
GEOGRAFICKÝ ČASOPIS

52

2000

2

Štefan Soták*

METÓDY A APLIKÁCIE SYSTÉMOVÉHO PRÍSTUPU PRI PRIESTOROVEJ DIFERENCIÁCII KLÍMY

Š. Soták: Methods and application of systemic approach in spatial differentiation of climate. *Geografický časopis*, 52, 2000, 2, 3 fig., 2 tabs., 19 refs.

The objective of this paper is to elaborate methodology and application of systemic approach to spatial differentiation of climate on large scale maps. This methodology consists of classification of the territory under evaluation into climatic area, quantitative characteristics of climate, preparation of the map of radiant energy, field research of interactions between climate and landscape and their spatial expression in GIS environment. GIS is the environment in which the evaluation maps expressing suitability of climatic conditions for industries, recreation and settlement activities are prepared by superimposition of the individual topo-climatic maps and those of the present landscape structure. This functional definition of landscape according to its climatic potential is made on example of the Žiar basin.

Key words: climatope, topoclimatic differentiation, interactions of climate and landscape, functional properties of climate

ÚVOD

Práca sa zaoberá problematikou vyčlenenia klimatických typov v mapách veľkých mierok. Mapové vyjadrenie typov topoklímy, pozitívnych a negatívnych klimatických činiteľov sa vyžaduje najmä pri hodnotení vplyvov hospodárskych aktivít na životné prostredie a únosnosti krajiny na antropogénnu záťaž. Túto priestorovú diferenciáciu klímy nie je možné detailne uskutočniť len na základe meraných hodnôt

* Slovenský hydrometeorologický ústav, Zelená 5, 975 90 Banská Bystrica

klimatických prvkov. Cieľ práce bol preto zameraný na vypracovanie metodického postupu, podľa ktorého by sa mohla uskutočniť topoklimatická typizácia krajiny a jej funkčná delimitácia podľa klimatického potenciálu. Pre vyjadrenie priestorovej diferenciácie topoklímy a jej funkčných vlastností je potrebné vychádzať zo systémového prístupu.

KLÍMA - SUBSYSTÉM KRAJINY

Klíma sa chápe ako subsystém krajiny pospájaný sieťou priestorových a časových väzieb s ostatnými krajinnými subsystémami, medzi ktorými je vzájomná podmiennosť. Klíma je utváraná stavom a dlhotrvajúcim režimom prvkov fyzikálnej povahy a modifikovaná je interakciou prvkov prírodnej a socioekonomickej povahy. Krajinné subsystémy a jednotlivé prvky klímy interagujú medzi sebou formou výmeny hmoty a energie. Táto výmena sa uskutočňuje prostredníctvom procesov fyzikálnej a dynamickej povahy, najmä cez procesy subsidencie, advekcie, konvekcie a turbulencie, pričom je umožnená existenciou priamych a spätných väzieb, uplatňujúcich sa vo vnútri klimatického systému a jeho komponentov, medzi nimi navzájom a tiež vo vzťahu k okoliu tohto systému. Klimatický substitém sa vyznačuje autoregulačnými vlastnosťami, je to samoregulujúci a samorozvíjajúci sa systém, interagujúci, ovplyvnený a ovplyvňujúci ostatné krajinné substitémy. Komponenty, subsystémy a okolie klimatického systému interagujú medzi sebou iba prostredníctvom určitých, z hľadiska danej interakcie relevantných vlastností, napr. hydrologické procesy v krajine sú značne závislé od atmosférických zrážok. Tieto klúčové vlastnosti látkových objektov, resp. ako uvádzajú Mičian a Zatkalík (1986), vzťahy medzi týmito vlastnosťami sa považujú za prvky synergického systému. Z tohto aspektu sa klimatický substitém považuje za synergický.

Klíma sa dynamicky mení v horizontálnom i vertikálnom smere, čím sa vytvárajú rôzne priestorové klimatické pásmá a oblasti s odlišnými klimatickými vlastnosťami. Tieto klimatické oblasti sú pospájané sieťou priestorových väzieb, a tým je klimatický systém chorologický. Táto priestorová diferenciácia klímy je určovaná klimatotvornými faktormi, najmä slnečnou radiáciou, všeobecnou cirkuláciou ovzdušia, geografickou polohou daného územia, jeho vzdialenosťou od mora a orografickými pomermi.

Dlhodobé zmeny klímy v minulosti, evolúcia klímy a jej premenlivosť v čase umožňujú chápať klimatický substitém z chronologického aspektu. Z tohto aspektu je možné rekonštruovať režim klímy minulých dôb, postihnúť súčasný stav aj kolísania klímy a na základe fyzikálne zdôvodnitelných postupov, napríklad analýzy relatívne teplých období v minulosti, pripraviť scénare zmien klímy.

METODICKÝ POSTUP

Z hľadiska systémového prístupu je pri priestorovej diferenciácii klímy potrebné vychádzať z nasledovného metodického postupu:

- zaraďenie hodnoteného územia do klimatickej oblasti,
- kvantitatívna charakteristika klímy,
- distribúcia priameho slnečného žiarenia,
- terénne topoklimatické merania,

- e) interakcie klímy a krajiny,
- f) terénny výskum interakcií klímy a krajiny,
- g) matematické vyjadrenie vzťahov klímy a krajiny,
- h) priestorové vyjadrenie interakcií klímy a krajiny,
- ch) digitalizácia priestorovej diferenciácie klímy,
- i) mapy funkčných vlastností klímy.

