

PRIESTOROVÁ DIFERENCIÁCIA DOSTUPNOSTI A OHROZENIA ZDROJOV VODY V OKRESOCH SR

Ján Hanušin, Ivan Andráško*

* Geografický ústav SAV, Štefánikova 49, 814 73 Bratislava, geoghanu@savba.sk, geoganry@savba.sk

Spatial differentiation of water resource accessibility and water resource hazard in Slovak districts.

The objective of the paper was to identify spatial relations between water sources, the rate of potential water resource hazard and also the typology of this relation, which can serve as a starting point for solving the problems with drinking water accessibility, supply and protection. Seventy-one Slovak districts were described by means of 7 parameters concerning water resource accessibility and hazard. For the use of cluster analysis, the principal component analysis (PCA) and setting of principal components on the file of 71 districts was performed. Orthogonal components were used as mutually independent variables of cluster analysis. Several variants of the hierarchical agglomerative method were tested. As a result, 14 regional types of water resource accessibility and hazard in the territory of the Slovak Republic were identified.

Key words: protection of water sources, regional types, cluster analysis, Slovak Republic

ÚVOD

Voda ako základná zložka prírodnej krajiny má nezastupiteľnú úlohu aj v hospodárskom živote spoločnosti. Vzhľadom na všeobecné rozšírenie a mnohoraké použitie ju možno považovať za univerzálne médium. Z týchto daností následne vyplýva aj variabilita výskytu a využitia vody v prírodnej krajine a spoločnosti, ktoré sú prostredníctvom prirodzených alebo človekom vyvolaných procesov prenosu vody vzájomne prepojené celým systémom väzieb. Aj z týchto dôvodov môžeme považovať dostupnosť a kvalitu vody za jeden z významných ukazovateľov kvality života.

V poslednom období bol vo viacerých medzinárodných dokumentoch týkajúcich sa vody spochybnený dovtedy prevládajúci názor o vode ako obnoviteľnom a nevyčerpatelnom prírodnom zdroji. Jedným z predpokladov na zvládnutie perspektívnych problémov s vodou v budúcnosti je priestorová identifikácia súčasných konfliktov vyplývajúcich z napätia medzi množstvom a kvalitou vody na jednej strane a ohrozením jej zdrojov na strane druhej.

VÝCHODISKÁ A METÓDY

Jednoznačne možno konštatovať, že vo výskume vody ako prierezového fenoménu prepájajúceho prírodné, technické a spoločenské systémy sa v poslednom období zvyšuje dôraz na syntetický, holistický prístup, na hľadanie závislostí v systéme voda – krajina – človek (spoločnosť). Inými slovami, analyzuje sa vplyv človeka na hydrologický cyklus, miera jeho antropizácie. Hodnotenie stupňa antropizácie hydrologického cyklu je aktuálna aj v súvislosti so stanovením ekologického stavu tokov, ktoré požaduje Smernica 2000/60 ES Európskeho parlamentu a Rady (Water Framework Directive). Problematiku antropizácie

hydrologického cyklu podrobnejšie rozoberáme v našej predchádzajúcej práci (Hanušín 1996). Príkladom syntetického prístupu pri hodnotení dostupnosti vody je napríklad index nedostatku vody (Water Poverty Index – WPI), uvedený a rozpracovaný po roku 2000 vo Veľkej Británii (Sullivan 2002). Jeho aplikáciu, porovnanie 145 krajín na medzinárodnej úrovni, urobili Lawrence et al. (2002). Metóda je založená na podobnom princípe ako ukazovateľ Human Development Index (HDI). WPI sa stanovuje na základe hodnotenia piatich kritérií: zásoby vody, prístup k vode, sociálne a zdravotné podmienky, využitie a stav prostredia. Hodnota každého z piatich kritérií sa určuje posúdením niekoľkých, najčastejšie 3-8 podkritérií. Index sa využíval na hodnotenie dostupnosti vody najmä v rozvojových krajinách. Podľa autorov ho však možno modifikovať aj pre vyspelé krajiny a uplatniť na rôznych úrovniach, od miestnej až po národnú. Rešerš kritických názorov na použiteľnosť indexu WPI ponúkajú Komnenic et al. (2009). Kritici vytykajú WPI nejednoznačnosť pojmov, ich prílišnú všeobecnosť, komplikovanú vzájomnú porovnateľnosť. Komnenic et al. (2009) síce ponúkli porovnanie hodnôt WPI na príklade piatich štátov, bývalých zväzových republík Juhoslávie v povodí Sávy, súčasne však usudzujú, že najväčším prínosom tejto metódy je analytická databáza údajov o jednotlivých kritériách a podkritériách. Spochybňujú prínos syntetického rozmeru metódy, ktorý je podľa nich neprehľadný a v širšom kontexte ťažko použiteľný.

Je zrejmé, že hodnotenie dostupnosti vody je prierezový problém – na rozhraní prírodných, spoločenských a technických vied. Hľadanie metodiky, ktorá by komplexným spôsobom vyjadřila veľkosť, resp. hodnotu takého mnohorozmerného fenoménu akým je dostupnosť vody, je výzvou pre vedeckú obec na najbližšie obdobie.

Dostupnosť vody v príslušnom regióne ovplyvňuje množstvo činiteľov. Na jednej strane je prirodzená ponuka vody z krajiny, ktorej objem sa odvíja od charakteru základných prvkov hydrologickej bilancie (zrážky, odtok, výpar). Táto prirodzená ponuka sa môže modifikovať vplyvom technických (vodohospodárskych) zásahov spoločnosti, prostredníctvom ktorých sa cez vodohospodársky cyklus vyrovnáva a dopĺňa potreba vody v jednotlivých oblastiach spotreby. V našom príspevku sa zameriame na kombináciu prirodzenej, človekom nemodifikovanej ponuky vody prostredníctvom hydrologického cyklu a vodohospodársky podmienenej dostupnosti vyjadrenej mierou napojenosti obyvateľstva na verejný vodovod. Prirodzenú ponuku vody z krajiny sme identifikovali prostredníctvom troch parametrov: priemerným ročným zrážkovým úhrnom v mm za obdobie 1931-1980, zásobami povrchovej vody ($l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$) a priemerným využiteľným množstvom podzemných vôd ($l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$). Technickú (vodohospodársku) dostupnosť vody sme vyjadřili podielom obyvateľov napojených na verejný vodovod, ktorá bola štvrtým parametrom charakterizujúcim dostupnosť vody. Hodnoty boli prepočítané v prostredí GIS na pracovné jednotky, ktorými je 71 okresov, pričom Bratislava a Košice-mesto s Košicami-okolie sme poňali vždy ako jeden okres. Pre zrážky a priemerné využiteľné množstvo podzemných vôd sme výslednú hodnotu získali ako vážený priemer z rozlôh plôch medzi izočiarami, resp. hranicami vyjadřujúcimi príslušnú hodnotu javu, zobrazenými na príslušnej mape (Porazíková a Kollár 2002, Faško a Šťastný 2002). Hodnoty zrážkových úhrnov vykazujú závislosť od priemernej nadmorskej výšky územia okresu. Využiteľné množstvo podzemných vôd je závislé na

rozsahu dobre zvodnených horninových komplexov, najmä mezozoických vápencov, dolomitov a riečnych náplavov významnejších tokov.

