

Hana Středová, Tomáš Středa, Jaroslav Rožnovský, Filip Chuchma, Jan Vopravil

Metodika vymezení klimatických regionů v rámci systému bonitovaných půdně ekologických jednotek

Dedikace

Metodika vznikla s finanční podporou Ministerstva zemědělství a je výstupem řešení výzkumného projektu Národní agentury pro zemědělský výzkum č. QK1920280 „Inovace bonitačního systému zemědělských půd (BPEJ) pro potřeby státní správy“.

doc. Ing. Bc. Hana Středová, Ph.D.

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie

Ing. Tomáš Středa, Ph.D.

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta, Ústav pěstování, šlechtění rostlin a rostlinolékařství

RNDr. Ing. Jaroslav Rožnovský, CSc.

Mendelova univerzita v Brně

Zahradnická fakulta, Ústav šlechtění a množení zahradnických rostlin

RNDr. Filip Chuchma, Ph.D.

Mendelova univerzita v Brně

Agronomická fakulta, Ústav aplikované a krajinné ekologie

Ing. Jan Vopravil, Ph.D.

Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i., Oddělení Pedologie a ochrana půdy

© Mendelova univerzita v Brně

ISBN 978-80-7509-810-8

Abstrakt

Náplní metodiky je inovované exaktní definování postupu vymezení klimatické rajonizace používané v rámci hodnocení produkčního potenciálu zemědělské půdy v ČR. Po vymezení konsekvencí termínu „produkční potenciál“ a uvedení jeho hodnocení do historických souvislostí, je hlavní pozornost věnována možnostem a limitům aplikace soudobých klimatologických dat, metod a přístupů. Výsledkem je pak zhodnocení možností aktualizace platné klimatické rajonizace v rámci systému bonitovaných půdně ekologických jednotek. V rámci návrhu nové rajonizace klimatických regionů byly využity hodnoty potenciální (základní) vláhové bilance. Jako doplňující charakteristiky blíže specifikující jednotlivé klimatické regiony s ohledem na jejich klimatické poměry je vhodné v návaznosti na původní systém použít průměrnou roční teplotu vzduchu, TS 10 a průměrný roční srážkový úhrn. Do hodnocení je zahrnut i průměr vypočtený z ročních absolutních minim teploty vzduchu jako možný ukazatel podmínek přezimování rostlin v daných oblastech.

Abstract

The methodology innovatively defines the procedure of climatic zoning used in the evaluation of the production potential of agricultural land in the Czech Republic. After defining the consequences of the term "production potential" and putting its evaluation into historical context, the main attention is paid to the possibilities and limits of the application of current climatological data, methods and approaches. The result is an evaluation of the possibilities of updating the climate zoning within the Estimated pedological ecological unit system. The new zoning of climatic regions is based on the values of the potential (basic) moisture balance. Following the original system, it is appropriate to use the average annual air temperature, temperature sum above 10°C and the average annual precipitation total as additional characteristics specifying the individual climatic regions with regard to their climatic conditions. The evaluation also includes an average calculated from the annual absolute minimums of air temperature as a possible indicator of wintering conditions in the given areas.

Oponenti:

Ing. Karel Jacko, Ph.D.

Agrio s.r.o.

XY

Ministerstvo zemědělství ČR

Metodika byla certifikována Odborem ... Ministerstva zemědělství ČR vydáním osvědčení č. XXXX ze dne XXXX.

OBSAH

1	Úvod.....	6
2	Cíl.....	6
3	Východiska metodiky	7
3.1	Klimatická podmíněnost produkčního potenciálu půdy	7
3.1.1	Bonitace půd	7
3.1.2	Původní klimatická rajonizace v rámci systému Bonitovaných půdně ekologických jednotek	9
4	Novost metody	11
4.1	Zdůvodnění potřeby aktualizace systému vymezení klimatických regionů	11
4.2	Nový přístup k vymezení klimatických regionů.....	12
4.2.1	Použité klimatické charakteristiky	13
4.2.2	Referenční období pro vymezení KR.....	13
4.2.3	Použitá data, postupy a výpočtové algoritmy	14
5	Závěry a definování relevantního metodického postupu procesu aktualizace klimatických regionů	17
5.1	Pravidelná aktualizace - „Živý systém“.....	17
5.2	Adjustace systému pro konkrétní praktické aplikace	17
6	Popis uplatnění certifikované metodiky	17
7	Ekonomické aspekty	18
8	Seznam zkratk	19
9	Seznam použité související literatury	199
10	Seznam publikací, které předcházely metodice	20

1 Úvod

V současné době, tj. po 70 letech od skončení referenčního období použitého pro vymezení jednotlivých klimatických regionů (KR), vyvstává potřeba aktualizace stávající metodiky jejich vymezení. Mezi nejpádňější argumenty zdůvodňující nutnost aktualizace patří zejména změna klimatických charakteristik od období 1901-1950 v důsledku vývoje a změny klimatu, dále pak také možnost využití nových nástrojů a postupů daných technickým pokrokem a dokonalejší měřicí technikou, automatizací měření a rozvojem klimatických modelů spojených s možností simulace komplexních charakteristik a odhadem vývoje klimatu do budoucna. S ohledem na tyto důvody byly provedeny dílčí kroky zahrnující zhodnocení současného stavu, implementaci výsledků a návrh možného řešení aktualizace. Výsledkem práce je návrh náhrady dvou parametrů použitých v původní metodice pro vymezení KR, konkrétně: pravděpodobnosti výskytu suchých vegetačních období (VO) a vláhové jistoty ve VO, u kterých byly zaznamenány největší rozdíly mezi srovnávanými obdobími. Místo těchto ukazatelů je navrženo použití hodnot vláhové bilance ve VO. Vzhledem k soudobým možnostem monitoringu meteorologických prvků, jejich relativně snadné dostupnosti jako zdrojových dat, vysoké vypovídací hodnotě, možnostem dálkového přenosu dat, automatickému vyhodnocování robustních datových souborů prakticky „on-line“ je možná průběžná aktualizace charakteristik, použitých pro specifikaci klimatických regionů v intervalech, respektujících aktuální vývoj klimatu. Proto lze považovat navržený systém hodnocení klimatických regionů za „živý systém“ se všemi pozitivními atributy, které současné sofistikované technologie na úrovni maximální úrovně poznání, včetně scénářových dat vývoje klimatu nabízí.