Zaradenie hodnoteného územia do klimatickej oblasti

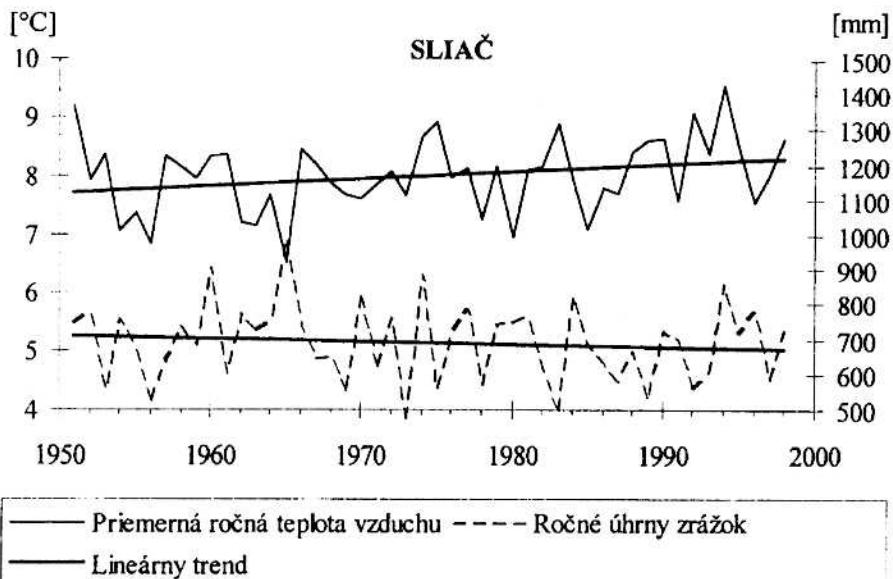
Klíma predmetnej krajiny je individuálna, neopakovateľná, ale zároveň mnohými svojimi vlastnosťami podobná klíme iných území. Aby sa mohli určiť špecifické vlastnosti danej klímy, je potrebné najprv pristúpiť ku charakteristike jej všeobecných vlastností. Určenie všeobecných typov klímy vychádza z charakteru klimatogenetických činiteľov a rôznorodých vlastností geografického prostredia. Podľa týchto faktorov sa určuje stupeň oceanity a kontinentality klímy predmetnej krajiny, miera vplyvu zonálnej a meridionálnej cirkulácie ovzdušia na dané klimatické procesy, klasifikácia klímy podľa azonálneho faktora - reliéfu a podľa rozdielneho režimu klimatických prvkov, najmä teplotných a zrážkových podmienok územia. Takúto klimaticko - geografickú regionalizáciu metodicky rozpracoval K. Tarábek (1968, 1974) a jej výsledkom je mapové spracovanie klimatickogeografických typov Slovenska.

Kvantitatívna charakteristika klímy

Základná kvantitatívna charakteristika klímy sa určuje podľa meraných hodnôt klimatických prvkov. Klimatické údaje sú štatisticky spracované v mnohých publikáciách, napr. Petrovič a Šoltis (1986), Šamaj a Valovič (1981), a každoročne sú aktualizované v meteorologických a zrážkomerných ročenkách. Z týchto dlhodobých údajov sa zistujú klimatické fluktuácie a extrémne poveternostné javy, ktoré majú významný vplyv na eróziu a ostatné krajinné procesy. Teplejšia a suchšia klíma, ktorá sa vyskytuje v posledných dvadsiatich rokoch tohto storčia, sa nepriaznivo prejavuje na znižovaní vodnosti tokov, najmä v južných regiónoch Slovenska a tento trend má nepriaznivý vplyv aj na ostatné zložky krajiny. Kvantitatívna charakteristika klímy podľa prístrojových dlhodobých meraní určuje charakter makroklimy daného územia a umožňuje zhodnotiť jej genézu, očakávané zmeny a dôsledky na prírodné procesy a hospodárske činnosti. Tieto dôsledky variability klímy sú predmetom skúmania Národného klimatického programu a vyjadrené sú napr. v prácach Lapina et al. (1995), Midriaka (1996). Nakolko zmena jedného krajinného prvku vyvoláva zmenu aj ostatných jej zložiek, je potrebné pri skúmaní vzťahov klímy a krajiny vychádzať aj z meniacich sa klimatických podmienok, ktoré uvádzame na príklade Sliačskej kotly, kde sa tiež prejavuje rastúci trend teploty vzduchu a poklesový trend zrážok (obr. 1).

Distribúcia priameho slnečného žiarenia

Základným energetickým zdrojom nielen pre klimatické, ale i krajinné procesy je slnečná radiácia. Mapa ožiarenia predmetného územia je preto základom pre prie-



Obr. 1. Priebeh priemerných ročných teplôt vzduchu a ročných úhrnov zrážok.

storové vyjadrenie ostatných klimatických prvkov. Rozdiely v rozložení slnečnej energie vplyvajú najmä na teplotný a vlhkostný režim ovzdušia, na miestne vetry, na trvanie a výšky snehovej pokrývky. Oslnenie je funkciou sklonu a orientácie reliéfu, zemepisnej šírky a dĺžky, ako i ďalších parametrov, najmä priezračnosti a optickej hrúbky atmosféry. Týmito závislosťami sa zaoberal Jenčo (1992). Na vyjadrenie vztahov klímy a krajiny je postačujúce relatívne vyjadrenie stupňa ožiarenia svahov priamym slnečným žiareniom, ktoré rozpracoval Nosek (1972). Za základ sa berie 100 % úhrn priameho slnečného žiarenia, dopadajúci na vodorovnú plochu. Juhozápadné a juhovýchodné svahy o skлоне 25° a viac sú ožarené už na viac ako 130 %. Na základe týchto rozdielov sa dané územie vyčleňuje do niekoľkých topoklimatických typov s rôznou mierou oslnenia.