Zásoby povrchovej vody sme prepočítali zo súčtu priemerných odtokov povrchových tokov z územia okresu a plochy okresu. Pri výpočte sme zohľadňovali aj alochtónne zdroje vody, teda vodu pritekajúcu tokmi z vyšších častí povodia, ktorá je z vodohospodárskeho hľadiska v danom okrese využiteľná. Detailnejšie sa metodikou výpočtov zaoberáme v našej predošlej práci (Hanušín 2006). Hodnoty vodohospodárskej dostupnosti vody vyjadrujeme podielom obyvateľov napojených na vodovod, ktorý sme získali z výsledkov sčítania obyvateľstva za rok 2001. Podobne ako pri parametri počet obyvateľov bez verejnej kanalizácie a septiku, aj tu udávame relatívne hodnoty, hoci z hľadiska reálnej záťaže by mali dobrú výpovednú hodnotu aj hodnoty absolútne.

Priestorová diferenciácia dostupnosti vody sa väčšinou prezentuje vo forme relatívne jednoduchých štatistických a kartografických výstupov. V dostupnej literatúre nie je metodika, ktorá by syntetickým spôsobom prezentovala celkové množstvo dostupných zdrojov vody na príslušnom území. Prezentujú sa prevažne čiastkové hodnoty oddelene za povrchové alebo podzemné vody, v niektorých prípadoch znázornené na jednej mape, vyjadrené bodovými informáciami (napr. Kollár et al. 2002). Ďalším problémom je heterogénnosť územia, pre ktoré sa vymedzujú hodnoty dostupných zdrojov, čo je však vzhľadom na účel, na ktorý je príslušná mapa (výstup) určená, pochopiteľné. Prevažná väčšina výstupov sa robí pre prirodzené areály výskytu vôd (povodia rôzneho rádu pri povrchových vodách, hydrogeologické štruktúry – rajóny pri podzemných vodách), prípadne pre areály vymedzené hodnotami izočiari (najmä zrážky a odtok). Podiel obyvateľov pripojených na vodovod sa prezentuje na úrovni administratívnych jednotiek, najčastejšie okresov. S výnimkou niektorých vodohospodárskych ukazovateľov absentujú údaje pre administratívne jednotky, ktoré majú z hľadiska riadenia štátu, manažmentu územia a stratégie vodohospodárskeho plánovania veľký význam.

Ohrozenie zdrojov vody priamym alebo nepriamym spôsobom vytvára potenciálne podmienky na vyradovanie časti zdrojov na vodohospodárske využitie a zhoršená kvalita vody má negatívny dopad na fungovanie ekosystémov. Na vyjadrenie miery ohrozenia vodných zdrojov sme vybrali tri parametre: hnojenie dusíkatými a fosforečnými hnojivami spolu (v kg.rok^{-1} na ha poľnohospodárskej pôdy) ako plošný zdroj znečistenia, objem čistenej odpadovej vody na obyvateľa a rok (v m^3) a podiel obyvateľov bez verejnej kanalizácie a septiku (údaje reprezentujúce bodové zdroje znečistenia). Údaje o množstve spotrebovaných hnojív vychádzajú z dát získaných na základe povinnosti poľnohospodárskych podnikov uviesť v zmysle Zákona o hnojivách č. 136 / 2000 Z. z. v znení neskorších predpisov a vyhlášky 338/2005 Z. z. množstvo spotrebovaných hnojív, ktoré sa následne spracúvajú aj pre úroveň okresov. Celková úroveň hnojenia (údaje za rok 2001) nevykazuje prakticky žiadnu závislosť na produkčnom potenciáli okresov, zrejme ju skôr podmieňuje kvalita a stratégia regionálneho manažmentu agrárneho sektora (hodnota koeficientu korelácie $r = 0,13$). Závislosť hnojenia na produkčnom potenciáli sme skúmali nepriamo pomocou zjednodušeného hodnotenia agroekologických vlastností územia, keď sme produkčný potenciál vyjadrili cez priemerný ročný úhrn zrážok, ktorý je funkciou nadmorskej výšky.

Objem čistenej odpadovej vody na obyvateľa a rok (v m³) vyjadruje mieru čistenia odpadových vôd v okrese. Zatiaľ čo špecifická spotreba vody je v rámci Slovenska relatívne homogénna – v súčasnosti to je približne 188 litrov na obyvateľa a deň (Správa o vodnom hospodárstve v Slovenskej republike v roku 2007), miera jej čistenia je regionálne značne diferencovaná a výrazne závislá od dostupnosti a kapacity čistiarní odpadových vôd (ČOV). Objem čistenej vody je v nepriamej závislosti na miere ohrozenia vôd, tzn. že s rastom objemu čistenej vody miera ohrozenia klesá. Najpriaznivejšie hodnoty majú okresy s veľkými sídlami, vybavenými ČOV s dostatočnou kapacitou. Najmenšie objemy čistenej vody na obyvateľa sú v okresoch s nízkou mierou odkanalizovania a vybavenia ČOV (okresy Gelnica, Vranov nad Topľou, Sobrance a Námestovo).