2 Cíl

Na základě provedených analýz je zřejmé, že dochází k prokazatelnému růstu průměrných teplot a zároveň se mění rozložení srážek v rámci ČR. Vzhledem k vzájemné provázanosti charakteristik určujících KR tento fakt výrazně komplikuje využití části původních charakteristik použitých pro vymezení KR. Tím ve velké míře vznikají problémy jednoznačné identifikace KR na základě původní metodiky. Cílem práce bylo, mimo jiné, identifikovat a doporučit náhradu některých charakteristik jinou, z pohledu současných klimatických podmínek, vhodnější charakteristikou. V rámci návrhu nové rajonizace klimatických regionů v systému bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) byly využity hodnoty potenciální (základní) vláhové bilance. Vláhovou bilanci je možno označit jako komplexní agroklimatickou charakteristiku, neboť v sobě zahrnuje výpočet potenciální evapotranspirace, kterou porovnává se srážkami. Jako doplňující charakteristiky blíže specifikující jednotlivé KR s ohledem na jejich klimatické poměry je vhodné v návaznosti na původní systém použít průměrnou roční teplotu vzduchu, sumu průměrných denních teplot vzduchu rovných nebo vyšších než 10 °C a průměrný roční srážkový úhrn. Stávající systém neobsahuje žádnou charakteristiku vztahující se k zimnímu období. Z pohledu přezimování zemědělských plodin jsou však určující i zimní podmínky. Do hodnocení je proto zahrnut

i průměr vypočtený z ročních absolutních minim teploty vzduchu jako možný ukazatel podmínek přezimování rostlin v daných oblastech.

3 Východiska metodiky

3.1 Klimatická podmíněnost produkčního potenciálu půdy

Produkční potenciál půdy je možno chápat jako maximální dosažitelnou míru produkční schopnosti půdy, tedy schopnost půdy vytvořit efektivní prostředí pro růst a vývoj rostlin. V podstatě se jedná o přirozenou nebo umělou vlastnost půdy, která má zásadní vliv na rostlinnou produkci i na navazující trofické úrovni. Produkční schopnost půd je ovlivňována řadou faktorů, na orné půdě zejména systémem obdělávání, hnojení, střídání plodin, klimatem, půdotvorným substrátem atd.

3.1.1 Bonitace půd

K vyjádření produkčních ukazatelů zemědělských půd se v ČR využívá systému bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ), jejichž vymezení (MAŠÁT A KOL., 1974, 2002) bylo provedeno v letech 1971 až 1980 ve smyslu usnesení vlády ČSSR č. 101 ze dne 12. května 1971 na základě již realizovaného Komplexního průzkumu půd (KPP). KPP probíhal v šedesátých letech 20. století jako první moderní průzkum půd pro území celé republiky, s výjimkou některých území se specifickým režimem (např. vojenských výcvikových prostorů). Představoval komplexní geneticko-agronomickou klasifikaci zemědělských půd, která se stala základem pro nový bonitační informační systém o půdě.

Za základní mapovací a oceňovací jednotku byla stanovena BPEJ. Bonitační mapování bylo dokumentováno jako účelový obsah na Státní mapě odvozené 1:5 000. Byla tak vytvořena Mapa BPEJ 1:5 000, na které byly jednotlivé BPEJ zobrazeny jako volné, v přírodě neohrazené izoliny a očíslovány pětimístným číselným kódem.

BPEJ tvoří specifické územní celky, které mají v důsledku působení řady složek přírodního prostředí vzájemně odlišné stanovištní vlastnosti a vyjadřují rozdílné produkční a ekonomické efekty určitých částí zemědělského území. Jinými slovy, BPEJ vyjadřuje potenciální efektivnost zemědělské výroby ve velice rozdílných přírodních podmínkách a respektuje základní faktory, jakými jsou např. klima, půdní typy, svažitost, skeletovitost, hloubka ornice konkrétního pozemku a z nich plynoucí rozdíly v úrodnosti půdy. ***BPEJ tak vyjadřuje hlavní půdní a klimatické podmínky, které mají vliv na produkční schopnost zemědělské půdy a její ekonomické ohodnocení.***

Bonitační klasifikace byla zpracována pro zemědělskou půdu jako celek, bez ohledu na využití pozemků (zemědělskou kulturu). Vyjadřuje proto základní agroekologické faktory, potřebné pro hodnocení jak orné půdy a trvalých travních porostů, tak i ostatních speciálních druhů pozemků (chmelnice, vinice, ovocné sady a zahrady). Z doby svého vzniku, která byla poznamenána velkovýrobním charakterem hospodaření zemědělských podniků, si však přinesla řadu problémů. Nesporným nedostatkem v přesnosti a spolehlivosti bonitační klasifikace, zejména u pozemků menší výměry, je skutečnost, že jednotlivé etapy vymezení a mapování BPEJ byly řešeny v době rozvoje zemědělské velkovýroby a pro tento účel byly prováděcí metodikou stanoveny i výstupy a účelové interpretace. BPEJ byly vymežovány

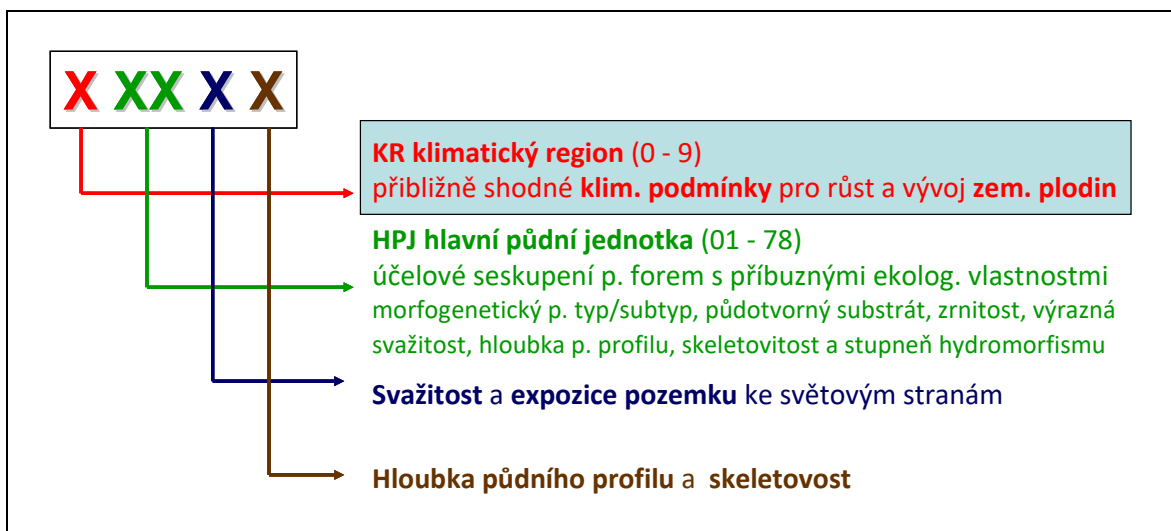
v období vytváření velkých půdních celků, nadměrného využívání těžké mechanizace, kdy se zvyšovala půdní eroze, v období mnohdy neuvážené chemizace apod. Tyto jevy působily negativně na kvalitu zemědělské půdy a měly výrazný vliv i na kvalitu vymezení BPEJ.

V prvopočátku sloužila bonitační klasifikace především jako nástroj racionálního využívání zemědělského půdního fondu, odrůdovou rajonizaci, optimální rozmístění výroby rostlinné produkce, agronomická opatření apod. Po vyjádření produkční a ekonomické schopnosti konkrétních zemědělských půd byla bonitace podkladem pro plánování a řízení zemědělské velkovýroby. Od roku 1988 se výsledky bonitace zemědělských půd staly podkladem pro stanovení daně z pozemků a byly podkladem pro vytvoření jednotlivých produkčně ekonomických skupin.