Terénnne topoklimatické merania

Pre doplnenie informácií o topoklimatických rozdieloch vyplývajúcich z mapy ožiarenia sú potrebné kvantitatívne namerané hodnoty klimatických prvkov, ktoré sa zväčša získavajú expedičnými meraniami, terénnymi meracími jazdami a meraniami vo vytypovaných profíloch. Meracie jazdy sa vykonávajú najmä v období výrazných topoklimatických rozdielov počas tzv. radiačných typov počasia. Táto metóda bola uplatnená napr. pri výskume mezoklímy Bratislavы (Lapin et al. 1987). Quitt (1973) pri klasifikácii jednotlivých typov mezoklímy vychádzza nielen z nameraných klimatických údajov, ale i z rozdielnej štruktúry krajiny. Zohľadňoval sa vplyv reliéfu, lesa, zástavby, vodných plôch, pôdy a skalného podložia na mezoklimatické pomery. Tieto vplyvy sa prejavujú rozdielne pri jednotlivých klimatických prvkov, ale v ana-

logických geografických oblastiach sa uplatňujú obdobne. Pri priestorovej differenciácii topoklímy je potrebné vychádzať z týchto všeobecne platných zákonitostí vzťahov klímy a krajiny.

Interakcie klímy a krajiny

Interakcie klímy s ostatnými krajinnými zložkami sa dejú najmä prostredníctvom tokov radiácie, tepla a vlahy. Dynamika klimatických dejov je popri týchto interakciách ovplyvňovaná aj genetickými, zonálnymi a azonálnymi činiteľmi, homogénnou a heterogénnou štruktúrou krajiny, ako aj časovou a priestorovou premenlivosťou krajinných procesov. Túto zložitosť vzťahov klímy a krajiny je vhodné najprv skúmať v areáli, v ktorom sa prejavuje vysoká miera homogenity a rovnakého priebehu klimatických prvkov aj za meniacich sa prírodných podmienok. Touto základnou priestorovou topoklimatickou jednotkou je klimatop. Je to priestorový areál, v ktorom sa rozlišuje mikroklima viazaná k relatívnej homogenite určitého krajinného prvku a mezoklima viazaná k nehomogénnej štruktúre krajiny. Mikroklima od mezoklím sa odlišuje nielen podľa homogénej a heterogénej štruktúry, ale aj podľa topickej a chorickej dimenzie a podľa intenzity modifikačných vplyvov jednotlivých krajinných komponentov na utváranie topoklímy. Za určujúce kritérium vyčlenenia klimatopov sa považujú základné klimatogenetické a cirkulačné procesy, ktorých vplyv je obsiahnutý v pozorovaných klimatických údajoch. Za druhotné kritérium členenia sa považujú jednotlivé krajinné prvky, ktoré modifikujú mezoklimu. Reliéf je určujúcim faktorom modifikácie, kvantitatívnej a kvalitatívnej diferenciácie mezoklím. Podľa reliéfových charakteristík sa rozoznáva mezoklima vrchov, svahov, dolín, expozičná mezoklím a pod. Na ďalšom stupni členenia sa subtyp mezoklím určený podľa morfometrických vlastností reliéfu delí podľa vplyvov ostatných krajinných prvkov na mikroklimatické typy. Rozoznávajú sa subtypy mikroklimy vegetačné, antropogénne, pôdne, riek a vodných plôch. Subtyp vegetačný sa ďalej člení na variety lesa, lúky, lesnej čistiny a pod.

Typy topoklímy sa vyčleňujú podľa týchto klasifikačných kritérií a podľa všeobecne platných vzťahov medzi klímom a krajinou, ktoré boli overené výskumami a spracované sú napr. v prácach Obrebska - Starklова (1973), Hess (1971). Pre kotlinové územia, ktoré zaberajú značnú časť Slovenska, je možné vychádzať z nasledovných úvah a súvislostí, ktoré uvádzame na príklade ich teplotných a vlhkostných pomerov.

Teplotné pomery kotlinových území sú ovplyvnené najmä expozíciou reliéfu. Najteplejšie sú stredné až nižšie časti svahov juhozápadnej až juhovýchodnej expozície vplyvom intenzívneho ožiarenia, teplého, termický podmieneného južného prúdenia vzduchu a slabého výskytu radiačných a adektívnych hmiel. Teplotné rozdiely sa prejavujú za slnečného počasia aj medzi západnými a východnými svahmi, nakoľko dopoludnia sa na východných stráňach časť slnečnej energie spotrebuje na výpar z ros, rozrušovanie ranných inverzií a hmiel. Popoludní je vplyv slnečného žiarenia na západných svahoch účinnejší. Vo vrcholových polohách vyvýšenín sa teplota vzduchu okrem vyšej nadmorskej výšky znižuje aj v dôsledku malej akumulačnej plochy pre príjem slnečného žiarenia, a tým od nej ohriate malé vzdušné masy sú ochladzované a odvievané silnejším prúdením vzduchu. V severných polohách sa teplota vzduchu znižuje okrem ochladzujúceho účinku prevládajúcich studených severných vetrov aj v dôsledku zniženej intenzity a kratšieho trvania slnečného svitu.

V prílahlých pohoriach je teplota vzduchu už viac závislá od nadmorskej výšky ako od expozície.

Najsúchšia topoklímá v kotlinách je prevažne v jej strednej časti v dôsledku koncentrickej zonálnosti zrážok a v juhozápadných až juhovýchodných nezalesnených svahoch pahorkatín. Okrem nižších úhrnov zrážok je to dôsledkom intenzívneho ožiarenia, prevládajúceho teplého vysušujúceho prúdenia vzduchu pri chýbajúcej evapotranspirácii z lesnej vegetácie. Znižená vlhkosť vzduchu je i na východných, nezalesnených svahoch, napoko východné prúdenie vzduchu zväčša nie je spojené s prenosom vlahy. Naproti tomu západné svahy sú vlhšie, lebo sú náveterne k advekcii vlhkého prúdenia vzduchu. Vlhšie sú aj údolné oblasti, napoko sú viac náhylne na tvorbu radiačných hmiel. V kotlinovom území a na západných svahoch dochádza k veľkým výkyvom v chode vlhkosti vzduchu. Popoluďnú tu často, najmä v letnom období dochádza pri vysokých teplotách vzduchu k nízkemu obsahu vlahy v ovzduší jej turbulentným prenosom do väčších výšok. Na severozápadných až severovýchodných svahoch sú menšie výkyvy v chode teploty a vlhkosti vzduchu. Vlhkostné rozdiely sú spôsobené aj vegetáciou. V súvisle zalesnenom priestranstve sa vlhkosť vzduchu zvyšuje v dôsledku intenzívnejšej evapotranspirácie a stabilnejšej mikroklímy v lesnom ekosystéme. V prílahlých pohoriach je vlhkosť vzduchu zvýšená okrem vplyvu lesnej vegetácie aj účinkom väčších úhrnov zrážok a častejšieho výskytu advektívnych hmiel.

