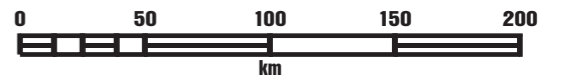
Suma srážek za vegetační sezónu (IV-IX) v období 2021-2050 [mm]



Změna sumy srážek za vegetační sezónu (IV-IX) v období 2021-2050 oproti období 1961-1990



Tato mapa byla vytvořena v rámci Specifického výzkumu na České zemědělské univerzitě, Fakultě lesnické a dřevařské, Katedře ochrany lesa a myslivosti



POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE DAT

Brus, D. J., Hengeveld, G. M., Walvoort, D. J. J., Goedhart, P. W., Heidema, A. H., Nabuurs, G. J., & Gunia, K. (2011). Statistical mapping of tree species over Europe. *European Journal of Forest Research*, 145-157.

Fang, J., & Lechowicz, M. J. (2006). Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus L.*) species in the world. *Journal of Biogeography*, 33, 1804-1819.

Goovaerts, P. (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*, 228(1-2), 113-129.

Haylock, M. R., Hofstra, N., Klein Tank, A. M. G., Klok, E. J., Jones, P. D., & New, M. (2008). A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. *Journal of Geophysical Research*, 113(D20), D20119.

Hlásny, T., Barcza, Z., Fabrika, M., Balázs, B., Churkina, G., Pajtk, J., Sedmák, R. & Turčáni, M. (2011). Climate change impacts on growth and carbon balance of forests in Central Europe. *Climate Research*, 47(3), 219-236.

Hudson, G., & Wackernagel, H. (1994). Mapping temperature using kriging with external drift: Theory and an example from Scotland. *International Journal of Climatology*, 14(1), 77-91.

Jump, A. S., Hunt, J. M. & Peñuelas, J. 2006. "Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*." *Global Change Biology* 12(11): 2163-2174.

van der Linden, P., Mitchell, J. F. B., 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK, 160pp.

Mátyás, C., Berki, I., Czúcz, B., Gálos, B., Mórinc, N., & Raszovits, E. (2010). Future of Beech in Southeast Europe from the Perspective of Evolutionary Ecology. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 6, 91-110.

Klimatická exponovanost modřínu (*Larix decidua*) v Karpatech v období 2071-2100

Změna sumy srážek za vegetační sezónu (IV-IX) v období 2071-2100 oproti období 1961-1990

Tomáš Hlásny, Ivan Barka, Jiří Trombik, Laura Dobor, Zoltán Barcza

Úvodní informace

Karpaty představují největší horské pásmo v Evropě procházející Českou republikou, Rakouskem, Slovenskem, Polskem, Maďarskem, Ukrajinou, Rumunskem a Srbskem. Na přeshraniční hodnocení zranitelnosti ekosystémů v Karpatech v důsledku očekávané změny klimatu je v současnosti zaměřeno více evropských i národních iniciativ. Zranitelnost lesů v Karpatech souvisí jak s jejich managementem, který ve více oblastech vykazuje známky neudržitelnosti, tak i s očekávanou změnou klimatu, v důsledku které dochází k ohrožení porostů suchem i změnou distribuce a populační dynamiky některých skůdců.

Modřín opadavý (*Larix decidua*) je přirozeně rozšířen v Alpách a Karpatech. Modřín je světlomilná dřevina, tolerující kontinentální klima s vyšší teplotní amplitudou. Má větší nároky na půdní a vzdušnou vlhkost. Roste zejména v horských řídkých smíšených porostech se smrkem, bukem, jedlí nebo borovicí. Z hlediska změny klimatu je modřín možno považovat za dřevinu méně zranitelnou, zejména kvůli výskytu v ekologicky stabilnějších smíšených porostech, v nadmořských výškách s dobrým srážkovým zabezpečením a nízkou zranitelností biotickými činiteli.

