



Univerzita Komenského v Bratislave, Prírodovedecká fakulta,
Katedra fyzickej geografie a geoekológie

Nezisková organizácia EDULAB
Klub učiteľov geovied

odborná skupina pri Slovenskej geologickej spoločnosti pri SAV

Nové trendy v geovedách – geovedné vzdelávanie učiteľov
Projekt KEGA č. 088UK-4/2013

Vodné zdroje na Slovensku

TEXT K PREDNÁŠKE

RNDr. Oľga Majerčáková, CSc.

2014

Realizáciu prednášky podporila:

KEGA č. 088UK-4/2013: Nové trendy v geovedách – geovedné vzdelávanie učiteľov

O rozvoji spoločnosti v minulosti aj dnes rozhodujú tri základné zdroje: voda, pôda, energia, ktoré spájajú dva hlavné problémy, ktorými sú globálny vývoj klímy a demografický vývoj. Akékoľvek vízie o rozvoji, smerovaní či udržateľnosti spoločnosti nie je možné spracovať bez uváženia disponibilných vodných zdrojov a ich možného vývoja. Dotýkajú sa tak samotnej existencie jednotlivca a jeho kultúrneho a sociálneho vývoja ako aj rozvoja spoločnosti, jej zdravotného stavu, potravinovej bezpečnosti, priemyselnej produkcie, rozvoja terciárnej sféry. Tak sa naostatok udialo aj v dokumente Dlhodobá vízia rozvoja slovenskej spoločnosti, ktorý bol predložený verejnosti v auguste 2008.

Približne pred tromi rokmi vyšla na Slovensku jedna z posledných rozsiahlych správ k dôsledkom klimatickej zmeny a možným adaptačným opatreniam v jednotlivých sektoroch. Prispeli sme do nej poznámkami k sektoru vodného hospodárstva.

Vodné hospodárstvo, podobne ako energetika, nie je odvetvie samo osebe, ale zabezpečuje vodu pre všetky ostatné sektory a pre celú spoločnosť podľa potrieb. Avšak na rozdiel od energetiky nemá alternatívne zdroje. Aj preto vodu už niekoľko rokov považujeme za strategickú surovinu. Okrem zabezpečenia vody má vodné hospodárstvo aj ďalšiu, nemenej významnú úlohu – ochranu pred nežiaducimi účinkami hydrologických extrémov, akými sú sucho a povodne. Nie len okrajové podmienky, ale priamo vstupné veličiny do hospodárenia s vodou poskytujú meteorológia, klimatológia a najmä hydrológia.

Dlhodobu, u nás alebo v zahraničí, bolo vodné hospodárstvo nastavené na zdroje vody, ktorých obnoviteľnosť sa považovala za proces stacionárny, pri ktorom sa v čase nemení jeho stredná hodnota a rozptyl.

Pri uvažovaní zmien klímy, fenoménu s ktorým sa už zrejme stretáme a ktorý sa primárne prejavuje v meteorologických, klimatologických a hydrologických procesoch, sa ukazuje, že tieto procesy sú nestacionárne. To znamená, že ako v časových klimatických radoch tak aj v hydrologických identifikujeme trendy. Vodné zdroje môžu klesať alebo narastať v závislosti od vývoja klimatických prvkov. Ročné alebo viacročné výkyvy disponibilných vodných zdrojov sme dokázali v minulosti riešiť či už pomocou ekonomických nástrojov alebo vytváraním rezervoárov vody, v našich podmienkach s ročným regulovaním. Odhady možných výhľadových riešení uvádzame v závere príspevku.

Slovensko a svet

Z praxe každodenného života a vlastnej skúsenosti vieme povedať, kedy je vody tak akurát, kedy jej je príliš veľa a kedy trpíme jej nedostatkom. Objektivizovať túto skúsenosť možno číslami, ktoré dostávame z viac ako polstoročného celoplošného kontinuálneho monitorovania našich povrchových a podzemných vodných zdrojov.

Poznámka 1: Najdlhší rad priemerných denných prietokov máme na Dunaji v Bratislave – od roku 1881.

Skôr ako sa však dostaneme ku konkrétnym údajom, zoznámme sa so snád' najviac citovanými odhadmi Šiklomanova, jedného z najvýznamnejších hydrológov minulých rokov, ktorý sa zaoberal posudzovaním dlhých hydrologických radov v celosvetovom meradle. Do povedomia hydrologickej komunity vstúpil práve týmito odhadmi, ktoré predstavil v roku

1992 na Medzinárodnej konferencii Voda a Environment v Dubline. Údaje o využiteľnej vode na obyvateľa spracoval pre všetky kontinenty (Tab. 1), pričom rok 2000 použil na predikciu.

Poznámka 2: Zatiaľ čo v úvode hovoríme o disponibilite vodných zdrojov, v nasledovnom prejdeme k pojmu využiteľnosti vodných zdrojov. Hoci obidva termíny sa v podstate nelíšia, v termíne disponibilita zvykneme okrem kvantity vody zohľadňovať aj jej kvalitu. Teda disponibilné zdroje vody sú všetky využiteľné zdroje zmenšené o znečistenú vodu, ak toto znečistenie znemožňuje jej využitie.

Tab. 1 Využiteľnosť vody na obyvateľa (International Conference, 1992)

Oblasť	Využiteľná voda (m ³ .10 ³ /rok/obyvateľ)				
	1950	1960	1970	1980	2000 (odhad)
Európa	5,90	5,40	4,90	4,60	4,10
severná Európa	39,2	36,5	33,9	32,7	30,9
stredná Európa	3,00	2,80	2,60	2,40	2,30
južná Európa	3,80	3,50	3,10	2,80	2,50
severná a stredná Amerika	37,2	30,2	25,2	21,3	17,5
Kanada + Aljaška	384	294	246	219	189
USA	10,6	8,80	7,60	6,80	5,60
stredná Amerika	22,7	17,2	12,5	9,40	7,10
Afrika	20,6	16,5	12,7	9,40	5,10
severná Afrika	2,30	1,60	1,10	0,69	0,21
Ázia	9,60	7,90	6,10	5,10	3,30
južná Amerika	105	80,2	61,7	48,8	28,3
Austrália a Oceánia	112	91,3	74,6	64,0	50,0

Samozrejme, že podobný výpočet sme urobili aj pre Slovensko a môžeme potvrdiť, že sme v v dobrej zhode s jeho údajmi pre strednú Európu. Uvádzame ich najmä preto, aby sme sa porovnali so svetom ostatným, a aby sme si uvedomili, že porovnateľné alebo horšie sú na tom len regióny južnej Európy a severnej Afriky.