Podobné topoklimatické rozdiely podmienené krajinnými prvkami sa vyskytujú aj pri ostatných klimatických prvkoch a tieto interakcie je potrebné overiť v konkrétnom území terénny výskumom.

Terénny výskum interakcií klímy a krajiny

Pri priestorovej diferenciácii klímy je potrebné vystihnuť vzájomnú zmenu kvantity a kvality, napoko táto zmena má veľký vplyv na postupnosť alebo kontrastnosť prechodov ekosystémov do iného druhového, kvalitatívneho a kvantitatívneho stavu. Tento vzťah platí aj naopak, teda rozličná štruktúra krajiny podmieňuje aj iný typ topoklímá. Účelom terénneho výskumu interakcií klímy a krajiny je zistenie topoklimatických rozdielov v areáloch, kde sa podľa všeobecných súvislostí predpokladajú, a určenie hraníc medzi jednotlivými krajinnými prvkami a medzi druhovou a vzrasťovou diferenciáciou ekosystémov. Na topoklimatické rozdiely poukazuje aj rozdiel na doba nástupu a ukončenia fenologických fáz rastlín a drevín, tiež vizuálne postrehnutelné rozdielne trvanie snehovej pokrývky vplyvom rozličnej intenzity ožiarenia rôzne orientovaných a sklonených svahov, ako aj rôznorodej štruktúry krajiny.

Matematické vyjadrenie vzťahov klímy a krajiny

Pri priestorovej diferenciácii topoklímá sa vychádza aj z matematického vyjadrenia vzťahov klímy a krajiny. Závislosť mnohých klimatických prvkov od morfometrických parametrov reliéfu sa najčastejšie vyjadruje pomocou gradientov a korelačných vzťahov regresných funkcií. Tieto algoritmy sa zväčša vzťahujú na nadmorské výšky a expozíciu svahov a uplatnené boli na územie celého Slovenska a väčších geografických celkov napr. v prácach: Polčák (1998), Mičetová a Zeman (1993).

Pri zobrazovaní klimatických prvkov v mapách s veľkými mierkami je potrebné vychádzať z týchto matematicky vyjadritelných vzťahov, ktoré sú ale platné pre makroklimatické procesy. Pre predmetné topoklimatické procesy je potrebné vychádzať zo špecifických, zatiaľ ešte nedostatočne rozpracovaných algoritmov, teda logických vzťahov, interakcií a procesov fyzikálne a matematicky vyjadritelných, medzi jednotlivými klimatickými prvkami navzájom, medzi jednotlivými klimatickými prvkami a reliéfom, z interakcií klímy medzi zalesnenými a nezalesnenými areálmi, urbanizovanými a neurbanizovanými plochami a pod., ako aj z korelácií medzi meranými hodnotami klímy a relevantnými reliéfovými, vegetačnými a ďalšími krajinnými parametrami, t.j. vyjadrenie korelácií meraných charakteristík klímy na bodových meracích stanicach vo vzťahu k blízkemu severnému, južnému svahu, k lesným areálom a pod. Tieto vzťahy nie sú ešte rozpracované do takej miery, aby sa mohli využiť pri automatickom počítačovom spracovaní topoklimatických pomerov.

Priestorové vyjadrenie interakcií klímy a krajiny

Získanými kvantitatívnymi a kvalitatívnymi údajmi z topoklimatického výskumu krajiny po ich prevedení do topografickej mapy sa spresní a doplní priestorový rozsah faktorov modifikujúcich topoklím. Túto spresnenú topografickú mapu je potrebné prekryť mapou slnečného ožiarenia danej krajiny a mapou využitia zeme, v ktorej sú aktuálne údaje o súčasnej krajinnej štruktúre, o rozložení líniovej a plošnej lesnej a nelesnej vegetácie, o vodných tokoch a vodných plochách, o obytných, poľnohospodárskych, priemyselných aj dopravných líniových a plošných areáloch. Prekrytie je vhodné realizovať v prostredí digitálneho modelu reliéfu pomocou technológie GIS-u. Prekrytím týchto máp sa získa priestorové rozloženie klimatopov podľa jednotlivých klimatických prvkov, ako aj podľa ich rozličných kombinácií. Tieto kombinácie sa využívajú pri vypracúvaní topoklimatických evaluačných máp, vyjadrujúcich vhodnosť klimatických podmienok pre určitý účel, pre priemyselné odvetvia, skladky odpadov, pre rekreačné, poľnohospodárske, sídelné a ďalšie aktivity. Prekrytím niekoľkých máp vzniká veľa plôšok, mnoho klimatopov, preto sa systémový poriadok medzi nimi realizuje typizáciou. Jednotlivé typy topoklím sú medzi sebou rozlišujú podľa vymedzeného kvantitatívneho a kvalitatívneho rozsahu. Teplý typ topoklím od mierne teplého typu sa môže lísiť napr. diferenciou $0,5^{\circ}\text{C}$ podľa priemernej ročnej teploty vzduchu, 10 % diferenciou relatívneho úhrnu slnečného žiarenia a rozdielnym stupňom pokrycia územia vegetačným krytom, ako aj ďalšími rozdielmi podľa ostatných krajinných prvkov.