V současné době jsou BPEJ legislativně zakotveny formou vyhlášky č. 227/2018 Sb., o charakteristice bonitovaných půdně ekologických jednotek a postupu pro jejich vedení a aktualizaci. Prostřednictvím „Oceňovací vyhlášky“ č. 3/2008 Sb., o provedení některých ustanovení zákona č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, jsou BPEJ legislativním podkladem pro stanovení daňových sazeb a úřední ceny půdy a odvíjí se od nich i výše odvodů za odnímání půdy ze zemědělského půdního fondu (ZPF). BPEJ jsou také jedním z východisek pro vymezení oblastí méně příznivých pro zemědělství (Less-Favoured Areas - LFA, respektive v současnosti ANC).

V rámci procesu komplexních pozemkových úprav (KoPÚ), jsou informace o BPEJ podkladem pro návrh nových pozemků. Slouží také pro stanovení erozního ohrožení půdy. BPEJ, resp. z nich odvozené třídy ochrany, jsou též jedním z limitů při zpracování územního plánu, konkrétně při vymezení zastavitelných ploch.

BPEJ je vyjádřena jako pětimístný číselný kód, přičemž první číslice značí příslušnost k jednomu z deseti klimatických regionů (0 až 9), druhá a třetí číslice vymezuje příslušnost k jedné ze 78 hlavních půdních jednotek (1 až 78), čtvrtá číslice stanoví kombinaci svažitosti pozemku a jeho expozici ke světovým stranám a pátá číslice vyjadřuje devět kombinací hloubky a skeletovitosti půdního profilu. Struktura kódu BPEJ je uvedena na schématu na Obr. 1.



Obr. 1 Struktura kódu BPEJ dle metodiky Mašát a kol. (1974, 2002)

3.1.2 Původní klimatická rajonizace v rámci systému Bonitovaných půdně ekologických jednotek

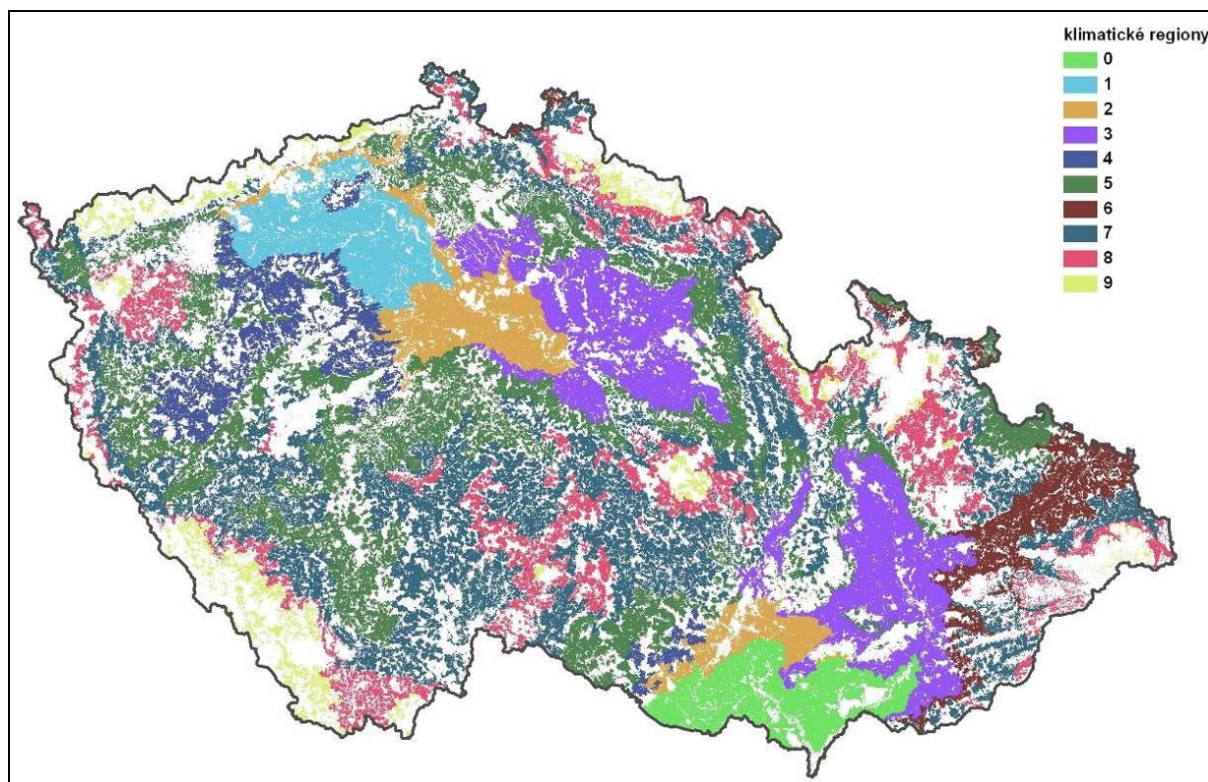
V návaznosti na určený počet míst kódu BPEJ bylo v závěru hodnocení vyčleněno 10 klimatických regionů (KR) označených číslem 0-9 (Tab. 1, Obr. 2). Jako podklad pro klimatickou rajonizaci v rámci systému BPEJ byla použita klimatická data za období 1901-1950. Za základní kritéria pro vymezení KR, které by měly splňovat shodné klimatické podmínky pro růst a vývoj zemědělských plodin, byly s ohledem na tehdejší stupeň poznání a grafické i statistické možnosti interpretace výsledků zvoleny následující ukazatele:

- suma průměrných denních teplot vzduchu rovných nebo vyšších než 10 °C (TS10);
- průměrná roční teplota vzduchu (T_{AVG}) a průměrná teplota vzduchu ve vegetačním období (T_{VO});
- průměrný roční úhrn srážek (SRA_r);
- pravděpodobnost výskytu suchých VO v % (PVS_{VO});
(tj. procento výskytu let, kdy srážky ve VO nedosáhly nebo právě dosáhly vypočtené hranice sucha) z úplných pozorovacích řad (1901-1930) pro 550 meteorologických stanic;
- výpočet vláhové jistoty ve VO (VJ_{VO});
(obecně je vláhová jistota dána rozdílem mezi roční hranicí sucha a průměrnými ročními srážkami daného místa, dělený průměrnou roční teplotou).