Aj keď netrpíme akútnym nedostatkom vody, nie sme v pozícii, aby sme s ňou nenakladali maximálne racionálne, aby sme hazardovali s nepripravenosťou na možný vývoj klímy, a aby sme sa riadili podľa toho, že „nejako bolo, nejako bude“.

Slovensko

Ďalej uvádzame (Tab. 2), ako je to s využiteľnou vodou v našej krajine, a to v priemere do roku 1980, potom pre vybrané roky do roku 2000 a pre roky po roku 2000 do minulého roku.

Tab. 2 Využitelnost vody na obyvateľa v SR

	1931-80 (priemer)	1990	1993	1996	2000
Využitelná voda (m ³ .10 ³ /rok/obyvateľ)	2,84	2,40	1,37	2,84	2,36
Reálne odbery (m ³ /rok/obyvateľ)		397,7	297,6	256,1	220,8
% odberov z využiteľnej vody		16,6	21,7	9,0	9,40
¹ Hypotetické % odberov z využiteľnej vody		16,6	29,0	14,0	16,9

	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Využitelná voda (m ³ .10 ³ /rok/obyvateľ)	2,37	1,96	1,30	1,88	2,30	2,76
Reálne odbery (m ³ /rok/obyvateľ)	214,9	203,5	193,3	190,9	168,3	141,5
% odberov z využiteľnej vody	9,1	10,2	14,8	10,2	7,3	5,1
¹ Hypotetické % odberov z využiteľnej vody	16,8	20,3	30,6	21,2	17,3	14,4

	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Využitelná voda (m ³ .10 ³ /rok/obyvateľ)	1,72	1,88	2,00	4,22	1,73	1,41	2,62
Reálne odbery (m ³ /rok/obyvateľ)	127,7	122,8	115,8	111,0	109,7	123,1	118,0
% odberov z využiteľnej vody	7,5	6,6	5,8	2,6	6,3	8,8	4,5
¹ Hypotetické % odberov z využiteľnej vody	23,1	21,2	19,9	9,4	23,0	28,2	15,2

¹ Hypotetické % odberov z využiteľnej vody pri predpokladaných odberoch podľa roku 1990

Tu treba zdôrazniť, že **využitelná voda** na rok a obyvateľa v sebe zahrňuje dva faktory: jednak **nárast populácie**, jednak **prírodou poskytované vodné zdroje**. V iných častiach sveta, podľa nášho názoru, Šiklomanove odhady v Tab. 1 zrejme viac ovplyvnil populačný nárast ako možný vývoj prírodných vodných zdrojov.

V centrálnej Európe a špeciálne na Slovensku, využitelná voda na obyvateľa a rok odzrkadľuje hlavne vývoj prírodných podmienok, keďže nárast populácie u nás skôr stagnuje ako narastá. Preto v jednotlivých, najmä suchých rokoch vidno, v akom rozsahu môže vplyvom klimatických podmienok využitelná voda kolísat'. Výrazný je mimoriadne suchý rok 2003, kedy využitelná voda poklesla viac ako o polovicu v porovnaní s dlhodobým priemerom rokov 1931- 1980 (1,30 vs. 2,84).

Pri nezmenenom vývoji klímy **k časovému horizontu 2050** by sme pri takomto trende mohli očakávať, že využiteľné zdroje vody nám poklesnú nie o 25 až 30%, ale **o 40 až 50%**, teda klesnú na hodnoty okolo 1,42 ($\text{m}^3 \cdot 10^3 / \text{rok} / \text{obyvateľ}$). Túto hodnotu by ešte viac mohol znížiť rastúci počet obyvateľov. Tým by sme sa blížili k hodnotám enormne suchého roku 2003.

S využiteľnou vodou bezprostredne súvisia reálne požiadavky na vodu. Tieto sme vyjadrili v riadku tabuľky s názvom **Reálne odbery ($\text{m}^3 / \text{rok} / \text{obyvateľ}$)** v jednotlivých rokoch. Spotreba vody, ktorá z odberov predstavuje cca 10 až 25 %, nevystihuje do tej miery požiadavky na vodu ako samotné odbery vody. Na spresnenie dodávame, že viac ako polovicu spotrebovanej (nie odobratej) vody predstavovali ešte v nedávnej minulosti závlahy.

Odbery vody na Slovensku, prevažne z dôvodov nárastu cien za vodu, mimoriadne poklesli a stále majú klesajúcu tendenciu (hoci táto skutočnosť už bezprostredne ohrozuje napríklad aj zachovávanie základnej hygieny). V poslednom riadku tabuľky **Využitelnosť vody na obyvateľa na Slovensku** na ilustráciu uvádzame, aký by bol hypotetický percentuálny podiel celkovo odobratej vody na využiteľnej vode, ak by sme uvažovali s odbermi na úrovni roku 1990. Percentuálny podiel by bol vyšší 1,5 až 2-násobne, v posledných troch rokoch dokonca trojnásobne. Teda reálny pokles odberov vody pod 10 % využiteľných zásob vody v našich podmienkach nasvedčuje na neúmerné šetrenie s vodou, ak vôbec možno taký stav nazvať šetrením.

A ešte jedna analýza z tabuľky slúži za povšimnutie. Opäť hypoteticky, ak by sme v suchých rokoch 1993, 2003 a 2012 uvažovali s odbermi vody na úrovni roku 1990, potom by sme sa odbermi vody dostali na úroveň okolo 30 % využiteľných zásob, a to už je z hľadiska vodohospodárskeho využívania pomerne veľká hodnota (optimálnymi sa ukazujú byť odbery na úrovni 15-25 % využiteľných zásob).