Digitalizácia priestorovej diferenciácie klímy

Počítačové spracovanie priestorovej diferenciácie klímy technológiou GIS-u v mapách veľkých mierok nie je zatiaľ úplne možné v dôsledku chýbajúcej klimatickej databázy z podrobného topoklimatického výskumu, a tým aj nedostatočného rozpracovania algoritmov medzi jednotlivými klimatickými a krajinnými prvkami. Na digitálne zhodnotenie klimatických pomerov je zatiaľ možné využiť podkladové údaje z digitálneho modelu reliéfu, z automatického spracovania distribúcie priameho slnečného žiarenia a z mapy súčasnej krajinnej štruktúry. Využiť sa môžu aj údaje z leteckého snímkovania, diaľkového prieskumu Zeme a z numerického modelovania interakcií klímy a ostatných zložiek krajiny. Nakolko tieto interakcie nie sú ešte pre automatické spracovanie presne matematicky vyjadritelné, priestorovú dife-

renenciáciu topoklimatických pomerov v prostredí GIS-u je možné uskutočniť zatiaľ len analógovou interpretáciou prostredníctvom líniovej a plošnej vektorizácie.

Pre automatickú aplikáciu GIS-u na vyhodnocovanie priestorového rozloženia klimatických prvkov a ich interakcií k hospodárskym aktivitám je potrebné doriešiť najmä nasledovnú problematiku:

Popri využívaní údajov z meracej siete SHMÚ je potrebné v modelovom záujmom o území kontinuálne merať niektoré klimatické charakteristiky, napr. vo vytypovaných profiloch (údolie, svah, vrch, zalesnený areál a pod.).

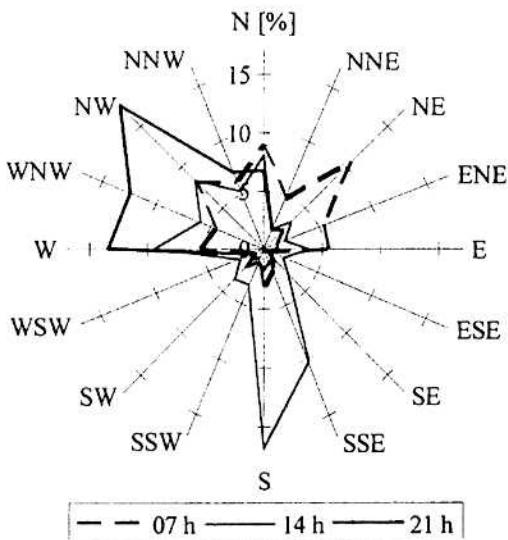
Na základe expedičných meraní a meracích jázd za vytypovaných štandardných poveternostných situácií, napr. inverzných, slnečných, hmlistých, oblačných a pod., je potrebné stanoviť koreláciu jednotlivých klimatických charakteristík v rozličných signifikantných polohách, napr. na južnom, severnom svahu, zalesnej ploche, k jej meraným hodnotám na blízkych staniciach.

Skúmať interakcie medzi charakteristikami klímy navzájom, ako aj reliéfom, vegetáciou a ostatnými fyzickogeografickými a socioekonomickými zložkami krajiny a vyjadriť tieto vzťahy funkciou, algoritmom.

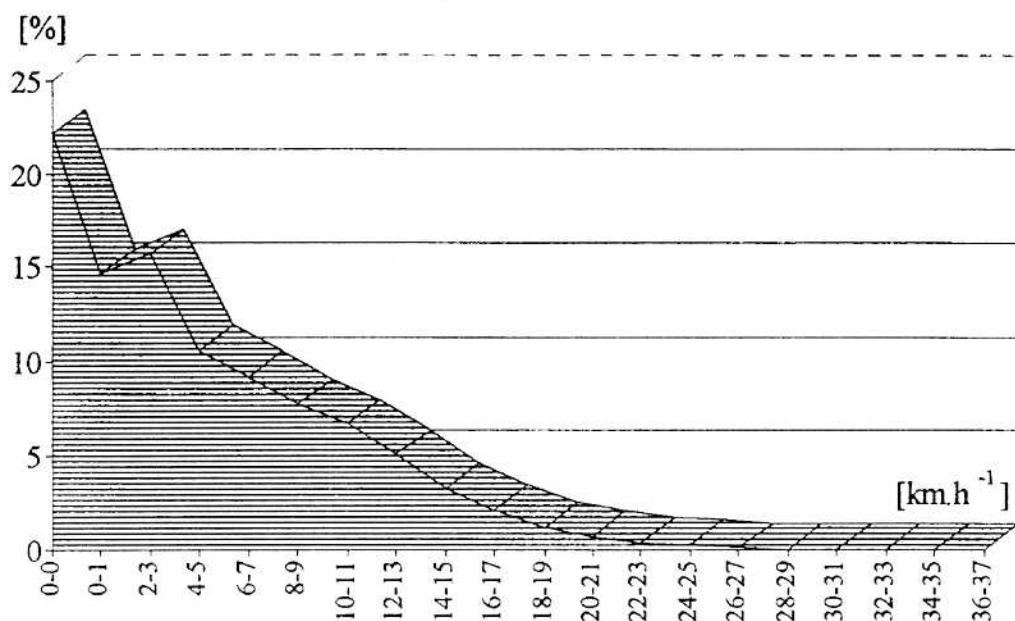
V prostredí GIS-u rozpracoval modely interakcií medzi jednotlivými krajinnými prvkami, napr. medzi zrážkami a odtokom v rozličných geografických oblastiach.