Napojenie na verejnú kanalizáciu resp. septik patrí k základným atribútom vybavenosti domácností v rozvinutých krajinách. Priemerný podiel obyvateľov bez verejnej kanalizácie a septiku je na Slovensku 10,1 %, čo znamená, že každý desiaty obyvateľ Slovenska nemá prístup k elementárnej hygienickej infraštruktúre. Z hľadiska kvality života i miery záťaže životného prostredia je to alarmujúci údaj. Podiel obyvateľov bez verejnej kanalizácie a septiku v jednotlivých okresoch je najvyšší v okresoch východného a juhu stredného Slovenska, teda v regiónoch so všeobecne nižšou mierou vybavenosti infraštruktúrou. V najhoršie vybavených okresoch je bez verejnej kanalizácie a septiku približne štvrtina obyvateľov (okresy Sobrance, Gelnica, Košice-okolie a Rožňava). Najnižšie hodnoty podielu (a teda najpriaznivejší stav) sú v okresoch Žilinského kraja a podľa predpokladov v okresoch s veľkými mestami na západnom a strednom Slovensku. Pripojenie ku kanalizácii resp. septiku tu nemá menej ako 5 % obyvateľov.

Východiskovú databázu určenú pre ďalšie spracovanie tvorí súbor 71 jednotiek (čiastočne upravených okresov), každá z nich je charakterizovaná siedmimi parametrami. Cieľom ďalšieho metodického kroku bolo vytvorenie regionálnej typológie okresov pomocou využitia vybraných multivariačných metód. Ich prehľad a možnosti využitia ponúka napr. Andráško (2008). Zamýšľaným cieľom bolo rozčlenenie súboru 71 okresov na n- relatívne homogénnych zhlukov, regionálnych typov dostupnosti a ohrozenia zdrojov a zásob vody.

Vybraný variant multivariačnej analýzy a klasifikácie pozostáva z dvoch hlavných krokov: analýzy hlavných komponentov a hodnotenia komponentnej záťaže a zhlukovej analýzy a jej overenia diskriminačnou analýzou.

Výpočty potrebné pre realizáciu cieľov výskumu sme urobili pomocou softvéru SPSS for Windows, verzia 13.0.

Analýza hlavných komponentov a hodnotenie komponentnej záťaže

Metódu analýzy hlavných komponentov môžeme zaradiť do skupiny metód faktorovej analýzy (Robinson 1998). Pomerne často sa pre túto skupinu metód používa tiež označenie viacrozmerné, resp. multivariačné štatistické analýzy. Vo všeobecnom poňatí je ich základným cieľom transformácia súboru vopred definovaných premenných na ďalší súbor „nových“ premenných, ktorým môžeme pôvodný súbor nahradiť. Uvedená transformácia, pre ktorú existuje niekoľ-

ko postupov, môže mať podľa Johnstona (1978) tri základné dôvody: identifikácia skupín vzájomne korelovaných premenných, redukcia počtu premenných a *prepísanie* vstupných údajov alternatívnym spôsobom.

V priamej súvislosti s uvádzanými dôvodmi je nielen špecifikácia cieľov výskumu, ale aj použitie konkrétnej multivariačnej štatistickej metódy. V predložennom príspevku bola využitá metóda označovaná ako analýza hlavných komponentov. Dôvodom jej výberu a zároveň cieľom jej použitia bola prioritne ortogonálna transformácia pôvodných premenných na súbor nových premenných – komponentov. Komponenty reprezentujú pôvodný súbor premenných, no sú navzájom nezávislé (nezávislosť komponentov bola podstatná z hľadiska ich ďalšieho využitia v zhlukovej analýze). V rámci samotného postupu boli najprv hodnoty pôvodných premenných štandardizované na tzv. *z-skóre*, čím bola odstránená odlišnosť ich pôvodných škál. Všetky zhodne takto nadobudli jednotkový rozptyl a nulový priemer. V štyroch prípadoch (priemerné množstvo podzemných vôd, špecifický odtok, čistená odpadová voda a podiel obyvateľov bez kanalizácie a septiku) vykazovalo rozdelenie hodnôt premenných značnú asymetriu. Tento problém sme čiastočne vyriešili aplikáciou logaritmické transformácie. Vstupný súbor (matica) dát pre analýzu hlavných komponentov tak pozostával zo štandardizovaných hodnôt siedmich (pôvodných) premenných pre 71 okresov. Aplikáciou analýzy hlavných komponentov na tento súbor sme extrahovali sedem komponentov, usporiadaných podľa klesajúceho podielu na rozptyle pôvodnej informácie. Z nich sme na základe tzv. Kaiserovho výberového kritéria, t. j. kritéria vlastnej hodnoty rovnaj a vyššej ako 1 (Velicer a Jackson 1990), vybrali na ďalšie použitie prvé tri, vyčerpávajúce takmer 70 % celkového rozptylu hodnôt vstupných premenných (tab. 1).

Tab. 1. Extrahované komponenty a ich podiel na rozptyle pôvodnej informácie

Komponent	Vlastná hodnota	Podiel na rozptyle	Podiel na rozptyle (kumulatívny)
1	2,298	32,829	32,829
2	1,560	22,286	55,115
3	1,020	14,577	69,692
4	0,777	11,105	80,797
5	0,637	9,105	89,902
6	0,394	5,633	95,535
7	0,313	4,465	100,000

Obsahová interpretácia komponentov sa opiera o tzv. komponentné záťaž. Tieto reprezentujú korelácie medzi premennými a extrahovanými komponentmi, pričom z hľadiska ich hodnôt môžu byť interpretované rovnako ako korelačný koeficient. V prípade predkladanej štúdie sa výklad komponentov opiera o premenné s absolútnymi hodnotami komponentných záťaží vyššími ako 0,5 (tab. 2).

Zatiaľ čo hodnoty komponentných záťaží predstavujú základ pre obsahovú interpretáciu extrahovaných komponentov, charakter ich priestorového rozloženia určujú hodnoty komponentného skóre. Ako sme už uviedli, analýza hlav-

ných komponentov nahrádza jeden (pôvodný) súbor premenných iným (novým) súborom komponentov. Hodnotami komponentov pre jednotlivé pozorovania (v našom prípade okresy) sú potom práve hodnoty komponentného skóre. Ich priestorovou interpretáciou sa však podrobnejšie nezaobráame, pretože výpočet komponentov, záťaží a skóre bol len „medzistupňom“ k zhlukovej analýze. Aspoň v stručnosti však spomenieme ich obsahovú interpretáciu, ktorá je podstatná z hľadiska ďalšieho metodického postupu.