Situácia, kedy by odbery prekračovali 30% by mohla nastať, ak by sa nám odbery opäť dostali na úroveň pred roku 1990 a ak by sme sa dostali či už do mimoriadne suchého roku, alebo do série suchých rokov za sebou. Aj takéto alternatívy treba mať na zreteli pri strategickom plánovaní vodného hospodárstva.

Rozdelenie vodných zdrojov na Slovensku v čase a priestore

Po úvodnom predstavení našich celkových vodných zdrojov v kontexte vodných zdrojov sveta sa pozrime vo väčšom detaile na rozloženie našich vodných zdrojov nielen v čase ale aj v priestore.

Sledovanie stavu vodných zdrojov v jednotlivých rokoch je možné, ak máme danú porovnávaciu hladinu. Tú pre nás v súčasnosti predstavujú roky 1961-2000. Hydrologické čísla odvodené z celého tohto obdobia nazývame hydrologické charakteristiky. V nasledujúcej Tab. 3 uvádzame takéto charakteristiky pre jednotlivé čiastkové povodia: plochu povodia, priemerné zrážky na povodie (P), priemerný odtok z povodia (O), bilančný výpar z povodia (P-O), ktorý je rozdielom zrážok a odtoku a koeficient odtoku, ktorý vyjadruje podiel odtoku zo zrážok.

**Tab. 3 Hydrologické charakteristiky čiastkových povodí za obdobie 1961-2000
(Hydrologická bilancia v čiastkových povodiach)**

Čiastkové povodie	Plocha km ²	P mm	O mm	P-O mm	Koeficient odtoku
Morava	2282	614	110	504	0,18
Dunaj	1138	611	30	581	0,05
Váh	14268	822	310	512	0,38
Nitra	4501	680	143	537	0,21
Hron	5465	790	289	501	0,37
Ipeľ	3649	636	130	506	0,20
Slaná	3217	713	189	524	0,27
Poprad	1950	868	418	450	0,48
Hornád	4414	701	210	491	0,30
Bodva	858	690	164	526	0,24
Bodrog	7272	718	235	483	0,33
Slovensko	49014	743	236	507	0,32

Toky a údaje len zo slovenskej časti povodí

**Tab. 4 Hydrologické charakteristiky čiastkových povodí za obdobie 1931-1980
(Bilancia v čiastkových povodiach)**

Čiastkové povodie	Plocha km ²	P mm	O mm	P-O mm	Koeficient odtoku
Morava	2282	682	118	564	0,17
Dunaj	1138	627	36	591	0,06
Váh	14268	844	356	488	0,42
Nitra	4501	694	158	536	0,23
Hron	5465	787	319	468	0,41
Ipeľ	3649	684	156	528	0,23
Slaná	3217	789	211	578	0,27
Poprad	1950	841	370	471	0,44
Hornád	4414	679	227	452	0,33
Bodva	858	731	212	519	0,29
Bodrog	7272	705	235	470	0,33
Slovensko	49014	762	262	500	0,34

Toky a údaje len zo slovenskej časti povodí

Donedávna sme používali porovnávacie (referenčné) obdobie 50 rokov: 1931-1980. Aby sme videli akým smerom sa nám hydrologické charakteristiky posunuli, uvádzame tú istú tabuľku aj pre roky 1931-1980.

Tab. 4 predstavuje vlastne porovnávaciu hladinu, ktorú sme na Slovensku používali zhruba do polovice roku 2006. Od prijatia charakteristík z rokov 1961-2000 všetky porovnávania, výpočty a hodnotenia vykonávame k novému referenčnému obdobiu. Na staré porovnania sme však celkom nerezigovali. Keďže s viditeľnými (merateľnými) dôsledkami prebiehajúcej zmeny klímy sa stretáme zhruba od rokov osemdesiatych, porovnanie súčasnosti s charakteristikami prvého referenčného obdobia nám naznačuje, k akému posunu hydrologických parametrov došlo u nás práve v dôsledku vývoja klímy.

Analýza vývoja vodných zdrojov na Slovensku

Stručne si teda zrekapitulujme ako sa nám dve referenčné obdobia líšia. Zatiaľ čo zrážky a odtok nám v druhom referenčnom období (1961 – 2000) poklesli - zrážky približne o 2,5% a odtok temer o 10 %, bilančný výpar nám stúpol približne o 1,5 %. Zhruba o 2 % nám poklesol aj podiel odtečených zrážok.

Tieto globálne slovenské čísla sú však po povodiach rozdielne. Výrazný pokles zrážok (6 až 10 %) zaznamenávame v povodiach Moravy, Ipľa, Slanej a Bodvy. Ešte výraznejší je pokles odtoku (od 7 do 17 %) vo všetkých povodiach, okrem Popradu, kde stúpol o 13 % a Bodrogu, kde zostal nezmenený.

O tom, ako s vodou hospodári samotná krajina nám do určitej miery hovorí koeficient odtoku. Ak by povodia rozdeľovali zrážky medzi odtok a výpar vždy rovnakým spôsobom, koeficient odtoku by bol konštantný. Vidíme však, že koeficient odtoku sa alebo nezmenil alebo poklesol vo všetkých povodiach okrem Popradu, kde narástol zhruba o 4 %.

Najvýraznejší pokles koeficientu odtoku je v povodiach Bodvy (5 %), Váhu a Hrona (4 %) a Ipľa a Hornádu (3 %). To znamená, že pri „horších“ zrážkových pomeroch si krajina udrží percentuálne viac vody zo zrážok ako v rokoch priaznivejších na zrážky.

Podobným spôsobom, ako sme analyzovali dlhodobé priemerné ročné hodnoty zrážok a odtoku pre jednotlivé čiastkové povodia, môžeme analyzovať aj ďalšie hydrologické charakteristiky, akými sú dlhodobé priemerné mesačné prietoky alebo M-denné prietoky.