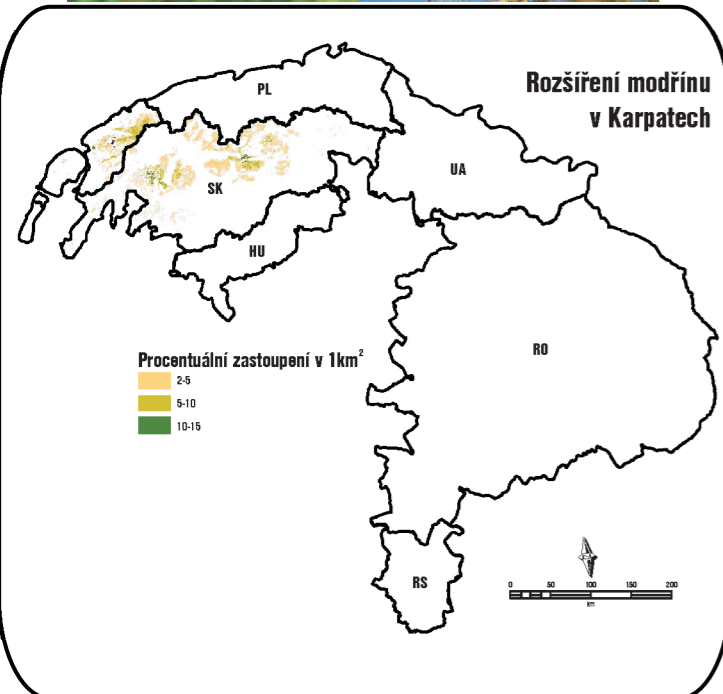
Srážky v období vegetační sezóny jsou významným faktorem ovlivňujícím dostupnost vláhy a tím distribuci lesních dřevin. Srážky představují limitující faktor zejména na spodním distribučním okraji dřevin, tedy v nižších nadmořských výškách a nižších zeměpisných šířkách. Očekávané změny v úhrnech a rozložení srážek v roce jsou v prostoru značně variabilní. V období kolem roku 2050 je podle projekcí vývoje klimatu očekáván srážkový režim podobný referenčnímu období, ke konci století je projektován pokles úhrnů srážek ve vegetační sezóně o 10-20%. Zvýšení odparu v důsledku nárůstu teploty vzduchu v kombinaci s poklesem úhrnů srážek může způsobit zvýšený stres porostů suchem, mortalitu dřevin v důsledku sucha a oslabení obranných mechanismů dřevin proti napadení biotickými činiteli.

Použitá data

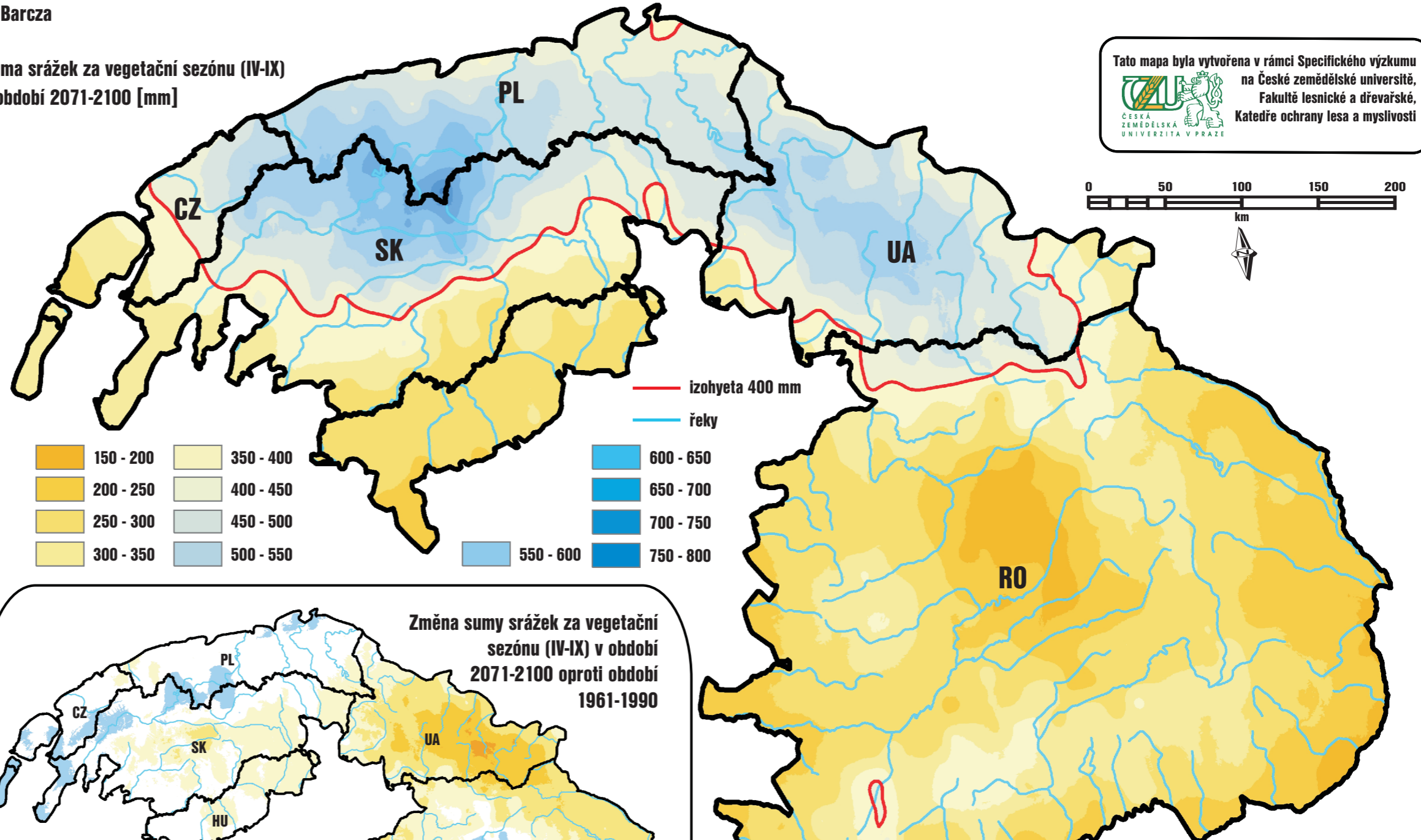
Data o rozšíření dřevin v Karpatech byla převzata z celoevropského statistického mapování dřevin na základě dat národních inventarizací lesa, prediktivního mapování a národních lesnických statistik (Brus a kol. 2011). Výsledkem jsou rastrové mapy s rozlišením 1x1 km, nesoucí informace o zastoupení dané dřeviny. Pro účely této práce byly mapy korigovány na základě dat Corine Landcover.