Tab. 2. Komponenty a komponentné záťaže ($> |\pm 0,5|$)

Komponent a premenné	Komponentná záťaž
<i>Komponent 1</i>	
priemerné využiteľné množstvo podzemných vôd ($\text{l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$)	0,77
zásoby povrchových vôd ($\text{l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$)	0,59
čistená odpadová voda ($\text{m}^3 \cdot \text{obyv.rok}^{-1}$)	0,55
hnojenie N a P spolu (kg.rok^{-1} na ha poľn. pôdy)	0,55
podiel obyvateľov bez verejnej kanalizácie a septiku	-0,78
<i>Komponent 2</i>	
priemerné zrážky 31-80 (mm.rok^{-1})	0,83
zásoby povrchových vôd ($\text{l.s}^{-1} \cdot \text{km}^{-2}$)	-0,61
<i>Komponent 3</i>	
podiel obyvateľov napojených na verejný vodovod	0,79
hnojenie N a P spolu (kg.rok^{-1} na ha poľn. pôdy)	-0,56

Komponent 1 (prírodno-vodohospodársky) zahŕňa päť premenných s absolútnymi hodnotami komponentných záťaží vyššími ako $|\pm 0,5|$ a pokrýva takmer tretinu podielu na rozptyle hodnôt pôvodných premenných. Premenné, ktoré takto združuje, majú diverzifikovaný fyzicko-geografický a socio-ekonomický charakter. Priestorové jednotky s vyššími hodnotami tohto komponentu sú charakteristické väčším objemom využiteľného množstva podzemných vôd, využitelným množstvom povrchovej vody, čistenej odpadovej vody na obyvateľa a intenzívnejším používaním hnojív. Podiel obyvateľov bez verejnej kanalizácie alebo septiku je tu naopak minimálny. V okresoch s nízkymi hodnotami komponentného skóre je situácia opačná, tzn. je tu relatívne vyšší podiel obyvateľov bez kanalizácie alebo septiku, naopak nižšie hodnoty zaznamenávame v prípade priemerného využiteľného množstva podzemných vôd a povrchových vôd, čistenej odpadovej vody a intenzity používania hnojív.

Komponent 2 (prírodných pomerov) združuje dve premenné s absolútnymi hodnotami komponentných záťaží väčšími ako $|\pm 0,5|$, pričom obidve premenné majú fyzicko-geografický charakter. Okresy s vyššími hodnotami komponentného skóre tak vykazujú z hľadiska priemerných hodnôt väčšie objemy zrážok, ale zároveň aj nižšie hodnoty využiteľného množstva povrchovej vody. V okresoch s nízkymi hodnotami skóre je naopak možné pozorovať väčšie hodnoty využiteľného množstva povrchovej vody, spadne tu ale menšie množstvo zrážok. Tento zdanlivý paradox z hľadiska tvorby odtoku možno vysvetliť polohou okresov s vyššími využiteľnými zásobami povrchových vôd a nižšími zrážkami prevažne na dolných tokoch našich najvýznamnejších tokov (Váh, Nitra a Hron) a pri Dunaji, čo sú prevažne okresy na zrážkovo relatívne chudobnejšej Podunajskej nížine.

Podobne ako v predchádzajúcom prípade, aj komponent 3 (aktivít človeka) združuje dve premenné s absolútnymi hodnotami komponentných záťaží väčšími ako $|\pm 0,5|$. Obidve premenné majú sociálno-ekonomický charakter. V tomto prípade sú vyššie hodnoty skóre typické pre okresy s vysokým podielom obyvateľov napojených na verejný vodovod a menším rozsahom hnojenia poľnohospodárskej pôdy. V okresoch s nízkymi hodnotami skóre je situácia opačná.

Zhluková analýza a jej overenie diskriminačnou analýzou

Vyššie charakterizované ortogonálne komponenty sme použili ako navzájom nezávislé premenné zhlukovej analýzy. Zhlukovú analýzu môžeme zaradiť do skupiny metód tzv. viacrozmernej klasifikácie. Jej základným cieľom je nájsť rozklad množiny objektov (pozorovaní) charakterizovaných skupinou premenných na niekoľko podmnožín – skupín označovaných ako zhluky (angl. clusters). V rámci uvedeného rozkladu pritom požadujeme, aby si objekty zaradené do toho istého zhluku boli podobné a súčasne aby boli objekty, patriace do rôznych zhlukov, odlišné. Zároveň požadujeme, aby bol počet zhlukov menší ako pôvodný počet objektov (Bezák 1988). Samotná zhlukovacia procedúra vychádza z podobnosti, resp. odlišnosti medzi objektmi. Každý objekt v danom ohľade predstavuje bod v n -rozmernom priestore, kde sú jeho súradnice určené hodnotami n premenných, ktoré ho charakterizujú. Príkladom miery odlišnosti medzi objektmi v n -rozmernom priestore môže byť euklidovská vzdialenosť.

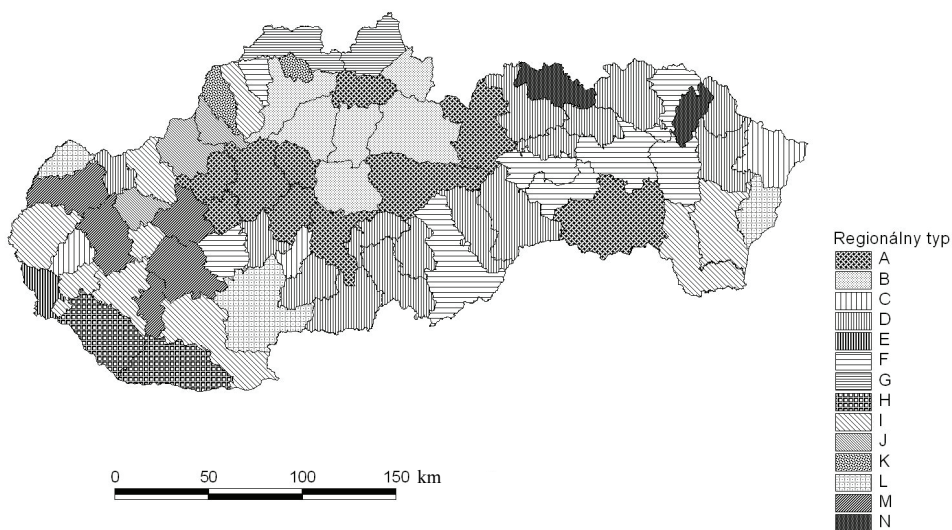
V predloženej štúdií sme sa pokúsili o rozklad množiny 71 okresov (charakterizovaných hodnotami komponentného skóre) do menšieho počtu zhlukov. Preto bola použitá hierarchická aglomeratívna metóda, ktorá sa opiera o postupné zlučovanie okresov. Testovaných bolo niekoľko variantov postupov, líšiacich sa najmä spôsobom výpočtu vzdialeností medzi pozorovaniami a použitou metódou vytvárania ich clustrov (zhlukov). Pre naplnenie cieľov výskumu bol napokon zvolený postup, ktorého výsledky najviac zodpovedali určitej intuitívnej predstave o vhodnom zaradení okresov do jednotlivých zhlukov. Významnú úlohu tu zohrali poznatky vyplývajúce tak z predchádzajúcej univariačnej analýzy premenných, ako aj z dlhoročných skúseností autorov s výskumom danej (alebo podobnej) problematiky na Slovensku. V prvom kroku zvoleného variantu zhlukovej analýzy sme vypočítali euklidovské vzdialenosti medzi každou dvojicou pozorovaní (okresov). Následne sme aplikovali hierarchickú aglomeračnú metódu priemerov skupinových vzdialeností. Prerúšením aglomeračného postupu na základe analýzy nárastu hodnôt koeficientu vnútrozhlukových vzdialeností sme identifikovali 14 zhlukov. Vymedzené zhluky sme označili písmenami A – N. Na jeden zhluk pripadá priemerne päť okresov.