Zatiaľ čo priemerné ročné hodnoty bežne spracúvame pre celé čiastkové povodia, mesačné a denné hydrologické charakteristiky spravidla spracúvame len v tých bodoch riečnej siete, kde meriame prietoky, teda vo vodomerných staniciach. Na Slovensku máme takýchto vodomerných staníc viac ako 400.

Klimatické scenáre a z nich plynúce závery pre vývoj vodných zdrojov na Slovensku

Z klimatických scenárov sú pre hydrologické procesy a následne pre vodné hospodárstvo najdôležitejšie scenáre zmien teploty a scenáre zmien zrážok. Prienik viacerých scenárov k trom časovým horizontom - k rokom 2025, 2050 a 2075 pre severné a južné časti Slovenska možno veľmi zjednodušene interpretovať nasledovne: teploty sa môžu zvýšiť o 1 až 2, resp. o 2,5°C na severe aj na juhu, pričom na juhu Slovenska to môže byť o niekoľko desiatín stupňa viac. Scenáre zrážok sú oveľa komplikovanejšie, no napriek tomu ich zjednodušenú interpretáciu možno zhrnúť takto: ročný nárast zrážok na juhozápade od 0 do

20%, na severe od 0 do 10%, v rozdelení zrážok počas roka možno očakávať skôr nárast v zimnom polroku a zníženie v letnom polroku.

Najdôležitejšie závery, ktoré sa nám z týchto scenárov ponúkajú a ktoré môžu následne pomerne výrazne ovplyvniť vodné hospodárstvo, sú:

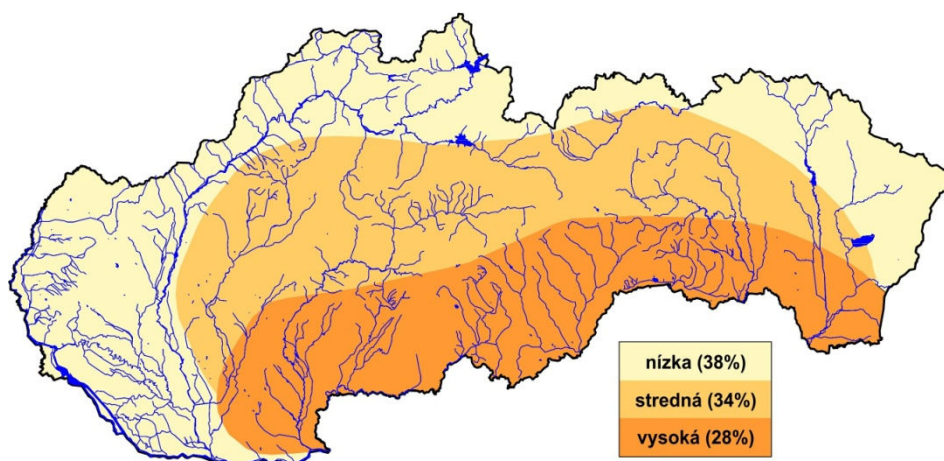
1. zvýšenie odtoku v zimnom polroku a strata snehu v prirodzene akumulovaných zimných zrážok
2. zvýšenie potenciálneho výparu a teda aj výparu (v prípade využiteľnej vody na výpar) v letnom polroku
3. zníženie pôdnej vlhkosti a úbytok hypodermického odtoku počas letného polroka
4. zvýšenie povrchového odtoku v letnom polroku počas epizodických zrážok (čo môže vyvolať zvýšenú eróziu pôdy a rýchlejšie zanášanie vodných nádrží)
5. zvýšenie frekvencie povodní (najmä prívalových) a nárast ich veľkosti
6. zvýšenie a predĺženie období sucha
7. zníženie využiteľných zdrojov vody

Podobné závery prinášajú aj viaceré doterajšie slovenské štúdie venované hydrologickým scenárom od autorov a autorských kolektívov: Szolgay, Majerčáková, Petrovič, Hlavčová, Zaťko, Trizna, Fendeková, Kullman a ďalší. Podrobný prehľad spomenutých prác prinášajú Národné správy o klimatickej zmene (1-4) a mnohé z nich sú publikované v edícii NKP – Národného klimatického programu (1 – 12).

V tejto situácii môžeme povedať, že **Slovensko má dve výhody**: pomerne súvislé a stabilné, resp. skôr rastúce výmery lesného porastu a dopĺňanie vodných zdrojov nie len zo zrážok, ale v oblasti Žitného ostrova aj nasycovanie kolektorov podzemných vôd vodami Dunaja.

V rámci odhadov účinkov klimatických zmien na území Slovenska sme ešte v roku 1995 spracovali generalizovanú mapu zraniteľnosti a citlivosti vodných zdrojov na Slovensku. V priebehu času došlo len k jej minimálnym korektúram.

Podľa korigovanej mapy sa klimatické zmeny vo väčšej alebo strednej miere môžu dotknúť až 60% plochy nášho územia.



Obr. 1 Mapa zraniteľnosti Slovenska s percentom plochy územia

Vývoj komponentov hydrologickej bilancie za celé územie Slovenska a za vybrané povodie z najviac zraniteľnej oblasti (povodie Ipľa) sme zvolili za východisko pre odhad

vývoja vodných zdrojov na našom území ako aj pre odhad potrebných adaptačných opatrení v sektore vodného hospodárstva.

Je všeobecne známy fakt, že nárast teploty vzduchu o 1°C by sme vo vegetačnom období potrebovali kompenzovať nárastom ročného úhrnu zrážok asi o 100 mm, čo podľa scenárov, najmä v najzraniteľnejších územiach Slovenska, nemožno očakávať. V opačnom prípade môže dochádzať k významnému zníženiu pôdnej vlhkosti a odtoku z územia, a to v prvej fáze pôsobenia zmenených klimatických podmienok na úkor odtoku hypodermického (podpovrchového).