Klimatická data za období 1951-2007 byla převzata z databáze E-OBS (Haylok a kol. 2008). Data o budoucím klimatu (2007-2100) byla převzata z výsledků projektu ENSEMBLES (van der Linden and Mitchell, 2009). Pro potřeby vytvoření klimatických map Karpat byla použita interpolační technika krigování s externím driftem (Hudson and Wackernagel 1994, Goovaerts 2000), přičemž byla použita nadmořská výška jako podpůrná proměnná korelovaná s většinou klimatických prvků. Klimatické mapy byly vytvořeny pro tři časové období – referenční klima (1961-1990), klima v blízké budoucnosti (2021-2050) a klima ve vzdálené budoucnosti (2071-2100).

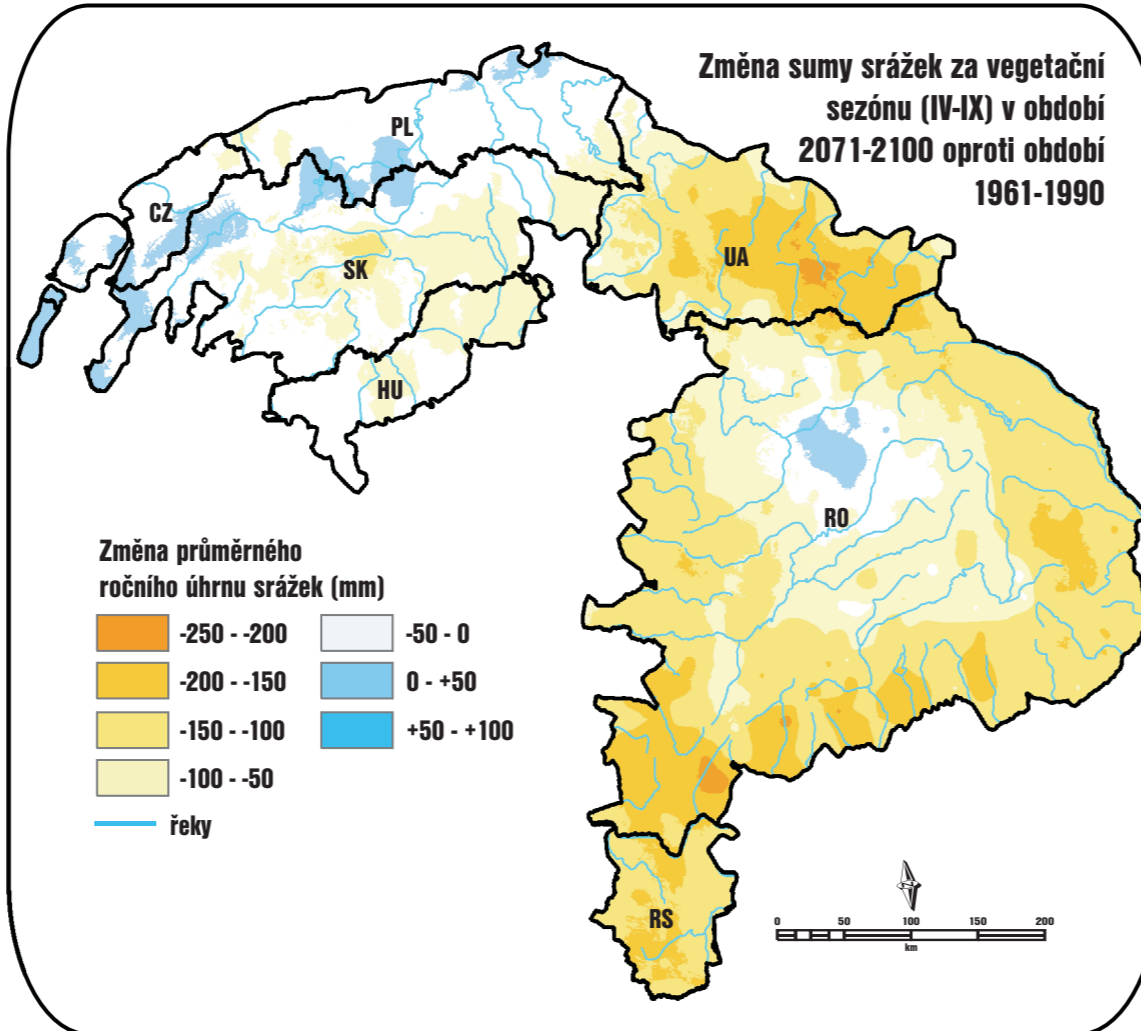
Pro hodnocení dopadů změny klimatu na lesy v Karpatech byla použita série bioklimatických proměnných podle Fang a Lechowicz (2006).