Výčet dílčích klimatických charakteristik použitých pro odvození KR udává Tab. 1

Tab. 1 Charakteristika jednotlivých KR dle Metodiky pro vyzarování klimatických regionů (Mašát a kol., 1974, 2002)

kód	symbol	Charakteristika	TS10		T_{AVG}		SRA_r		PVS_{VO}		VJ_{VO}	
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0	VT	velmi teplý, suchý	2800	3100	9	10	500	600	30	50	0	3
1	T1	teplý, suchý	2600	2800	8	9		500	40	60	0	2
2	T2	teplý, mírně suchý	2600	2800	8	9	500	600	20	30	2	4
3	T3	teplý, mírně vlhký	2500	2800	(7) 8	9	550	650 (700)	10	20	4	7
4	MT1	mírně teplý, suchý	2400	2600	7	8,5	450	550	30	40	0	4
5	MT2	mírně teplý, mírně vlhký	2200	2500	7	8	550	650 (700)	15	30	4	10
6	MT3	mírně teplý (až teplý), vlhký	2500	2700	7,5	8,5	700	900	0	10	10	
7	MT4	mírně teplý, vlhký	2200	2400	6	7	650	750	5	15	10	
8	MCH	mírně chladný, vlhký	2000	2200	5	6	700	800	0	5	10	
9	CH	chladný, vlhký		2000		5	800		0	0	10	



Obr. 2 Mapa KR dle metodiky Mašát a kol. (1974, 2002) pro období 1901-1950

4 Novost metody

4.1 Zdůvodnění potřeby aktualizace systému vymezení klimatických regionů

V současné době, tj. cca po 70 letech od skončení referenčního období použitého pro vymezení KR (1901-1950), vyvstává potřeba aktualizace stávající metodiky jejich vymezení. Argumenty zdůvodňující nutnost zmíněné aktualizace jsou následující:

- **Technický pokrok - dokonalejší měřicí technika, automatizace měření**
Meteorologická měření jsou závislá na poznacích fyziky a na konstrukci přístrojů k měření fyzikálních veličin a tím i meteorologických prvků. S ohledem na tuto skutečnost se společně s technickým rozvojem mění metodiky meteorologických měření, respektující současnou úroveň poznání.
- **Rozvoj klimatických modelů - možnost simulace komplexních charakteristik, odhad vývoje klimatu do budoucna**
V současnosti je možno využít homogenizované, revidované a kompletní technické datové řady (TDR) meteorologických prvků v gridu 10 km pro celou ČR, a s využitím scénářů změny klimatu a klimatických modelů zohlednit i pravděpodobný vývoj klimatických prvků v budoucnosti.
Vybrané agroklimatické charakteristiky je možné úspěšně modelovat pomocí sofistikovaných agroklimatických modelů, což umožňuje zahrnout do regionalizace komplexní klimatické charakteristiky. Pro zpřesnění vymezení KR, zejména s ohledem na vláhové podmínky, je možno uvažovat o využití výsledků potenciální evapotranspirace travního porostu.
- **Změna klimatických charakteristik od roku 1901 v důsledku vývoje klimatu**
Přibližně od počátku 19. století je globálně zaznamenáván nárůst teplot vzduchu, postupně se mění i charakter srážek. Očekává se, že tento trend bude pokračovat. Výkyvy počasí, v jejichž důsledku dochází k extrémním stavům počasí, budou stále častější a intenzivnější s tím, že dopady se v různých regionech projeví odlišně.

Na základě výše uvedeného byla provedena analýza posunu hodnot klíčových klimatických charakteristik použitých pro vymezení KR v metodice Mašát a kol. (1974, 2002) (konkrétně TS₁₀, T_{AVG} a SRA_F), a to srovnáním jejich hodnot za původní období 1901-1950 a aktuální normálové období 1991-2020. Výsledky přináší Tab. 2, která demonstruje, jaké klimatické podmínky jsou v současnosti relevantní pro KR dle Mašát a kol. (1974, 2002). Tab. 3 pak sumarizuje posun v hranicích definičních intervalů. Vrstvou ploch jednotlivých KR vymezených na základě dat 1901-1950 (Obr. 3) byly v prostředí GIS překryty vrstvy jednotlivých charakteristik KR spočtené za období 1991-2020. Tímto způsobem byly určeny aktuální hranice intervalů dílčích charakteristik, odpovídající plochám stávajících KR.

Tab. 2 Intervaly průměrných hodnot klimatických charakteristik za období 1991-2020 pro jednotlivé KR

kód	symbol	Charakteristika	TS10		T _{AVG}		SRA _r	
			min	max	min	max	min	max
0	VT	velmi teplý, suchý	2950	3400	9,0	10,5	465	605
1	T1	teplý, suchý	2650	3250	8,5	10,5	450	650
2	T2	teplý, mírně suchý	2450	3450	8,0	11,0	455	800
3	T3	teplý, mírně vlhký	2600	3350	8,0	10,5	480	755
4	MT1	mírně teplý, suchý	2350	3200	7,5	10,0	445	695
5	MT2	mírně teplý, mírně vlhký	2200	3200	7,0	10,0	475	875
6	MT3	mírně teplý (až teplý), vlhký	2350	3150	7,5	10,0	620	980
7	MT4	mírně teplý, vlhký	2000	3000	6,5	9,5	515	1115
8	MCH	mírně chladný, vlhký	1850	2850	6,0	9,0	525	1225
9	CH	chladný, vlhký	1050	2650	3,5	8,5	675	1410

Srovnání rozpětí intervalů jednotlivých klimatických charakteristik použitých pro vymezení KR pro období 1901-1950 a 1991-2020 ukazuje rozšíření intervalů TS10 a průměrné roční teploty vzduchu u většiny KR. Výrazný je zejména posun horní hranice intervalů do vyšších hodnot. Posun hranic ročního srážkového úhrnu (resp. nárůst srážek) je patrný zejména u vlhkých KR 7, 8 a 9. Srovnání hranic intervalů charakteristik definujících KR pro dvě referenční období přináší Tab. 3.

Tab. 3 Srovnání hranic intervalů charakteristik definujících KR pro dvě referenční období (1901-1950 a 1991-2020)

kód	symbol	charakteristika	TS10		TAVG		SRA _r	
			min	max	min	max	min	max
0	VT	velmi teplý, suchý	150	300	0	1	-35	5
1	T1	teplý, suchý	50	450	1	2	450	150
2	T2	teplý, mírně suchý	-150	650	0	2	-45	200
3	T3	teplý, mírně vlhký	100	550	1	2	-70	105
4	MT1	mírně teplý, suchý	-50	600	1	2	-5	145
5	MT2	mírně teplý, mírně vlhký	0	700	0	2	-75	225
6	MT3	mírně teplý (až teplý), vlhký	-150	450	0	2	-80	80
7	MT4	mírně teplý, vlhký	-200	600	1	3	-135	365
8	MCH	mírně chladný, vlhký	-150	650	1	3	-175	425
9	CH	chladný, vlhký	1050	650	4	4	-125	1410

POZN: Hodnoty pro období 1901-1950 jsou odečteny od hodnot pro období 1991-2020

4.2 Nový přístup k vymezení klimatických regionů

Hlavním řídicím faktorem pro růst a vývoj rostlin i tvorbu výnosu zemědělských plodin je bezesporu teplota. Jednotlivé vývojové fáze rostlin jsou funkcí teploty, která je vyjadřovaná prostřednictvím sumy efektivních teplot. Jedná se o kumulativní součet teplot vzduchu (obvykle průměrných denních teplot) nad stanovenou hranicí. Suma efektivních teplot je teplotní ukazatel s úzkou vazbou na fenologii plodin, a jelikož vnější teplota ovlivňuje průběh metabolických procesů v organismu, jsou sumy efektivních teplot využívány také při ochraně rostlin proti škůdcům - prostřednictvím predikčních modelů. Z pohledu přezimování

zemědělských plodin a kultur jsou však určující i teplotní podmínky zimního období, a to zejména výskyt a hodnoty absolutních minim teploty vzduchu.