Na základe vývoja jednotlivých komponentov hydrologickej bilancie za posledných 20 rokov možno konštatovať, že toto obdobie bolo doposiaľ na Slovensku najteplejšie (podobne bolo najteplejším aj na severnej pologuli). Počas tohto obdobia sme sa u nás stretli s ôsmimi významnými povodňami (1997, 1998, 1999, 2000, 2001, 2004, 2006, 2010), a to ako s regionálnymi a privalovými, tak z topenia snehu a zaznamenali sme päť výrazných súch: v rokoch 1990 – 1993, v roku 2000, 2003, na jar 2007 a v roku 2011 s prenosom účinkov do roku 2012.

Vývoj vodných zdrojov na Slovensku do súčasnosti

Tab. 1 Vývoj komponentov hydrologickej bilancie na Slovensku za jednotlivé obdobia

obdobie	zrážky (mm)	odtok (mm)	bilančný výpar (mm)
1931 – 1980*	753	261	492
1961 – 2000 ** (100%)	742	236	506
1991 – 2013	801 (108%)	239 (101%)	562 (111%)
1991 – 2001	779	241	538
2002 – 2013	821	237	584

Tab. 2 Vývoj komponentov hydrologickej bilancie v povodí Ipľa za jednotlivé obdobia

obdobie	zrážky (mm)	odtok (mm)	bilančný výpar (mm)
1931 – 1980*	684	156	528
1961 – 2000 ** (100%)	636	135	501
1991 – 2013	698 (110%)	121 (90%)	577 (115%)
1991 – 2001	677	112	565
2002 – 2013	717	129	588

* prvé referenčné obdobie

** druhé referenčné obdobie

Pri porovnávaní komponentov hydrologickej bilancie sa sústredíme na dve referenčné obdobia a tiež obdobie (1991 – 2013), teda na obdobia 50, 40 a 23 ročné, ktorých dĺžku môžeme považovať za dostatočnú pre stanovenie hydrologickej bilancie. Z pohľadu dneška môže toto porovnanie naznačiť trend vývoja vodných zdrojov.

Ak porovnáme komponenty hydrologickej bilancie pre dve referenčné obdobia pre územie Slovenska vidíme, že zrážky nevýrazne poklesli (o menej ako 2%), odtok poklesol približne o 10% a výpar sa zvýšil zhruba o 3%. Pre povodie Ipľa, teda povodie patriace k najzraniteľnejším oblastiam Slovenska, zrážky poklesli približne o 7%, odtok poklesol temer o 14 % a výpar vzrástol o približne o 6%. Aj takéto porovnanie malo za následok, že

hydroológovia v roku 2006 prijali obdobie 1961 – 2000 za nové referenčné obdobie. Ďalšie porovnania budeme teda vykonávať k tomuto obdobiu.

Zrážky na území Slovenska po roku 1991 vzrástli približne o 8%, odtok zostáva temer konštantný a výpar sa zvýšil približne o 11%. V povodí Ipľa zrážky pomerne prekvapujúco tiež vzrástli, a to približne o 10%, odtok poklesol tiež približne o 10% a výpar vzrástol až o 15 %.

Výpar vzrástol na celom našom území, jeho signifikantný nárast sa pozoruje už aj v severných oblastiach Slovenska. Nárast zrážok na území Slovenska stačil kompenzovať nárast výparu. Podiel skutočného a potenciálneho výparu sa v posledných rokoch dokonca nepatrne zvýšil, zatiaľ medzi týmito veličinami nedochádza k tzv. „otváraniu nožníc“. Teda nárast výparu a nevýrazné zmeny odtoku boli spôsobené primárne nárastom teploty vzduchu. Odlišné závery nám ponúka pohľad na hydrologickú bilanciu Ipľa a ostatných najviac zraniteľných území. V povodí Ipľa nárast zrážok už na kompenzáciu výparu nestačil, a tak súčasne došlo aj k zníženiu odtoku.

K prognózovaniu vývoja vodných zdrojov na Slovensku

Využitelnosť vodných zdrojov je daná dvoma skupinami faktorov:

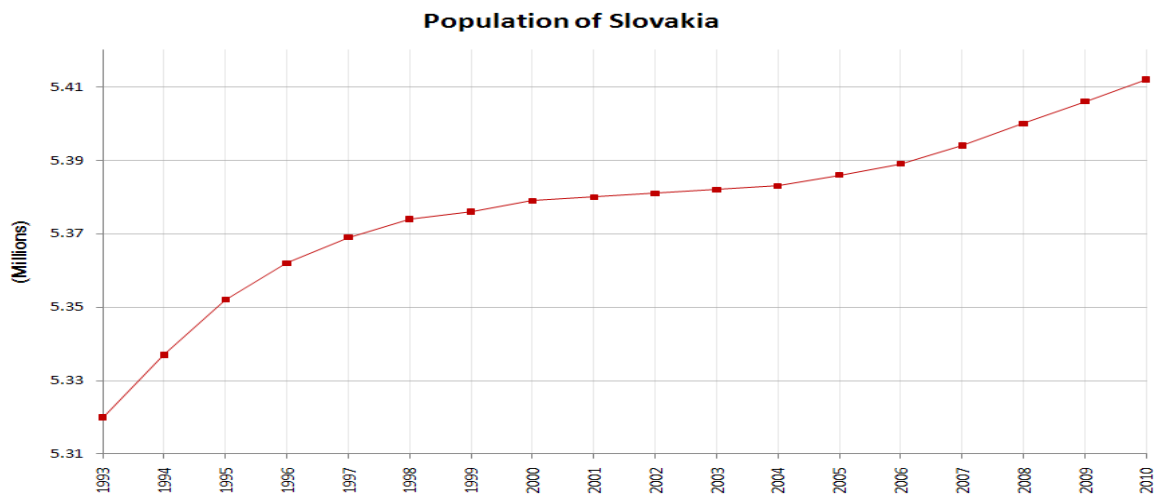
- **prirodzeným vývojom potenciálu vodných zdrojov**, ktoré, ako sme uviedli vyššie, sú ovplyvňované nestacionárnym vývojom klímy
- **spoločenskými podmienkami daného územia alebo krajiny**. Zo spoločenských podmienok k najvýznamnejším patrí demografický vývoj. Požiadavky na vodu ďalej ovplyvňujú napríklad: sociálna úroveň a sociálny rozvoj, industriálny rozvoj a vývoj nových technológií, snaha o zabezpečenie potravinovej sebestačnosti, legislatíva, ekonomické nástroje. Napriek 25 ročnému obdobiu od zmeny politického a ekonomického systému, prognózovanie vývoja v sociálnej oblasti je stále veľmi problematické.