Mapy funkčných vlastností klímy

Na základe vyhodnotenia interakcií klímy a krajiny a ich priestorového vyjadrenia sa v predmetnej krajine vyčlení niekoľko typov topoklímy. Každý z týchto typov má z funkčného hľadiska osobitné možnosti poskytnúť vhodné a optimálne klimatické podmienky pre realizáciu určitých ľudských aktivít. Pre každú ľudskú aktivitu je dominantná len určitá klimatická vlastnosť, resp. komplex určitých vlastností, kym ostatné sú podmieňujúce, ovplyvňujúce, alebo druhotné. Pre priemyselné odvetvia sú relevantné rozptylové podmienky, ktoré sú podmienené z klimatických faktorov najmä pomermi z hľadiska smerov a rýchlosťi vetra i početnosti výskytu stabilného vertikálneho zvrstvenia atmosféry. Pre letnú rekreáciu sú relevantné vlastnosti z hľadiska dostatočného zabezpečenia predmetnej lokality teplom a slnečným svitom. Funkčná významnosť týchto relevantných klimatických vlastností sa určuje podľa charakteru ich vplyvu, intenzity a rozsahu ich pôsobenia na hodnotené hospodárske aktivity. Charakter vplyvov je za odlišných klimatických a geografických pomerov iný. V krajine, kde prevláda slabé prúdenie vzduchu s unášajúcim efektom spadolí z priemyselného znečistenia na obytné, rekreačné a poľnohospodárske oblasti, sa za určujúci faktor funkčného vzťahu klímy a priemyslu považuje veterosť, kym v krajine, kde je rozptyl exhalátov nepriaznivo ovplyvňovaný inverzným zvrstvením ovzdušia, sa za určujúci faktor tohto funkčného vzťahu považujú klimatické podmienky z hľadiska výskytu inverzií. Na príklade územia Banskej Bystrice dokumentujeme, že vzťah klímy k lokalizácii priemyslu sa v tejto oblasti vyjadruje prostredníctvom relevantného klimatického prvku - veternosti (obr. 2, 3), nakoľko v 72 % situáciách tu prevláda slabý až veľmi slabý vietor s priemernou rýchlosťou do 2 m/s, pričom vo večernej až rannej dobe dochádza vplyvom zostupného severozápadného až východného prúdenia vzduchu k zanášaniu priemyselných škodlivín do údolných mestských lokalít.



Obr. 2. Priemerné relatívne početnosti smerov vetrov podľa pozorovaní v Banskej Bystrici v období 1994-1998.



Obr. 3. Frekvenčné rozdelenie priemerných hodinových rýchlosť v vetra v Banskej Bystrici v období 1994-1998.

Intenzita vplyvu klimatických vlastností na hospodárske aktivity sa určuje na základe hierarchizácie topoklím do niekoľkých typov. Každý z týchto typov má inú vhodnosť pre lokalizáciu danej aktivity. V krajinе, v ktorej sa napríklad vyčlení 5 typov topoklím s veľmi krátkym, krátkym, priemerným, dlhým a veľmi dlhým trváním snehovej pokrývky, sa zároveň diferencuje miera jej funkčného využitia pre zimnú rekreáciu.

Priestorový rozsah pôsobenia klimatických vlastností na predmetnú aktivitu je daný vymedzením klimatopu, v ktorom je obsiahnutý rovnaký funkčný vzťah pre určitý druh jeho hospodárskeho využitia. Tento priestorový areál má rovnorodú funkčnú štruktúru limitovanú klimatickými a geografickými podmienkami krajiny do tej miery, aby sa funkčným využitím nenarušila jeho stabilita.

Významnosť a váha jednotlivých klimatických ukazovateľov pre daný účel sa stanovuje podľa priaznivosti klimatických vlastností pre predmetnú aktivitu. Pre sídla je napríklad najviac priaznivá teplá, slnečná topoklím s miernym prúdením vzduchu a najmenej priaznivá chladná, veterálna topoklím s častým výskytom hmiel a zrážok. Kvalitatívnu a kvantitatívnu kategorizáciu tejto priaznivosti uvádzame na príklade Žiarskej kotliny (tab. 1, 2).

Tab. 1. Príaznivé klimatické charakteristiky Žiarskej kotliny vo vzťahu k sídlam

Stupeň priaznivosti	veľmi zvýšený	zvýšený	prevažne zvýšený	mierne zvýšený	málo zvýšený	priemerný
Meteorologické prvky						
φ ročná teplota vzduchu [°C]	8,0-8,5	7,5-8,0	7,0-7,5	6,5-7,0	6,0-6,5	5,5-6,0
φ počet dní s φ dennou teplotou $\geq 15^{\circ}\text{C}$	105-110	100-105	95-100	90-95	85-90	80-85
φ počet letných dní s t. max. $\geq 25^{\circ}\text{C}$	55-60	50-55	45-50	40-45	35-40	30-35
φ počet dní vykurovacieho obdobia	220-225	225-230	230-235	235-240	240-245	245-250
φ ročné rýchlosťi vetra [m.s^{-1}]		2,5-3,0		2,0-2,5		1,5-2,0
φ počet dní s φ rýchlosťou vetra $3-5 \text{ m.s}^{-1}$	50-60	60-70	40-50	30-40	70-80	80-90
φ počet dní so slnečným svitom $\geq 5 \text{ h}$	180-185	175-180	170-175	165-170	160-165	155-160

Tab. 2. Nepriaznivé klimatické charakteristiky Žiarskej kotliny vo vzťahu k sídlam

Stupeň priaznivosti	veľmi zvýšený	zvýšený	prevažne zvýšený	mierne zvýšený	málo zvýšený	priemerný
Meteorologické prvky						
φ počet mrazových dní s t. min. $< 0^{\circ}\text{C}$	115-117	117-119	119-121	121-123	123-125	125-127
φ počet dní s hmlou	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80
φ počet dní s inverziou	75-100	100-125	125-150	150-175	175-200	200-225
φ ročné rýchlosťi vetra [m.s^{-1}]	3,0-3,5		3,5-4,0		1,0-1,5	
φ časťosť bezvetria [%]	20-25	25-30	30-35	35-40	40-45	45-50
φ počet dní s víchricou	8-10	10-12	12-14	14-16	16-18	18-20

Podľa uvedených funkčných kritérií a podľa predchádzajúceho uplatnenia genetických, klimatických a reliéfových kritérií, na podklade ktorých sa vyčlenili klimatopy, sa realizuje funkčná delimitácia predmetnej krajiny z klimatického hľadiska.