Změny teplotního a srážkového režimu se promítají též do výskytu suchých epizod, s významnými dopady nejen na rostlinnou produkci. Sucho je přírodní jev způsobený deficitem atmosférických srážek, který následně vede k poklesu množství vody v různých částech hydrologického cyklu, tedy i v půdě. Sucho bývá velmi často doprovázeno nadnormálními teplotami vzduchu, nižší relativní vlhkostí vzduchu, zmenšenou oblačností a větším počtem hodin slunečního svitu. Důsledkem těchto faktorů je vyšší výpar (evapotranspirace) a další prohlubování nedostatku vody. Sucho je jedním z extrémních projevů počasí a zároveň limitující faktor, který ovlivňuje tvorbu výnosu zemědělských plodin. Stres suchem způsobuje v rostlině řadu metabolických, fyziologických, biochemických a molekulárních reakcí. V závislosti na intenzitě a době působení (vývojová fáze), genotypu a dalších faktorech dochází ke snižování výnosu. Z tohoto pohledu lze za komplexní agroklimatickou charakteristiku označit Vláhovou bilanci, neboť v sobě zahrnuje výpočet potenciální evapotranspirace, kterou porovnává se srážkami. Intenzita evapotranspirace, tj. rychlost ztráty vody výparem z povrchu a z rostliny v $[\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}]$ se stanoví na základě celé řady dalších veličin: průměrná teplota vzduchu ve 2 m, tlak vodní páry (jako charakteristiky vyjadřující vlhkost vzduchu), rychlost větru, trvání slunečního svitu.

4.2.1 Použité klimatické charakteristiky

Návrh nové rajonizace klimatických regionů v rámci systému BPEJ vychází z kategorizace území dle hodnot **potenciální vláhové bilance ve vegetačním období** (od 1. dubna do 30. září). Jako doplňující charakteristiky, které jsou pro jednotlivé KR dopočítány na základě jejich ploch je vhodné v návaznosti na původní systém použít **průměrnou roční teplotu vzduchu, teplotní sumu nad 10 °C a průměrný roční srážkový úhrn**. Z pohledu přezimování zemědělských plodin jsou určující i zimní podmínky. Do hodnocení je proto zahrnut i **průměr vypočtený z ročních absolutních minim teploty vzduchu** (Tab. 3).

Pro novou klimatickou rajonizaci v rámci systému BPEJ jsou z výše uvedených důvodů navrženy následující agroklimatické charakteristiky:

- **potenciální vláhová bilance ve vegetačním období (PVB_{vo})**
- **teplotní suma nad 10 °C (TS₁₀)**
- **průměrná roční teplota vzduchu (T_{AVG})**
- **průměrný roční srážkový úhrn SRA_r**
- **průměr ročních absolutních minim teploty vzduchu (T_{min_{abs}})**

4.2.2 Referenční období pro vymezení KR

Délka referenčního období pro vymezení KR je na rozdíl od metodiky Mašát a kol. (1974, 2002), která pracovala s padesátiletím, navrhováno jako třicetileté. Důvodem je kompromisní řešení, kdy klimatologie zpravidla usiluje o co nejdelší možné období pro eliminaci krátkodobých a nahodilých abnormalit, současně ale poznatky o vývoji klimatu v kontextu klimatické změny jasně dokládají, že v období od roku 1950 (tedy od konce referenčního

období pro vymezení původních KR) do současnosti dochází k zásadním a pokračujícím posunům v hodnotách klimatických prvků i z nich odvozených charakteristik. Navíc, klimatická rajonizace je zpracovávána za účelem hodnocení zemědělských půd, a zemědělství tradičně patří k oblastem silně ovlivňovaným změnou klimatu. Tyto argumenty vedou k tomu, že referenční období pro stanovení klimatických regionů bylo definováno jako **normálové třicetiletí 1991-2020**.

4.2.3 Použitá data, postupy a výpočtové algoritmy

Vstupní data pro výpočet vláhové bilance a tvorbu výsledné mapy tvořil soubor vypočítaných denních hodnot potenciální evapotranspirace (pE) za období 1991-2020. Tato data byla spočítána agrometeorologickým modelem AVISO (Kohut et al., 2009) ze vstupních technických řad meteorologických prvků bodů pravidelné gridové sítě 10 × 10 km (celkem 789 bodů v rámci ČR). Technické řady představují plně homogenizovanou databázi denních hodnot klimatických prvků (průměrná, maximální a minimální teplota vzduchu, úhrn srážek, vlhkost vzduchu, a dalších) od roku 1961 pro 787 výpočetních bodů na celém území ČR v gridové síti 10 km. Vycházejí ze staniční sítě ČHMÚ a byly vytvořeny v gridových bodech výstupů regionálního klimatického modelu ALADIN-Climate/CZ. Samotný výpočet technických řad meteorologických prvků vychází z interpolační metody IDW (interpolační metoda inverzní vzdálenosti), kdy použité údaje okolních klimatologických stanic jsou nejprve standardizovány na nadmořskou výšku bodu, pro který se počítá nová technická řada (Štěpánek et al., 2008).