V prvej fáze Národného klimatického programu (1990-1995) sa odhadoval vývoj potenciálu povrchových a podzemných vodných zdrojov podľa scenárov CCCM a WPB, ktorý sa mnohým hydroológom a klimatológom zdal v tom čase príliš pesimistický. Preto sa pozrime na odhady (zníženie) vývoja vodných zdrojov podľa obidvoch scenárov pre tri časové horizonty 2010, 2030 a 2075: **CCCM** - zníženie pre prvý časový horizont cca o 10%, pre druhý časový horizont cca o 18% a pre tretí časový horizont cca o 35%. **WPB** - zníženie pre prvý časový horizont cca o 20%, pre druhý časový horizont cca o 30% a pre tretí časový horizont cca o 55%.

Odhady podľa scenára CCCM sa pre horizont 2010 ukazujú ako pomerne realistické.

Zároveň sa niektorí vodohospodári v tomto čase zaoberali aj demografickým vývojom a vývojom spotreby vody. Keďže tieto odhady stavali na dlhodobom vývoji do roku 1995, v nových ekonomických podmienkach sa ukázali ako chybné. Nárast počtu obyvateľstva predpokladali vyšší ako bola skutočnosť po roku 1996. Podobne pri spotrebe pitnej vody ráťali s jej vzostupom už po roku 2000 (v skutočnosti - v dôsledku zvyšujúcej sa ceny vody ešte aj v roku 2011 sme zaznamenali pokračujúci pokles, ktorý sa zastavil až v roku 2012). Pri spotrebe vody pre poľnohospodárske zavlažovanie vychádzali z dovtedajšej snahy

o zabezpečenie sebestačnosti vo výrobe potravín. Ani tento odhad sa dodnes nenaplnil, napríklad výmera závlah v roku 2010 poklesla oproti roku 2005 o viac ako 26%.



Zdroj: Wikipédia

Obr. 2 Počet obyvateľov na Slovensku do roku 2010

Na dokreslenie omylov v týchto prognózach uvádzame nasledujúce čísla: vývoj špecifickej spotreby vody na obyvateľa od roku 1990 za posledných 20 rokov klesol o viac ako 57%.

V roku 2005 v porovnaní s prognózou z roku 1996 bol odber vody pre priemysel nižší o 40%, odber vody pre vodovody približne o 33% a odbery vody pre poľnohospodárstvo boli nižšie o viac ako 85%, pričom tento trend pretrváva až do súčasnosti. Z uvedeného je zrejmé, že odhad vývoja spoločenských podmienok bol zhruba pred 20 rokmi oveľa neistejší ako odhad možného vývoja vodných zdrojov.

Strategický pohľad na vodné hospodárstvo

Zo strategického pohľadu na vodné hospodárstvo, a samozrejme s finančnou kalkuláciou a finančným zabezpečením, najdôležitejšie tri oblasti sú:

- zásobovanie obyvateľstva pitnou vodou
- ochrana pred hydrologickými extrémami: suchom a povodňami
- zabezpečenie vody pre poľnohospodársku produkciu a priemysel

Zásobovanie krajiny pitnou vodou

V rámci Konceptie vodohospodárskej politiky do roku 2015, predloženej v roku 2006 sa spracoval aj **plán rozvoja verejných vodovodov a kanalizácií** pre územie Slovenskej republiky. Tento plán je postavený tak, aby splnil požiadavky národnej a európskej legislatívy na oblasť verejných vodovodov a verejných kanalizácií. Je vysoko pravdepodobné, že tento zámer sa predĺži najmenej o 5 rokov.

V zásobovaní pitnou vodou sú u nás stále dominantné zdroje podzemných vôd, tvoria okolo 80%. Podzemná voda je v rámci územia Slovenska rozložená nerovnomerne. Najväčšie využiteľné množstvá sa nachádzajú v kvartérnych náplavoch horného Žitného ostrova a vo vápencovo dolomitických horninách pohorí stredného Slovenska a Slovenského krasu. Podstatne nižšie využiteľné množstvá podzemných vôd sú evidované na východnom Slovensku a juhu stredného Slovenska.

V trojuholníku Devín - Jelka – Gabčíkovo (približne 3,5 % rozlohy SR) je temer 35 % našich využiteľných zdrojov podzemných vôd. Kapacita zdrojov hornej časti Žitného ostrova je približne $22 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. To je v súčasnosti postačujúce na krytie potrieb celého Slovenska. Západné Slovensko je tak jedinou časťou republiky, kde netreba budovať vodárenské nádrže.

Ak by sa okolo roku 2020-2025 potvrdili očakávania podľa vyššie načrtnutých scenárov, nastal by čas na realizáciu prevodu pitnej vody z oblasti Žitného ostrova (ktorý sa z hľadiska klimatických zmien javí ako inertný) do oblastí pravdepodobne deficitných – južných oblastí stredného a východného Slovenska. Tento prevod by bolo možné realizovať zhruba do vzdialenosti 250 km.

Alternatívou k tomuto strategickému zámeru môže byť (avšak len v prípade dostatočných zdrojov povrchovej vody) vybudovanie vodárenských nádrží s kapacitou približne 150-180 mil. m^3 (čo predstavuje približne 3 vodárenské nádrže ako Starina alebo 7 vodárenských nádrží ako Málíneec). Alternatíva by predstavovala približne rovnaké náklady ako antigravitačný prevod vody zo Žitného ostrova.