VÝSLEDKY

Prostredníctvom aplikácie metód viacrozmernej analýzy, resp. klasifikácie sme súbor 71 jednotiek (vo väčšine prípadov okresov) rozčlenili do 14 zhlukov. V kontexte priestorového aspektu ich môžeme označiť za regionálne typy (Bezák 1993). Ich interpretácia sa primárne opiera o priemerné hodnoty komponentov (komponentného skóre), vypočítané pre každý typ osobitne (tab. 3). Priestorové rozloženie regionálnych typov je na obr. 1.

Tab. 3. Priemerné hodnoty komponentov pre 14 regionálnych typov

Regionálny typ	Počet okresov		Komponent		
	Absolútny	Relatívny	1	2	3
A	10	14,1	0,46	0,66	-0,16
B	6	8,5	1,72	1,32	0,10
C	3	4,2	-0,70	1,28	0,92
D	15	21,1	-1,08	0,27	0,09
E	1	1,4	1,41	-1,64	1,99
F	8	11,3	-0,85	-0,20	-1,12
G	2	2,8	-0,32	1,47	-1,16
H	2	2,8	1,45	-2,31	-0,34
I	9	12,7	0,15	-1,18	0,49
J	3	4,2	1,36	-0,65	-0,47
K	2	2,8	1,11	0,29	-1,75
L	3	4,2	-0,35	-0,48	1,25
M	5	7,0	0,14	-1,00	-0,70
N	2	2,8	-0,33	0,49	3,54



Obr. 1. Regionálne typy dostupnosti a ohrozenia zdrojov vody v SR

Typ A

Z hľadiska počtu okresov ide o druhý najpočetnejší typ (tvorí ho 10 okresov), preto je tu aj väčšia miera vnútrogrupinovej variability. Z hľadiska priestorového rozloženia je rozptyl okresov v rámci Slovenska malý, 8 z 10 okresov navzájom susedí. Jadro okresov je na rozhraní Trenčianskeho a Banskobystrického

kého kraja. Špecifikom je okres Košice, v ktorom sme spojili dve z hľadiska vodohospodárskej infraštruktúry diametrálne odlišné jednotky: Košice-mesto (pozostávajúce zo štyroch administratívnych okresov) s vysokou úrovňou vodohospodárskej infraštruktúry a Košice – okolie, s jednou z najhorších vodohospodárskych infraštruktúr na Slovensku. Zrážkovo je typ A nadpriemerný, zásoby povrchových vôd výrazne podpriemerné a podzemných vôd priemerné. Mierne nadpriemerné sú aj hodnoty parametrov ohrozenia vodných zdrojov. Celkove možno tento regionálny typ charakterizovať ako zrážkovo mierne nadpriemerný s polohou prevažne na rozvodiach nižšieho rádu, s podpriemernou prirodzenou dostupnosťou vôd a s mierne podpriemerným ohrozením zdrojov vody.

Typ B

Do tohto regionálneho typu patrí šesť okresov. Regionálny typ je z hľadiska priestorového rozptylu najkompaktnejší. Zaberá okresy strednej a východnej časti Žilinského kraja a okres Banská Bystrica, čím sa vytvára homogénny región v severnej časti stredného Slovenska. Zrážkovo je typ B nadpriemerný (druhé najvyššie hodnoty), zásoby povrchových vôd podpriemerné a podzemných vôd výrazne nadpriemerné. Hodnoty parametrov ohrozenia vodných zdrojov sú podpriemerné, s výnimkou mierne nadpriemerného hnojenia, teda priaznivé z hľadiska ich ochrany. Celkove možno tento regionálny typ charakterizovať ako zrážkovo výrazne nadpriemerný s polohou prevažne v hornej časti povodia väčšieho toku (povodie Váhu), s priemernou prirodzenou dostupnosťou vôd a s výrazne podpriemerným ohrozením zdrojov vody.

Typ C

Do tohto regionálneho typu patria tri okresy. Regionálny typ je z hľadiska priestorového rozptylu najmenej kompaktný. Jednotlivé okresy patriace do tohto typu sú od seba značne vzdialené v západnej, strednej a východnej časti Slovenska. Zrážkovo je typ C nadpriemerný, zásoby povrchových aj podzemných vôd sú výrazne podpriemerné, pričom zásoby podzemných vôd sú tu spolu s typom G najnižšie vôbec. Hodnoty parametrov ohrozenia vodných zdrojov sú z hľadiska ich ochrany priaznivé. Celkove možno tento regionálny typ charakterizovať ako zrážkovo nadpriemerný s polohou mimo významnejších tokov s výrazne podpriemernou prirodzenou dostupnosťou vôd a s podpriemerným ohrozením zdrojov vody.