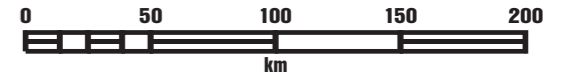
Suma srážek za vegetační sezónu (IV-IX) v období 2071-2100 [mm]



Změna sumy srážek za vegetační sezónu (IV-IX) v období 2071-2100 oproti období 1961-1990



Tato mapa byla vytvořena v rámci Specifického výzkumu na České zemědělské univerzitě, Fakultě lesnické a dřevařské, Katedře ochrany lesa a myslivosti



POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE DAT

- Brus, D. J., Hengeveld, G. M., Walvoort, D. J. J., Goedhart, P. W., Heidema, A. H., Nabuurs, G. J., & Gunia, K. (2011). Statistical mapping of tree species over Europe. *European Journal of Forest Research*, 145-157
- Fang, J., & Lechowicz, M. J. (2006). Climatic limits for the present distribution of beech (*Fagus L.*) species in the world. *Journal of Biogeography*, 33, 1804-1819.
- Goovaerts, P. (2000). Geostatistical approaches for incorporating elevation into the spatial interpolation of rainfall. *Journal of Hydrology*, 228(1-2), 113-129.
- Haylock, M. R., Hofstra, N., Klein Tank, A. M. G., Klok, E. J., Jones, P. D., & New, M. (2008). A European daily high-resolution gridded data set of surface temperature and precipitation for 1950-2006. *Journal of Geophysical Research*, 113(D20), D20119.
- Hlásny, T., Barcza, Z., Fabrika, M., Balázs, B., Churkina, G., Pajtk, J., Sedmák, R. & Turčáni, M. (2011). Climate change impacts on growth and carbon balance of forests in Central Europe. *Climate Research*, 47(3), 219-236.
- Hudson, G., & Wackernagel, H. (1994). Mapping temperature using kriging with external drift: Theory and an example from Scotland. *International Journal of Climatology*, 14(1), 77-91.
- Jump, A. S., Hunt, J. M. & Peñuelas, J. 2006. "Rapid climate change-related growth decline at the southern range edge of *Fagus sylvatica*." *Global Change Biology* 12(11): 2163-2174.
- van der Linden, P., Mitchell, J. F. B., 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of research and results from the ENSEMBLES project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK, 160pp.
- Mátyás, C., Berki, I., Czúcz, B., Gálos, B., Móríc, N., & Raszovits, E. (2010). Future of Beech in Southeast Europe from the Perspective of Evolutionary Ecology. *Acta Silvatica & Lignaria Hungarica*, 6, 91-110.