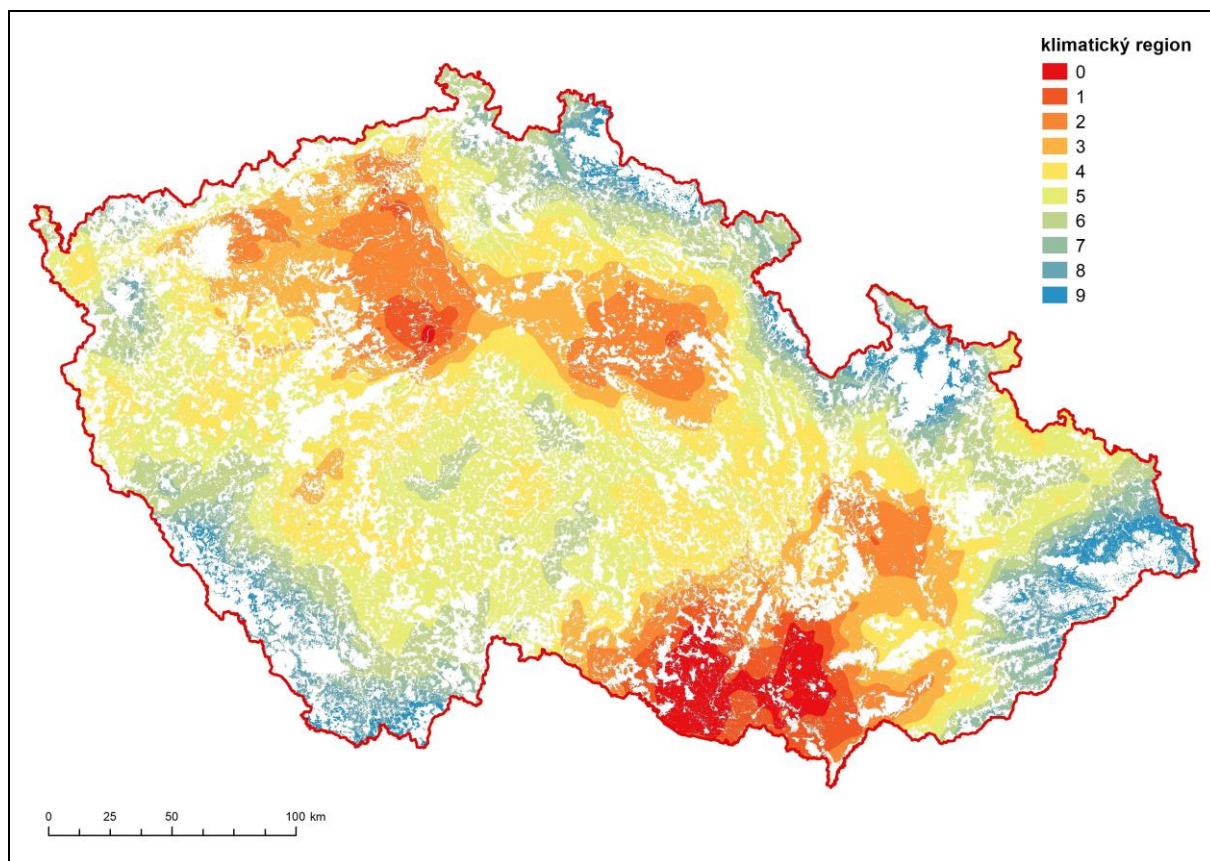
Technické řady meteorologických prvků sloužily jako vstupní data pro výpočet potenciální evapotranspirace travního porostu pomocí agrometeorologického modelu AVISO a následně ke stanovení jednoduché (klimatické) vláhové bilance mezi srážkami a potenciální evapotranspirací. Vláhová bilance se uvádí se v mm a představuje rozdíl mezi úhrnem srážek a potenciální evapotranspirací travního porostu. V podstatě se jedná o klimatickou bilanci, kdy se při výpočtu potenciální evapotranspirace neberou v úvahu vlhkostní podmínky podloží tvořené půdním horizontem. Vyjadřuje tedy vliv klimatických podmínek na bilanci (a taktéž na výpar) při současném potlačení všech ostatních činitelů, které jinak výpar ovlivňují (půdní vlhkost apod.). Vláhová bilance travního porostu uváděná v mm byla zpracována v denním intervalu v období 1991-2020. Denní úhrny potenciální evapotranspirace v mm vstupující do výpočtu potenciální (základní) vláhové bilance travního porostu byly určeny podle metodiky Penman-Monteith modifikované na podmínky území ČR. Potenciální evapotranspirace udává celkové množství vody v mm, které se může vypařit z půdy (evaporace z půdy) a vegetačního krytu (transpirace rostlin) při současném optimálním nasycení půdního horizontu vodou a za konkrétních klimatických podmínek. V praxi to znamená, že hodnoty potenciální evapotranspirace jsou ovlivněny chodem a variabilitou základních meteorologických prvků a vyjadřují tak potenciál atmosféry odebírat vlhkost z vegetace a půdního krytu, v nichž je voda maximálně dostupná. Nutno zdůraznit, že v přírodních podmínkách potenciální evapotranspirace převyšuje evapotranspiraci aktuální, a to hlavně v teplém půlroce, resp. ve vegetačním období, kdy je množství dostupné vody k vypařování v půdě a v rostlinách objektivně nižší.

Fytometrické charakteristiky vypařujícího povrchu (u plodin např. plocha listoví, výška a efektivní výška plodiny, aerodynamická rezistence, rezistence plodiny apod.) jsou při výpočtu potenciální evapotranspirace po celý kalendářní rok nastaveny na maximální, resp. optimální hodnoty. Stejně je to u dalších charakteristik, mající vliv na výpar (albedo apod.).

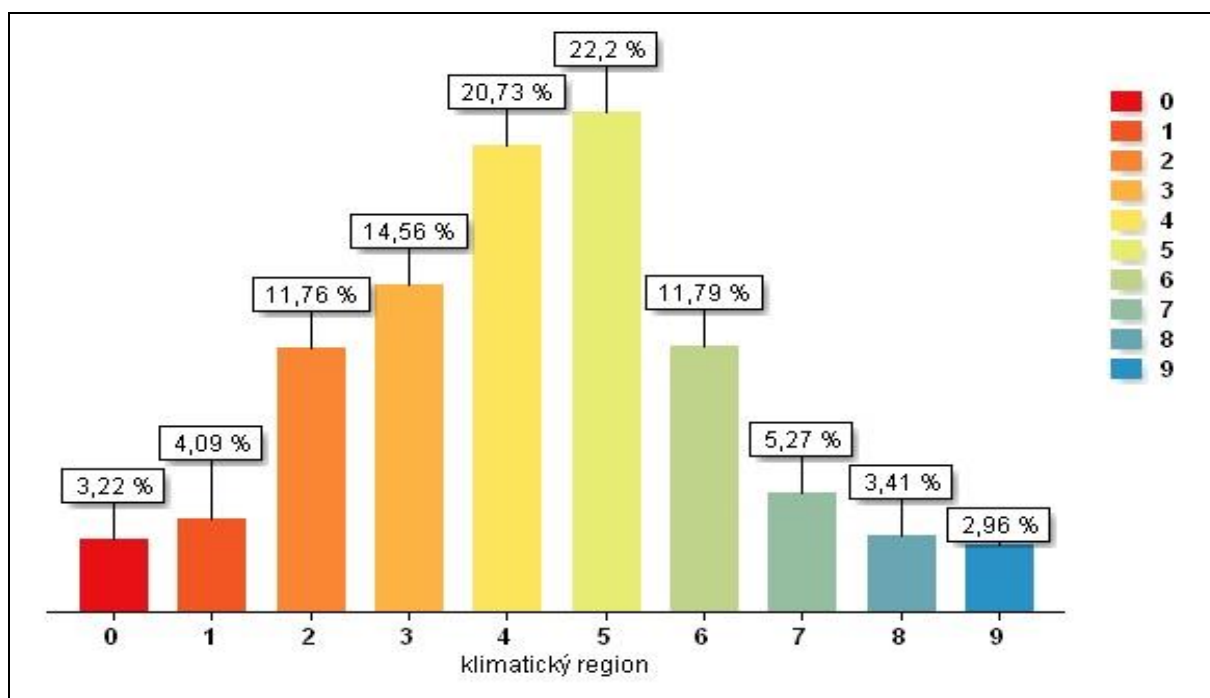
K přípravě datových sad a analýze dlouhodobých průměrných hodnot vláhové bilance a doprovodných meteorologických charakteristik byl využit software ProClimDB (Štěpánek, 2010, <http://www.climahom.eu/software-solution/proclimdb>). Databázový software ProClimDB byl vyvinut pro automatické zpracování velkého objemu dat. Zahrnuje nástroje pro kontrolu kvality dat, homogenizaci, základní statistickou analýzu, analýzu trendů, extremity, časoprostorové vazby. Software je rovněž možné propojit s jinými nástroji, např. s GIS produkty firmy ESRI (ArcGIS), se softwarem R atd. Tímto způsobem je možné využít základních nástrojů v ProClimDB pro základní operace nad daty (jako je např. změna struktury nebo formát souborů, výpočet základních statistických charakteristik atd.) a přitom využívat již hotových nástrojů v programovacím jazyku a prostředí určeném pro statistickou analýzu dat a jejich grafické zobrazení R.