Typ D

Najpočetnejší typ, zahŕňa 15 okresov. S výnimkou okresov Myjava a Krupina sú jednotlivé okresy v rámci typu D koncentrované prevažne v južnej časti Banskobystrického a západnej časti Košického kraja a v severnej a severovýchodnej časti Prešovského kraja. Zrážkovo je typ priemerný, zásoby povrchových, ale najmä podzemných vôd sú výrazne podpriemerné. Parametre ohrozenia vodných zdrojov pri čistenej vode sú podpriemerné, pri hnojení nadpriemerné, priaznivé z hľadiska ochrany vodných zdrojov. Podiel obyvateľov bez verejnej kanalizácie a septiku je tu najvyšší zo všetkých typov, a to najmä kvôli nízkej miere odkanalizovania v jednotlivých okresoch. Celkove typ D možno označiť ako typ zrážkovo priemerný, ležiaci mimo významných tokov, s výrazne podpriemernou prirodzenou dostupnosťou vodných zdrojov a s nadpriemernou úrovňou ohrozenia zdrojov vôd.

Typ E

Do typu E je zaradená jediná jednotka, mesto Bratislava. Vzhľadom na polohu pri Dunaji, na dobre zvodnených kolektoroch podzemných vôd, z ktorých vyplýva výrazne nadpriemerná dostupnosť vody a vzhľadom na charakter vybavenosti nie je prekvapením, že Bratislava vytvorila individuálny špecifický typ neporovnateľný s hociktorým iným. Celkove možno typ E na základe vybraných parametrov hodnotiť ako zrážkovo výrazne podpriemerný, ležiaci pri veľtoku, s vysoko nadpriemernou dostupnosťou vodných zdrojov a nízkou mierou ich ohrozenia.

Typ F

Do regionálneho typu F patrí osem okresov. Okresy tohto regionálneho typu tvoria významnú koncentráciu v Prešovskom kraji. Okresy Bytča a Zlaté Moravce predstavujú relatívne významnú priestorovú odchýlku na rozdiel od okresu Rimavská Sobota, ktorý je podstatne bližšie k jadrú regionálneho typu. Zrážky v rámci regionálneho typu sú priemerné, zásoby povrchových a podzemných vôd sú s výnimkou okresu Bytča výrazne podpriemerné. Parametre ohrozenia vôd sú v prípade úrovne čistenia podpriemerné, v hnojení na úrovni príemeru. Počet obyvateľov bez verejnej kanalizácie a septiku je tu druhý najvyšší zo všetkých typov, a to podobne ako v type D nielen kvôli vysokému počtu okresov zahrnutých v type, ale aj kvôli nízkej miere odkanalizovania v rámci okresov. Celkove možno typ F charakterizovať ako typ zrážkovo priemerný, ležiaci na horných tokoch väčších tokov, s podpriemernou prirodzenou dostupnosťou zdrojov vody a s mierne nadpriemernou mierou ohrozenia zdrojov vody.

Typ G

Z hľadiska priestorového rozloženia je typ homogénny, tvoria ho dva susedné okresy na severe Žilinského kraja. Zrážky sú najvyššie zo všetkých typov, zásoby povrchových a podzemných vôd sú výrazne podpriemerné, pričom zásoby povrchových vôd sú druhé najnižšie zo všetkých typov vôbec. Úroveň čistenia vôd je výrazne podpriemerná, používanie hnojív priemerné. Celkove možno typ G charakterizovať ako zrážkovo vysoko nadpriemerný, na horných tokoch s podpriemernou prirodzenou dostupnosťou vodných zdrojov a s ich priemerným ohrozením.

Typ H

Priestorovo je typ homogénny, tvoria ho dva susedné okresy na juhu Nitrianskeho kraja. Zrážkovo je to najsuchší typ zo všetkých. Zásoby povrchových a podzemných vôd sú vysoko nadpriemerné, po type E najvyššie vôbec. Vysoko nadpriemerné je aj ohrozenie zdrojov vody, vyplývajúce z nízkej úrovne čistenia odpadových vôd a intenzívneho využívania hnojív. Tieto skutočnosti vzhľadom na vysoké zásoby podzemných vôd vytvárajú stály, doteraz neúčinne riešený konflikt, ohrozujúci jedny z najbohatších zdrojov podzemných vôd v strednej Európe. Celkove možno typ H charakterizovať ako zrážkovo výrazne podpriemerný, ležiaci pri veľtoku, s výrazne nadpriemernou prirodzenou dostupnosťou zdrojov vody a ich nadpriemerným ohrozením.

Typ I

Do regionálneho typu I je zaradených deväť okresov, čo predstavuje tretí najpočetnejší typ. Priestorovo je regionálny typ I koncentrovaný do nížinných okresov západoslovenských krajov, výnimkou je okres Považská Bystrica. Na východnom Slovensku patria do tohto typu dva okresy na Východoslovenskej nížine (Michalovce a Trebišov). Zrážkovo je typ mierne podpriemerný, zdroje povrchových a podzemných vôd sú výrazne nadpriemerné. Parameter čistenej vody na obyvateľa a rok je podpriemerný, úroveň hnojenia je priemerná. Celkovo možno typ I charakterizovať ako zrážkovo mierne podpriemerný, na nížinách resp. pri dolných tokoch veľkých riek, s nadpriemernou prirodzenou dostupnosťou zdrojov vody a ich mierne nadpriemerným ohrozením.

Typ J

Typ J zahŕňa tri okresy na hraniciach Trenčianskeho a Trnavského kraja. Zrážkovo je typ priemerný, dostupnosť povrchových vôd je nadpriemerná a dostupnosť podzemných vôd výrazne nadpriemerná. Úroveň čistenia odpadových vôd je priemerná, hnojenie je výrazne nadpriemerné, druhé najvyššie spomedzi všetkých typov. Celkovo možno typ J charakterizovať ako zrážkovo priemerný, v kotlinách a na prechode do nížin pri veľkom toku, s nadpriemernou dostupnosťou vôd a ich nadpriemerným ohrozením.

Typ K

Do regionálneho typu K patria dva okresy na severozápadnom Slovensku. Zrážkovo je výrazne nadpriemerný. Zdroje povrchových vôd sú výrazne nadpriemerné a zdroje podzemných vôd podpriemerné. Úroveň čistenia vôd je priemerná, hnojenie je najvyššie zo všetkých typov, čo je vzhľadom na prirodzené agroekologické podmienky v rámci typu pomerne prekvapujúce. Typ K možno celkovo charakterizovať ako zrážkovo výrazne nadpriemerný, na stredne veľkých tokoch, s nadpriemernou prirodzenou dostupnosťou zdrojov vody a priemerným ohrozením zdrojov.