Ochrana pred hydrologickými extrémami: suchom a povodňami a zabezpečenie vody pre poľnohospodársku produkciu a priemysel

Výzva vodného hospodárstva na ochranu pred hydrologickými extrémami suchom a povodňami bude pravdepodobne najnákladnejšou, keďže v tejto oblasti máme, podľa nášho názoru, pravdepodobne najvýraznejší deficit za posledných 20 rokov.

Hneď úvodom treba povedať, že budovanie ochrany pred povodňami má význam v horných oblastiach väčších rozvinutých tokov (dobrým príkladom sú veľkokapacitné nádrže Oravská priehrada a Liptovská Mara na ochranu celého Považia pod týmito nádržami). Ochranu na malých tokoch sem nezahŕňame. Podobne na ochranu pred privalovými povodňami s malým polomerom a náhodným výskytom treba voliť iné prostriedky.

Veľkokapacitné nádrže, okrem ochrannej funkcie (retenčných objemov) majú aj pomerne významné akumulačné (zásobné objemy). Teda výstavba týchto hydrotechnických stavieb napĺňa dve funkcie – ochrannú a zásobnú (nehovoriac o jej energetickom, rekreačnom alebo tiež inom využití). Zdá sa, že v posledných rokoch sme na tieto výnimočne efektívne investičné celky rezignovali.

Schopnosť zregulovať odtok v krajine vyjadruje koeficient regulácie. Koeficient predstavuje pomer využiteľného objemu nádrží k priemernému ročnému odtoku z územia a vyjadruje sa v percentách. Hodnota koeficienta v rozmedzí 20–40 % indikuje, že v regióne je dostatočná objemová kapacita nádrží na plynulé zásobovanie vodou. Najvyšší koeficient regulácie odtoku, väčší než 40%, je napr. v USA, alebo na území južnej Európy v bývalom Sovietskom zväze.

V mnohých regiónoch využiteľný odjem nádrží je mimoriadne nízky, menší než 10% ročného odtoku. K týmto krajinám patrí aj Slovensko, kde je koeficient regulovania odtoku menej než 8%. Preto je treba – vzhľadom na očakávanú zmenu klímy – otvorene diskutovať o otázke ďalšej výstavby vodných nádrží u nás. Riešenia problémov vyplývajúcich z doteraz odhadnutých tendencií zmien hydrologického režimu nastoľujú totiž aj možnosť potreby prerozdeľovať odtok v priestore (medzi severom a juhom Slovenska), a čase (v priebehu roka a medzi jednotlivými rokmi). Musíme počítať s nutnosťou kompenzovať pokles výdatnosti zdrojov vody najmä na jar a v lete v nížinných oblastiach na strednom a východnom Slovensku.

Spotreba vody je v súčasnosti rozdelená medzi hlavné sektory nasledovne: približne 56% pre priemysel, 37% pre vodovody a 7% pre závlahy.

Napriek súčasnej veľmi nízkej spotrebe vody v poľnohospodárstve (čo dnes predstavuje približne len 7% celkovej spotreby, na rozdiel od minulosti, kedy to bolo okolo 50%) treba najmä v závlahovom hospodárstve počítať s nárastom zavlažovanej výmery do roku 2050 zhruba o 80% a do roku 2075 zhruba na dvojnásobok, a teda aj s adekvátnymi zdrojmi vody. Náklady na obnovenie budovanie, rekonštrukciu a údržbu závlahových systémov zrejme nebudú vedené cez sektor vodného hospodárstva.

Na Slovensku máme dnes postavených približne 330 vodných nádrží. Z nich je okolo 200 tzv. menších s objemom okolo 50 mil. m³. Tie sú určené najmä ako rezervoáre závlahovej vody, avšak technický stav mnohých z nich nie je vyhovujúci. Aj do rekonštrukcií budú potrebné investície, nie ako príspevok ku klimatickým zmenám, ale na riešenie starých dlhov.

Celkový objem nádrží je približne 1,4 mld. m³. Vzhľadom na naše priaznivé fyzickogeografické a ekologické podmienky a vzhľadom na hroziaci deficit vody na spotrebu v priemysle, poľnohospodárstve a chladiarenskej vody, ako aj vzhľadom na nedostatočné využitie energetického potenciálu by bolo „zdravé“ mať objem vody zachytenej v nádržiach aspoň okolo 2,0 - 2,2 mld. m³, teda súčasný stav zlepšiť minimálne o 50% do roku 2075.

Čo je však nevyhnutné, treba zabezpečiť vodu v nádržiach s viacročnou (nie jednoročnou) reguláciou vody, a to najmä z dvoch dôvodov: prvým je udržať relatívne vysokú zabezpečenosť dodávok vody (v opačnom prípade by viacnásobná sanácia dôsledkov mohla znamenať náklady porovnateľné s investičnými nákladmi), druhým dôvodom je možný výskyt série suchých rokov (ako boli napríklad roky 1981 – 1994, kedy nám oproti priemeru chýbala až ¼ povrchových vodných zdrojov).

Ako by sme mali ísť ďalej

V prvom rade by sme si mali postaviť takú stratégiu vody, ktorá nebude záležitosťou jedného rezortu alebo sektoru, ale celého štátu. Stratégiu, ktorá by nemala byť osamotená, ale naviazaná napríklad na energetiku, poľnohospodárstvo, ochranu krajiny, ale aj vzdelávanie.

Mali by sme zvážiť všetky možné alternatívy ďalšieho vývoja prírodných subsystémov klímy a hydrosféry a alternatívy demografického vývoja. Mali by sme definovať nielen úlohy

sektoru vodného hospodárstva ale aj všetkých ostatných zložiek spoločnosti, ktorých sa ochrana a nakladanie s vodami dotýka.

Mali by sme priebežne podporovať účinné programy spojené so sledovaním zmien klímy.

Mali by sme dôsledne riešiť súčasné problémy vody, lebo tie budúce môžu byť ďaleko náročnejšie.

Mali by sme vychovávať a najmä stabilizovať mladú hydrologickú a vodohospodársku generáciu. Aj najlepšie stratégie a plány zlyhajú, ak ich nebude mať kto korigovať a vykonávať.