V rámci zpracování dat byly pro každý gridový bod přiřazeny vypočtené průměrné hodnoty vláhové bilance za VO (duben až září) z let 1991-2020 a také dlouhodobé průměrné hodnoty dalších agroklimatických charakteristik vypočítaných v sw. ProClimDB. Tímto způsobem byl vytvořen výsledný soubor gridových bodů s databází hodnot analyzovaných agroklimatických charakteristik. Z tohoto souboru byla v softwaru ArcGIS (fm. ESRI) zpracována bodová vrstva. Hodnoty agroklimatických charakteristik pro jednotlivé body byly interpolovány do plochy ČR s využitím metody regresního krigingu se závislostí na několika parametrech jako je nadmořská výška, sklon a orientace svahů včetně korekcí odhadnuté hodnoty, pro zachování hodnoty odpovídající lokalitě stanice. Interpolace byla provedena pomocí nástrojů obsažených v sw. ProClimDB. Výsledný rastrový model v prostorovém rozlišení 500 x 500 m byl následně zpracován v prostředí softwaru ArcGIS a bylo provedeno shlazení metodou nejbližších sousedů. Rastrová vrstva vláhové bilance byla následně pro účely vytvoření polygonové vrstvy převzorkována na prostorové rozlišení 100 x 100 m a reklasifikována do jednotlivých kategorií v kroku po 50 m v rozmezí < -250 mm až > 150 mm. Následně byla převedena na polygony jednotlivých klimatických regionů do formátu shp. Z výsledné polygonové vrstvy byly vybrány pouze oblasti vymezené hranicemi současných BPEJ. Pro takto vytyčené klimatické regiony byly následně odvozeny dílčí teplotní a srážkové charakteristiky z rastrových vrstev daných agroklimatických charakteristik pomocí funkce zonální statistiky. V ArcGIS byly současně vytvořeny také výsledné mapové výstupy.

Grafické vyjádření nově vymezených KR udává Obr. 3, histogram četností procentického zastoupení zemědělské půdy v jednotlivých KR udává Obr. 4 a specifikaci hodnot definující jednotlivá KR sumarizuje Tab. 4.



Obr. 3 Mapové vyjádření nově navržených KR odvozených na základě dat 1991-2020



Obr. 4 Procenta výměry zemědělské půdy v jednotlivých nově navržených KR

Tab. 4 Charakteristika nově navržených KR odvozených na základě dat 1991-2020

kód	symbol	charakteristika	PVB _{VO}		TS10		T _{AVG}		SRA _r		T _{min} _{abs}	
			min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
0	MSVT	Mimořádně suchý, velmi teplý		-250	2800	3450	9,0	11,0	455	575	-15,5	-12,5
1	VST	Velmi suchý, velmi teplý	-250	-200	2650	3350	8,0	10,5	475	605	-16,5	-13,5
2	SST	Silně suchý, teplý	-200	-150	2450	3300	8,0	10,5	450	655	-17,0	-14,0
3	ST	Suchý, teplý	-150	-100	2250	3200	7,5	10,0	445	730	-17,5	-14,5
4	MSMT	Mírně suchý, mírně teplý	-100	-50	1950	3150	6,5	10,0	470	810	-19,0	-14,5
5	SSMT	Slabě suchý, mírně teplý	-50	0	1900	3150	6,0	10,0	505	925	-19,5	-15,0
6	MVMCH	Mírně vlhký, mírně chladný	0	50	1700	3100	5,5	9,5	580	1020	-19,5	-15,0
7	VCH	Vlhký, chladný	50	100	1500	3050	5,0	9,5	605	1040	-20,5	-15,5
8	VVCH	Velmi vlhký, chladný	100	150	1550	3000	5,0	9,5	675	1120	-21,0	-15,5
9	MVVCH	Mimořádně vlhký, velmi chladný	150		1050	2900	3,5	9,0	740	1410	-21,5	-15,5

5 Závěry a definování relevantního metodického postupu procesu aktualizace klimatických regionů

5.1 Pravidelná aktualizace - „Živý systém“

Vymezení aktualizovaných KR, které představuje tato metodika, předpokládá, zejména s ohledem na pokračující vývoj klimatu, ale také na technologický pokrok (stále dokonalejší *měřící technika a rozvoj klimatických modelů*) následné pravidelné aktualizace. Jedná se dominantně o přepočítání a předefinování hranic jednotlivých KR, a to ideálně v 10letém intervalu; případně i implementace jiných/dalších klimatických charakteristik, které v budoucnu mohou poskytnout lepší podklad pro relevantní definování shodných podmínek pro růst a vývoj zemědělských plodin.

5.2 Adjustace systému pro konkrétní praktické aplikace

Jelikož se na systém BPEJ, resp. KR, v legislativní rovině i v praxi váže a odvolává celá řada konkrétních aplikací, bude nutno podrobněji zacílit i na tyto záležitosti. Reálná aplikovatelnost klimatické rajonizace zejména pro účely státní správy nespočívá pouze v celoplošné rajonizaci území ČR, resp. zemědělského půdního fondu - tedy hlavním výstupem předkládané metodiky. Na lokální i regionální úrovni je potřeba hledat optimální metody a možnosti stanovení hranic mezi jednotlivými KR, respektující logiku využití území. Toto je nezbytné nejen pro účely samotné bonitace půdy, ale také pro celou řadu konkrétních aplikací, které jsou od KR, resp. BPEJ, odvozené. Předpokládá se tedy i metodické dopracování klimatické rajonizace v rámci systému BPEJ pro potřeby z BPEJ odvozených a s BPEJ souvisejících aplikací.

6 Popis uplatnění certifikované metodiky

Nové vymezení klimatických regionů bude sloužit pro aktualizaci stavu v systému BPEJ zavedeného do mnoha aplikací (katastr nemovitostí, LPIS, atd.) a dotkne se široké zemědělské, ale i nezemědělské veřejnosti.

Výstupy budou uplatnitelné v rámci ochrany půdy v kontextu dopadů klimatických změn a při hodnocení a posilování produkčních a mimoprodukčních funkcí půd. Využity budou v rámci programů péče o krajinu v rozsahu celé České republiky, při hodnocení možných dopadů na vodní režimy půd a krajinu v širokém spektru aplikací.

Přímou komercionalizaci nelze stanovit, avšak vzhledem k tomu, že se na bonitační systém váží a z něj vycházejí mnohé praktické aplikace a jsou od nich odvozovány dotační tituly, můžeme považovat rozsah uplatnění a vliv na koncového uživatele za výrazný.

7 Ekonomické aspekty

V současné době jsou BPEJ, spolu s nedílnou součástí - klimatickými regiony, legislativně zakotveny formou vyhlášky č. 227/2018 Sb., o charakteristice bonitovaných půdně ekologických jednotek a postupu pro jejich vedení a aktualizaci. Prostřednictvím „Oceňovací vyhlášky“ č. 3/2008 Sb., o provedení některých ustanovení zákona č. 151/1997 Sb., o oceňování majetku a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, jsou BPEJ legislativním podkladem pro stanovení daňových sazeb a úřední ceny půdy a odvíjí se od nich i výše odvodů za odnímání půdy ze ZPF.