Typ L

Regionálny typ L zahŕňa tri okresy. Priestorovo je typ spoločne s typom C najrozptýlenejší. Zrážkovo je typ L podpriemerný. Zdroje povrchových aj podzemných vôd sú podpriemerné. Úroveň čistenia vody je mierne podpriemerná, hnojenie takisto mierne podpriemerné. Celkovo možno typ charakterizovať ako zrážkovo podpriemerný, nížinný pri stredne veľkých tokoch, s podpriemernou prirodzenou dostupnosťou vôd a mierne nadpriemerným ohrozením vodných zdrojov.

Typ M

Do regionálneho typu M patrí päť okresov Trnavského a Nitrianskeho kraja, ktoré vytvárajú relatívne homogénny zhluk. Zrážkovo je typ výrazne podpriemerný (druhý najsuchší). Zdroje povrchových a podzemných vôd sú priemerné. Čistenie odpadových vôd je podpriemerné, nadpriemerná je úroveň hnojenia. Typ možno charakterizovať ako zrážkovo výrazne podpriemerný na dolných tokoch veľkých tokov, s priemernou prirodzenou dostupnosťou zdrojov vody a ich nadpriemerným ohrozením.

Typ N

Do posledného regionálneho typu N patria dva okresy na severe Prešovského kraja. Zrážkovo je typ priemerný. Zdroje povrchových a podzemných vôd sú výrazne podpriemerné. Podpriemerná je aj úroveň čistenia odpadových vôd a hnojenie. Regionálny typ N možno charakterizovať ako zrážkovo priemerný, na horných tokoch stredne veľkých tokov s podpriemernou prirodzenou dostupnosťou vôd a mierne podpriemerným stupňom ohrozenia.

DISKUSIA

Východisková databáza má z hľadiska využitia multivariačných metód niektoré obmedzenia. Jednotlivé observačné jednotky nepredstavujú vnútorne homogénne územia. Rozmery jednotlivých parametrov sú odlišné a diverzifikované. Nájde sa tu parametre vyjadrené v exaktných fyzikálnych jednotkách (mm za rok, $l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$, $kg \cdot ha^{-1}$), kombinované demograficko-fyzikálne parametre ($m^3 \cdot obyvateľa^{-1}$ za rok) i relatívne hodnoty (podieľ obyvateľov využívajúcich resp. nedostávajúcich vodohospodárske služby). Široký výber parametrov vyplýva z prierezovej podstaty riešeného problému, v ktorom sa stretávajú parametre fyzicko-geografického a sociálno-ekonomického charakteru. Navyše ich výber je determinovaný dostupnosťou a možnosťou priestorovej extrapolácie základných dát na úrovni zvolenej observačnej jednotky. Niektoré parametre (podiel obyvateľov napojených na verejný vodovod, podiel obyvateľov bez verejnej kanalizácie a septiku) by mali vyššiu výpovednú hodnotu, keby sa použili ich absolútne hodnoty namiesto relatívnych. Relatívne hodnoty sme použili z dôvodu optimalizácie výpočtu zhlukovej analýzy. Geografické pozorovania a s nimi súvisiace dáta len málokedy kompletne splňajú všetky požiadavky súvisiace s korektným používaním multivariačných metód. Johnston (1978) uvádza, že čísla nemôžu nahradiť myslenie, ale komplexita okolitého sveta si vyžaduje určitý typ „zjednodušujúcich generalizácií“. Tento problém sa prejavil najmä pri charakteristike regionálnych typov s vysokým počtom observačných jednotiek, pri ktorých boli hodnoty parametrov v jednotlivých okresoch pomerne diverzifikované. Multivariačné štatistické metódy napriek viacerým problémom pri ich aplikácii (voľba vhodných priestorových observačných jednotiek, dostupnosť a kompatibilita dát), predstavujú jeden z nástrojov využiteľných vo výskume a pri riešení širokého spektra problematiky vymedzovania regionálnych štruktúr. Skúsenosti, dobrá znalosť skúmaného územia i problematiky zvyšujú úroveň objektivity získaných poznatkov a v značnej miere vyvažujú nedostatky multivariačných metód.

Rozloženie regionálnych typov do veľkej miery kopíruje marginálne (periférne) okresy na východnom a na juhu stredného Slovenska v zmysle vymedzenia Halás a Hurbánek (2008). Väčšina marginálnych okresov patrí do regionálneho typu D, čiastočne F. Príčinou je vysoký podiel obyvateľov bez kanalizácie a septiku, ako aj nízky objem čistej odpadovej vody na obyvateľa. Na druhej strane niektoré regionálne typy, ako napr. C majú pomerne široký rozptyl, pokrývajú marginálne okresy Snina a Banská Štiavnica, ale aj jeden z najrozvinutejších okresov – Pezínok. Príčinou sú pomerne priaznivé hodnoty relevantných vodohospodárskych parametrov v okresoch Snina a Banská Štiavnica.

ZÁVER

Voda, dostupná v priestore, čase a kvalite, je jednou zo základných podmienok existencie života a fungovania spoločnosti i jedným z významných ukazovateľov kvality života. Príspevok je príkladom pokusu o syntetickú priestorovú identifikáciu a typizáciu antagonistického vzťahu medzi zdrojmi vody a ich znehodnocovaním človekom prostredníctvom nedostatočnej infraštruktúry či nevhodného narábania s nimi. Napriek obmedzeniam a problémom, ktoré prezentovaná metodika obsahuje, sa domnievame, že môže v praxi poslúžiť ako priateľný nástroj prvého „priblíženia“ pri strategickom vodohospodárskom rozhodovaní, pričom je aplikovateľná aj na nižšie jednotky, napr. katastrálne územia obcí, mestských častí a pod.

Príspevok vznikol v rámci riešenia vedeckého projektu č. 2/0191/09 financovaného grantovou agentúrou VEGA.