A čo môže urobiť v tomto kontexte hydrológia?

V prvom rade snažiť sa o monitorovanie všetkých zdrojov vody a procesov, ktoré sú súčasťou nepretržitého hydrologického cyklu. Len spoľahlivý dlhodobý monitoring môže poskytnúť základ na poznanie aj budúceho vývoja hydrosféry. Praktická hydrológia dnes pomerne spoľahlivo a dostatočne monitoruje zrážky, povrchové a podzemné vodné zdroje, ale do monitorovania nemáme u nás stále zahrnutý výpar alebo pôdne vodné zdroje. Výsledky monitoringu je potrebné aj naďalej permanentne hodnotiť. Teoretická hydrológia by mala hľadať riešenia, ako sa prakticky vysporiadať s nestacionaritou hydrologických procesov. Teoretická aj praktická hydrológia by mali hľadať alternatívy možného budúceho vývoja hydrosféry, najmä v kontexte vývoja klimatického systému. V tomto smere sa pomerne hodne vykonalo pri zvažovaní prvých dvoch možností, t.j. nárastu teploty a poklesu či nárastu zrážok.

Niekoľko slov na záver

V období posledných ôsmich rokov sme zažili niekoľko extrémnych, ba aj katastrofických meteorologických a hydrologických situácií. Za nový fenomén, ktorý sa u nás v posledných zhruba 10-12 rokov udomácnil považujeme tzv. privalové povodne. Tie si často vyberajú aj daň na ľudských životoch. Stretáme sa s nimi temer každoročne, hoci v minulosti to bol jav pomerne zriedkavý. Akoby posledné roky napĺňali predikcie o zvýšenom výskyte extrémov, ktoré hydrológovia a klimatológovia vyslovovali už začiatkom rokov deväťdesiatych.

Extrémne situácie, hoci nám výrazne načierajú do finančného vrecka, zatiaľ výrazne neovplyvnili naše využiteľné vodné zdroje, krajina si je schopná tieto zdroje počas priaznivých období dopĺňať.

Na druhej strane, roky 2003 a 2011, resp. 2012 ukázali, čo môže pre krajinu znamenať sucho. Katastrofou by bol výskyt série podobných rokov.

Zvýšený počet hydrologických extrémnych situácií na našom území je vážny dôvod, aby sme sa v oblasti vody, popri otázkach súvisiacich s uplatňovaním európskych legislatívnych noriem (či už Rámcovou smernicou o vodách, Smernicou o ochrane pred povodňami alebo dokumentmi vydanými k problémom sucha a nedostatku vody) s plnou vážnosťou zaoberali nielen optimalizáciou využívania a riadenia existujúcich nádrží ale aj navrhovaním nových vodných nádrží, prípadne prerozdeľovaním vody medzi severom a juhom, alebo aj západom a východom Slovenska.

Vodné hospodárstvo aj hydrológia majú v našej krajine dlhodobú tradíciu, doposiaľ sa udržuje kvalitné vzdelávanie, avšak väčšie spoločenské ocenenie týchto profesií by mohlo výrazne prispieť k záujmu o vodu a k stabilizácii mladej generácie odborníkov v týchto, pre spoločnosť vitálne dôležitých, odboroch.

Ak sa budeme racionálne správať, ak si budeme vodu vážiť a chrániť, ak budeme s vodou koexistovať tak, aby nás neohrozovala a ak jej venujeme toľko pozornosti, koľko jej podľa významu pre život jednotlivca a spoločnosti náleží, môžeme aj v budúcnosti očakávať, že vody bude u nás dostatok pre všetko a pre všetkých.

Literatúra

- Majerčáková, O., Faško, P., Škoda, P., Šťastný, P., (2004):** Porovnanie hydrologickej bilancie Slovenska za obdobia 1931 – 1980 a 1991 – 2001. **Vodohospodársky spravodajca, XLVII, č. 2-3, s.: 12-15.**
- Majerčáková, O., Faško, P., Šťastný P., (2004):** Nové požiadavky na hodnotenie významných zrážkových úhrnov. In: **Rožnovský, J., Litschmann, T., (eds. CD) Seminár „Extrémy počasí a podnebí“.** ISBN 80-86690-12-1
- Majerčáková, O., Kučárová, K., (2006): **Vodné zdroje Slovenska.** In: Voda pre život – voda živel. Zborník z medzinárodného sympózia v rámci programu 23. ročníka medzinárodného filmového festivalu AGROFILM 2006
- Majerčáková, O., Pekárová, P., Szolgay, J., (2006): **Vybrané hydrologické problémy a priority protipovodňovej ochrany.** Vodohospodársky spravodajca, 49, 9-10, 2006, s. 22-25
- Majerčáková, O., Škoda, P., Danáčová, Z. (2007):** Vývoj vybraných hydrologických a zrážkových charakteristík za obdobia 1961-2000 a 2001-2006 v oblasti Vysokých Tatier. **Meteorologický časopis, 10, 4/2007, s. 205-210.**
- Majerčáková, O., Majerčák, J., Lovásová, L. (2014):** Niekoľko poznámok k dôsledkom možného vývoja klímy na vodné hospodárstvo na Slovensku a k adaptačným opatreniam v tomto sektore. **Meteorologický časopis, 17, v tlači.**
- Poórová, J., (2007):** Metódy vodohospodárskej bilancie. **Dizertačná práca v odbore doktorandského štúdia: 39-41-9 Hydrológia a vodné hospodárstvo. STU Bratislava.**
- Škoda, P., Majerčáková, O., Danáčová, Z. (2005):** Hydrologické a klimatické pomery v povodí. **Kapitola v monografii Scenáre zmien vybraných zložiek hydrosféry a biosféry v povodí Hrona a Váhu v dôsledku klimatickej zmeny.** Editori Pavla Pekárová - Ján Szolgay. Veda, vydavateľstvo SAV, Bratislava 2005, s. 17- 47.

Oľga Majerčáková
Slovenský hydrometeorologický ústav
Juraj Majerčák
Ústav hydrológie SAV