V rámci procesu komplexních pozemkových úprav, jsou informace o BPEJ podkladem pro návrh nových pozemků a slouží také pro stanovení erozního ohrožení půdy. BPEJ, resp. z nich odvozené třídy ochrany, jsou též jedním z limitů při zpracování územního plánu, konkrétně při vymezování zastavitelných ploch.

BPEJ tak lze dále chápat jako ekonomický regulační nástroj při odnětí půdy ze ZPF, zásadní roli hrají při čerpání zemědělských dotací v LFA (ANC) oblastech a jsou využívány v různých oblastech lidské činnosti jako např. stanovení základní ceny pozemku, stanovení základu daně z nemovitosti, určení tříd ochrany zemědělské půdy, oceňování zemědělských pozemků v rámci komplexních pozemkových úprav, při obnově katastrálního operátu, výpočtu dědické, darovací daně a daně z převodu nemovitosti, pro vyvlastňovací účely ve veřejném zájmu, v projekční a rozpočtové činnosti, v rámci řešení protierozní ochrany půdy, pro popisné informace k jednotlivým parcelám zemědělského pozemku, při stanovení cen zemědělských pozemků ve vlastnictví státu při jejich prodeji.

V oblastech, které budou klimatickou změnou nejvíce dotčeny, bude možné optimalizovat standardy pro navrhování systémů PEO s nesporným pozitivním environmentálním a ekonomickým efektem. Ve výhledu pak bude možno provést analýzu nutných budoucích úprav v systému DZES, s ohledem na regionální klimatická specifika, včetně ekonomické analýzy takových změn.

Hmatatelný ekonomický benefit lze očekávat racionalizací a regionalizací realizace opatření typu budování závlahových soustav, či pěstování speciálních plodin či odrůd s využitím aktualizovaných KR.

Případné náklady na zavedení postupů uvedených v metodice nepůjdou na vrub uživatele, nýbrž budou vynakládány ve veřejném zájmu, jak vyplývá z výše uvedeného, a budou tak financovány ze státního, resp. veřejných, rozpočtů.

Ekonomický přínos pro uživatele je obtížně kvantifikovatelný s ohledem na to, že efekt bude spočívat především v celospolečenském zájmu aplikací nových poznatků a z nich vycházející nové klasifikace KR, popsané v Metodice.

8 Seznam zkratk

ANC	oblasti s přírodními či jinými zvláštními omezeními
BPEJ	bonitovaná půdně ekologická jednotka
ČHMÚ	Český hydrometeorologický ústav
DZES	standard Dobrého zemědělského a environmentálního stavu půdy
KPP	komplexní průzkum půd
KoPÚ	komplexní pozemková úprava
KR	klimatický region
LFA	méně příznivé oblasti (Less-Favoured Areas)
LPIS	informační systém pro evidenci půdy (Land Parcel Identification System)
PEO	protierozní opatření
TDŘ	technické datové řady
ZPF	zemědělský půdní fond

9 Seznam použité související literatury

MAŠÁT, K. a kol. (1974): Bonitace zemědělského půdního fondu ČSR. Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek. ČAZ – Ústav pro zemědělský průzkum půd, Praha.

MAŠÁT, K. a kol. (2002): Metodika vymezení a mapování bonitovaných půdně ekologických jednotek. VÚMOP, Praha, 113 s.

KOHUT, M., ROŽNOVSKÝ, J., CHUCHMA, F., 2009: The long-term soil moisture reserve variability in the Czech Republic based on the AVISO model. In: Sustainable Development and Bioclimate, Stará Lesná, Slovakia. Slovak Academy of Sciences: Bratislava, 160-161.

ŠTĚPÁNEK, P. (2008): ProClimDB – software for processing climatological datasets. CHMI, regional office Brno. <http://www.climahom.eu/ProcData.html>

10 Seznam publikací, které předcházely metodice

CHUCHMA, F., STŘEDOVÁ, H., STŘEDA, T., ROŽNOVSKÝ, J., SVEJKOVSKÁ, A. Aktualizace klimatických regionů v rámci systému bonitovaných půdně ekologických jednotek. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2017. 96 s. ISBN 978-80-7509-526-8.

- STŘEDOVÁ, H., STŘEDA, T., CHUCHMA, F., ROŽNOVSKÝ, J. Přímé vlivy měnících se klimatických podmínek na hospodaření v zemědělské krajině. In: Rostliny v podmínkách stresu - Abiotické stresory. 1. vyd. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2016. s. 94-118. ISBN 978-80-213-2680-4.
- CHUCHMA, F., STŘEDOVÁ, H. Discrepancy in climatic zoning of the current soil produktivity evaluation system. Contributions to Geophysics and Geodesy, 2015, 45(4), 255-268.
- STŘEDA, T., STŘEDOVÁ, H., ROŽNOVSKÝ, J. Long-term comprehensive agro-climatic evaluation. In: Towards Climatic Services. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra, 2015. ISBN 978-80-552-1389-7.
- STŘEDOVÁ, H., CHUCHMA, F. Is climatic regionalization in frame of estimated pedologic-ecological system actual in 21st century? Contributions to Geophysics and Geodesy, 2014, 44(3), 219-230.
- STŘEDOVÁ, H., STŘEDA, T., ROŽNOVSKÝ, J., CHUCHMA, F. Climate development as a factor of soil fertility and farmland prices. In: Environmental changes and adaptation strategies. Nitra: Slovak University of Agriculture in Nitra, 2013. ISBN 978-80-552-1066-7.
- STŘEDOVÁ, H., STŘEDA, T., ROŽNOVSKÝ, J. Long-term comparison of climatological variables used for agricultural land appraisalment. Contributions to Geophysics and Geodesy, 2013, 43(3), 179-195.
- STŘEDA, T., STŘEDOVÁ, H., ROŽNOVSKÝ, J. Climatic region characteristics in context of climate development. In: Bioclimate 2012: Bioclimatology of Ecosystems. Praha: Czech University of Life Sciences Prague, 2012, s. 110-111. ISBN 978-80-213-2299-8.
- STŘEDOVÁ, H., STŘEDA, T., CHUCHMA, F. Climatic factors of soil estimated system. In: Bioclimate: Source and Limit of Social Development. Nitra: Slovak Agricultural University, 2011, s. 137-138. ISBN 978-80-552-0640-0.
- STŘEDA, T., STŘEDOVÁ, H., ROŽNOVSKÝ, J., CHUCHMA, F. Vývoj klimatu ve vztahu k bonitaci půd. Úroda. Praha: Profi Press s. r. o., 2011, 59(10), s. 53-55.
- ROŽNOVSKÝ, J., FUKALOVÁ, P., POKLADNÍKOVÁ, H., MUŽÍKOVÁ, B. Agroklimatické hodnocení výpočtu klimatického regionu použitého v bonitaci půd. In: Hodnocení zemědělského půdního fondu v podmínkách ochrany životního prostředí. Praha: ÚZEI, 2008, s. 42-56. ISBN 978-80-86671-56-7.