LITERATÚRA

- ANDRÁŠKO, I. (2008). Niektoré možnosti využitia multivariačných metód pri štúdiu urbánnej kvality života. *Miscellanea Geographica*, 14, 15-19.
- BEŽAK, A. (1988). Regionálne typy sociálno-priestorovej štruktúry Bratislavy. *Geografický časopis*, 40, 311-328.
- BEŽAK, A. (1993). *Problémy a metódy regionálnej taxonómie*. Geographia Slovaca, 3. Bratislava (Geografický ústav SAV).
- FAŠKO, P., ŠTASTNÝ, P. (2002). *Priemerné ročné úhrny zrážok. Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava, Banská Štiavnica (Ministerstvo životného prostredia SR, Esprit, spol. s r.o.).
- HALÁS, M., HURBÁNEK, P. (2008). Identifikácia a klasifikácia periférnych regiónov (pokús o syntézu). In Džupinová, E., Halás, M., Horňák, M., Hurbánek, P., Káčerová, M., Michniak, D., Ondoš, S., Rochovská, A., eds. *Periférnosť a priestorová polarizácia na území Slovenska*. Bratislava (Geografika), pp. 109-136.
- HANUŠIN, J. (1996). Prírodná krajina – voda – spoločnosť. *Životné prostredie*, 30, 285-288.
- HANUŠIN, J. (2006). Regionálne rozdiely v prirodzenom výskyte vody ako jeden z ukazovateľov kvality života na Slovensku. *Acta Facultatis Studiorum Humnitatis et Naturae Universitatis Prešovensis, Prírodné vedy, Folia Geographica* 10, 45, 164-168.
- JOHNSTON, R. J. (1978). *Multivariate statistical analysis in geography*. London (Longman).
- KOLLÁR, A., GAJDOVÁ, J., NÉMETHY, P. (2002). *Povrchové a podzemné zdroje vôd. Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava, Banská Štiavnica (Ministerstvo životného prostredia SR, Esprit, spol. s r.o.).
- KOMNENIC, V., AHLERS, R., ZAAG VAN DER, P. (2009). Assessing the usefulness of the water poverty index by applying it to a special case: can one be water poor with high level of access? *Physics and Chemistry of the Earth*, 34, 219-224.
- LAWRENCE, P., MEIGH, J., SULLIVAN, C. A. (2002). *The water poverty index: an international comparison*. Keele Economic Research Papers, 19. Keele (Centre for Economic Research, Keele University).
- PORAŽIKOVÁ, K., KOLLÁR, A. (2002). *Využitelné množstvo podzemných vôd. Atlas krajiny Slovenskej republiky*. Bratislava, Banská Štiavnica (Ministerstvo životného prostredia SR, Esprit, spol. s r.o.).
- ROBINSON, G. M. (1998). *Methods and techniques in human geography*. Chichester (Wiley).

- Smernica 2000/60/ES Európskeho parlamentu a Rady z 23. októbra 2000, ktorou sa stanovuje rámec pôsobnosti pre opatrenia spoločenstva v oblasti vodného hospodárstva.
- Správa o vodnom hospodárstve v Slovenskej republike v roku 2007 (2008). Bratislava (Ministerstvo životného prostredia SR, Výskumný ústav vodného hospodárstva).
- SULLIVAN, C. A. (2002). Calculating a Water Poverty Index. *World Development*, 30, 1195-1210.
- VELICER, W. F., JACKSON, D. N. (1990). Component analysis versus common factor analysis: some issues in selecting an appropriate procedure. *Multivariate Behavioral Research*, 25, 1-28.
- Vyhláška MP SR č. 338/2005 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o postupe pre odber pôdných vzoriek, spôsobe a rozsahu vykonávania agrochemického skúšania pôd, zisťovania pôdných vlastností lesných pozemkov a o vedení evidencie hnojenia pôdy a stavu výživy rastlín na poľnohospodárskej pôde a na lesných pozemkoch zo 6.7.2005.
- Zákon č. 136/2000 Zb. z. o hnojivách zo 17.3.2000.

Ján Hanušin, Ivan Andráško

SPATIAL DIFFERENTIATION OF WATER RESOURCE ACCESSIBILITY AND WATER RESOURCE HAZARD IN SLOVAK DISTRICTS

One of prerequisites necessary for prevention of problems with water in future is the spatial identification of recent conflicts originating in tension between the water amount and its quality, and potential water resource hazard.

Water accessibility is understood as a combination of natural supply through the hydrological cycle and technical accessibility defined as a portion of the population connected to the water mains. Natural supply from the landscape was assessed by means of three parameters: mean annual precipitation amount for the 1931-1980 period (in mm), surface water reserves ($l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$) and by means of the exploitable volume of ground waters ($l \cdot s^{-1} \cdot km^{-2}$). Technical water accessibility is defined as the portion of the population connected to public water main. The data were calculated in the GIS environment with working units, which were 71 Slovak districts. Bratislava and Košice-city with Košice-district area were perceived always as one district. Threats of water resources in direct or indirect ways cause potential preconditions for elimination of water reserves, deteriorated quality, and negative impact on ecosystems. For manifestation of the potential water recourse hazard, three parameters were chosen: fertilization by nitrogen and phosphate fertilizers (total, in kg per year per ha of agricultural land) as an area source of pollution, the volume of per capita treated waste water (in m^3) and portion of the population without connection to public sewerage or cesspools as the data representative for point sources of pollution.

The initial database for further processing consists of 71 units (partly modified districts), each of them characterized by 7 parameters. The setting of regional types of the districts by means of chosen multivariate methods was the goal of the next methodological procedure. The intention was to split the set of 71 districts into n -relatively homogenous clusters, regional types of water resource accessibility and hazard.

The chosen variant of multivariate analysis and classification consist of two principal steps:

- Principal component analysis (PCA) and evaluation of component loadings,
- Cluster analysis and its verification by discriminant analysis.

By application of PCA, 7 components were extracted, ranged according to decreased proportion of original information variance. From them, based on Kaiser's selective criterion, namely the criterion of eigenvalue equal or higher than 1, first three criteria explaining nearly 70% of total variance of entry values were selected for further processing. Interpretation of the components was based on variables with absolute values of component loadings (identical with correlation coefficient between entry variables and components) higher than $|\pm 0,5|$.

The component loading values represent fundamentals for the interpretation of extracted components. The nature of their spatial distribution is set by the values of component score calculated for individual districts. Obtained orthogonal components were used as mutually independent variables of cluster analysis. In the first step of the cluster analysis, Euclidean distances among all couples of observation (districts) were calculated. The consecutively hierarchical agglomerative method of the within-group linkage was applied. By stopping the agglomerative procedure after the sudden jump of the intracluster distance coefficient value, 14 clusters were identified and labelled A – N. One cluster covers 5 districts in average.

The paper offers an example of an attempt at the synthetic spatial identification and typification of the antagonistic relationship between water reserves and their deterioration by means of insufficient infrastructure and/or improper management. In spite of limits and problems arising from the applied method, it can be used in practical routine as an acceptable tool for the strategic decision-making in water management, and it can be applied to lower level units like administrative territories of municipalities and city sectors.