Aplikácie metodického postupu

Funkčná delimitácia krajiny podľa klimatického potenciálu na základe vyčlenenia jednotlivých topoklimatických typov a ich syntézy metódou nakladania máp bola uskutočnená na príklade Východoslovenskej nížiny, Bystrického a Horehronského podolia aj Žiarskej kotliny v prácach Kvitkoviča a Tarábka (1986), Sotáka (1990, 1996, 1998).

Výsledky týchto prác poukazujú na mieru vhodnosti klimatických podmienok pre rozličné ľudske aktivity, pre priemyselné odvetvia, poľnohospodárstvo, dopravu, sídla, letnú aj zimnú rekreáciu.

Na príklade výskumu funkčných vlastností klímy v Žiarskej kotline sa zistilo, že vplyvom nesprávne lokalizovaného zdroja znečistenia ovzdušia, najmä vzhľadom k inverzným a veterným pomerom krajiny, dochádza aj pri ekologických technologických opatreniach nadálej k nepriaznivým účinkom na zdravotný stav ekosystémov.

Najväčší negatívny vplyv na kvalitu ovzdušia a životného prostredia v Žiarskej kotline má priemyselná výroba, najmä výroba hliníka v ZSNP Žiar nad Hronom. Údaje o znečistení ovzdušia vypovedajú o poklesovom trende koncentrácií meraných škodlivín, najmä v posledných troch rokoch, v dôsledku výrazných zmien technologie výroby hliníka. V Žiarskej kotlinе sa ale prejavuje silná nepriazeň miestnej klímy k priemyslu, v dôsledku značne zhoršených rozptylových podmienok, podmienených veľmi slabou ventilovanosťou doliny Hrona a jej náchylnosťou na častý výskyt hmiel, prízemných inverzií i prejavov miestnej horsko-dolinnej cirkulácie ovzdušia. Vplyvom zostupného prúdenia vzduchu dole svahmi Štiavnických vrchov dochádza vo večernej až rannej dobe k zanášaniu znečistujúcich látok z hlinikárne do celého kotleinového priestoru. Nevhodná lokalizácia tohto priemyselného závodu sa prejavuje aj tým, že pri zvýšenom znečistení ovzdušia dochádza k prekračovaniu prípusťných záťažových ekologickej limitov. Emisie oxidu uhoľnatého pri výrobe hliníka dosiahli v roku 1996 až 10 637 ton, pričom v predchádzajúcich rokoch dosahovali len 76-219 ton/rok. Zvýšené emisie oxidu uhoľnatého v roku 1996 v Žiarskej kotlinе mali nepriaznivý negatívny vplyv na zvýšené koncentrácie troposférického ozónu, ktorý je fotochemicky produkovaný v komplexe fotochemických reakcií uhlvodíkov, oxidu uhoľnatého a oxidu dusíka. Troposférický ozón sa pokladá za rozhodujúci činitel ekologickej stresu polných a lesných ekosystémov.

Tieto interakcie klímy k priemyslu poukazujú na možnosť zlepšenia kvality ovzdušia nielen uskutočnením ekologickej opatrení v technológii priemyselnej výroby, ale aj umiestnením priemyselných objektov do krajiny s dobrými rozptylovými podmienkami. Ak je totiž hospodárska činnosť lokalizovaná v území, v ktorom je miestna klíma pre ňu nepriaznivá, bude dochádzať k negatívnym spätným antropogénnym vplyvom na miestnu klímu, a tým aj k jej väčšej zraniteľnosti. Znižená priaznivosť miestnej klímy k určitej ľudskej aktivite predurčuje preto aj jej zniženú únosnosť na túto antropogénnu záťaž. Preto ak uvažované hospodárske aktivity budú rozmiestňované do oblastí s priaznivejšou klímom, v ktorej sa autoreguláciou utlmuju nepriaznivé antropogénne vplyvy, zraniteľnosť miestnej klímy na antropogénnu záťaž

bude v týchto oblastiach znížená. Zvýšená únosnosť miestnej klímy na antropogénne zásahy bude teda v jej prieznivejších a znížená únosnosť v jej nepriaznivejších typoch k lokalizácii hospodárskych aktivít s prejavujúcimi sa rozdielmi zväčša len v mikroklimatickej dimenzii. Uvedené negatívne dôsledky, vyplývajúce zo zníženej únosnosti miestnej klímy Žiarskej kotliny na antropogénnu záťaž, vypovedajú o dôležitosti poznania funkčných vlastností klímy a ich rešpektovania v krajinnom plánovaní.

ZÁVER

V tejto práci sme uviedli filozofiu metodického postupu pre vypracovanie máp priestorovej diferenciácie klímy a jej funkčných vlastností. Poukázali sme, že pri chýbajúcej klimatickej databáze je potrebné topoklimatické mapy vypracovať na podklade poznania zákonitostí prírodných procesov a zistených interakcií klímy a krajinnej. Základnou priestorovou jednotkou pre výskum týchto interakcií je klimatop, v ktorom sa zistujú topoklimatické rozdiely na podklade stupňa jeho homogénnej alebo heterogénnej štruktúry z aspektu jednotlivých fyzickogeografických a socioekonomickej zložiek krajinnej, ako aj ich vzájomných vzťahov. Poznanie týchto vzťahov na podklade teoreticko - metodologickej rozpracovania, konkrétnych meraní, empirických a matematicky vyjadritelných závislostí, umožňuje na základe stanovených klasifikačných kritérií vypracovať mapy typov topoklímy podľa jednotlivých klimatických prvkov a ich syntézou aj mapy funkčnej delimitácie krajinnej podľa jej klimatického potenciálu.

LITERATÚRA

- HESS, M. (1971). Studien über die quantitative Differenzierung der makro-, meso-, und mikroklimatischen Verhältnisse der Gebirge als Grundlage zur Konstruierung definierten Klimakarten. *Prace geograficzne*, 26, 265-277.
- JENČO, M. (1992). Distribúcia priameho slnečného žiarcenia na georeliéfe a jej modelovanie pomocou komplexného digitálneho modelu reliéfu. *Geografický časopis*, 44, 342-354.
- KVÍTKOVIČ, J., TARÁBEK, K. (1986). Prírodné krajinné jednotky Východoslovenskej nížiny a ich predpoklady pre hospodárske využitie. In Ružička, M., Kozová, M., eds. *Ekologická optimalizácia využívania VSN*. Bratislava (UEBE a CBEV SAV), pp. 11-21.
- LAPIN, M., NIEPLOVÁ, E., FAŠKO, P. (1995). Regionálne scenáre zmien teploty vzduchu a zrážok na Slovensku. *Národný klimatický program Slovenskej republiky*, 3. Bratislava (MŽP SR), pp. 16-60.
- LAPIN, M., PINDJÁK, P., PODOBOVÁ, B. (1987). Príspevok k mezoklíme Bratislavu. *Meteorologické zprávy*, 40, 138-142.
- MIČIAN, L., ZATKALÍK, F. (1986). *Náuka o krajinе a starostlivost' o životné prostredie*. Bratislava (PrítF UK).
- MIČIETOVÁ, E., ZEMAN, V. (1993). Priestorová diferenciácia klimatologických charakteristik a digitálny model terénu. *Meteorologické zprávy*, 46, 45-47.
- MIDRIAK, R. (1996). Krajinnoekologické hodnotenie vplyvu možných globálnych klimatických zmien na krajinu. In Škvarenina, J., ed. *Lesné ekosystémy a globálne klimatické zmeny: Zborník referátov z pracovného seminára*, Zvolen 22.2.1995. Zvolen (LVÚ), pp. 67-71.

- NOSEK, M. (1972). *Metody v klimatologii*. Praha (Academia).
- OBREBSKA - STARKLOWA, B. (1973). *Stosunki mezo- i mikroklimatyczne Szymbarku*. Dokumentacja geograficzna, 5. Warszawa (IG PAN).
- PETROVIČ, Š., ŠOLTÍS, J. (1986). *Teplotné pomery na Slovensku*. Zborník prác Slovenského hydrometeorologickeho ústavu, 23. Bratislava (Alfa).
- POLČÁK, N. (1998). Klimatogeografická charakteristika priemernej ročnej oblačnosti Horehronia. *Práce a štúdie*, 61. Bratislava (SHMÚ), pp. 48-51.
- QUITT, E. (1973). *Mezoklimatické charakteristiky krajinných typov a miest v Juhomoravskom kraji*. Výsledky štátnej výskumnnej úlohy II-7-1, Slovenský hydrometeorologickej ústav, Bratislava.
- SOTÁK, Š. (1990). Klíma vo vzťahu k ekologickej optimalizácii priemyselnej aktivity. *Meteorologické zprávy*, 43, 180-183.
- SOTÁK, Š. (1996). Lokalizácia skládky TKO v krajinie z hľadiska klímy. In Gricová, M., ed. *Hodnocení vlivů na životní prostředí: Zborník referátov z III. medzinárodnej konferencie EIA, Praha 23.-26.9.1996*. Praha (ČVUT), pp. 160-162.
- SOTÁK, Š. (1998). Ekologická únosnosť Žiarskej kotliny z aspektu interakcie miestnej klímy a sídiel. *Práce a štúdie*, 57. Bratislava (SHMÚ), pp. 66-71.
- ŠAMAJ, F., VALOVIČ, Š. (1981). *Zrážkové pomery na Slovensku*. Zborník prác Slovenského hydrometeorologickeho ústavu, 14. Bratislava (Alfa).
- TARÁBEK, K. (1968). Problémy klimogeografickej regionalizácie. *Geografický časopis*, 20, 3-18.
- TARÁBEK, K. (1974). Hlavné klimatickogeografické celky Československej socialistickej republiky. *Geografický časopis*, 26, 97-114.

Štefan Soták

METHODS AND APPLICATION OF SYSTEMIC APPROACH IN SPATIAL DIFFERENTIATION OF CLIMATE

The contribution deals with the problem of classification of climatic types on large-scale maps. Its primary aim was to prepare methodology for topoclimatic typification of basin landscape. Expression of spatial differentiation of topoclimate requires a systemic approach. Such approach considers climate a subsystem of landscape connected by a network of spatial and temporal linkages with the remaining landscape subsystems conditioning each other. The methodology of topoclimatic typification is based on knowledge of such interactions existing between climate and landscape.

The methodology of topoclimatic differentiation of landscape is as follows:

- classification of the evaluated territory into climatic area,
- quantitative characteristics of climate,
- distribution of the direct sun radiation,
- field topoclimatic measurement
- e) interactions of climate and landscape,
- field research of interactions of climate and landscape,
- mathematical expression of relations between climate and landscape,
- spatial expression of interactions of climate and landscape,
- digitisation of spatial differentiation of climate,
- map of functional properties of climate.

Based in the knowledge drawn from literature and our own topoclimatic research we elaborated the individual parts of the quoted methodological procedure. Definition of the general types of

climate is the first step for topoclimatic differentiation of landscape. Basic qualitative characteristics of climate is based in measured values of climatic elements. These data make possible to assess whether or not climatic conditions of landscape changed. Determination of such changes is important as change of any landscape element provokes change of the remaining landscape components and consequently change of its functional use. These changes and applications of climatic characteristics are expressed on example of Zvolenská and Žiarska kotlina basins in tables and figures.

Fig. 1. Course of the mean annual air temperature and annual precipitation totals.

Fig. 2. Mean frequencies of wind directions by observations in Banská Bystrica.

Fig. 3. Frequency distribution of the mean hour velocities of wind in Banská Bystrica.

Tab. 1. Favourable climatic characteristics of the Žiarska kotlina basin in relation to settlements.

Tab. 2. Unfavourable climatic characteristics of the Žiarska kotlina basin in relation to settlements.

Translated by H. Contrerasová