

Priehrada Gabčíkovo a kvalita podzemných vôd

Podzemná voda je alfou a omegou pri zásobovaní obyvateľstva vodou, riešení environmentálnych otázok, záchrane lužných lesov i poľnohospodárskej produkcie. Najproblematickejším miestom vodného diela Gabčíkovo je Hrušovská zdrž. Jej napustenie môže spôsobiť eutrofizáciu, ukladanie neželaných sedimentov s obsahom organických látok, zmenu oxidačných podmienok v podzemnej vode na redukčné, kolmatáciu dna a následné zníženie infiltrácie do podzemnej vody, zmenu pomeru plavenín a splavenín v prospech plavenín, problémy s odstraňovaním jemných sedimentov, vyvolá ďalšie investície na viacstupňovú úpravu vody, umelú infiltráciu a zvýšené závlahy. Zmenou projektu na prietokovú elektrárňu by bolo možné zdrž a hať prerobiť tak, aby sa všetky spomenuté problémy minimalizovali a okrem toho by sa dosiahlo isté zlepšenie súčasného stavu. Optimálne riešenie jednotlivých úloh navrhujeme hľadať metódami modelovania, k čomu má rozhodujúcou mierou prispieť i medzinárodný program PHARE.

Voda v riekach, jazerách aj podzemná voda v prameňoch a studniach na našom území má väčšinou prirodzené oxidačné podmienky a pokiaľ nie je priamo znečistená, obyčajne má kvalitu pitných vôd bez úpravy. V Európe prevládali oxidačné podmienky takmer vo všetkých riečnych náplavoch ešte začiatkom nášho storočia. Dnes je v mnohých krajinách sotva možné piť vodu zo studní bez úpravy. Ohrozenie a znečistenie podzemných vôd stále pokračuje.

Voda neznečistených riek a horských jazier má obyčajne oxidačné podmienky, pretože kyslík z atmosféry sa dostáva cez hladinu do vody tým viac, čím rýchlejšie voda prúdi a hladina sa vlní. Podzemná voda môže mať vzhľadom na hydrogeologické pomery oxidačné alebo redukčné podmienky. V minulosti mala podzemná voda v riečnych náplavoch zvyčajne oxidačné podmienky, ktoré sa ešte zachovali v neznečistených územiach s optimálnou hĺbkou a režimom kolísania hladiny podzemných vôd tam, kde sa poľnohospodárstvo realizuje prirodzeným spôsobom. Kyslík sa dostáva do podzemných vôd ako rozpustený pri infiltrácii zo zrážok a pri brehovej infiltrácii vody z rieky (prirodzeným spôsobom len v hornej časti Žitného ostrova). Okrem toho sa môže dostať do podzemných vôd cez ich hladinu.

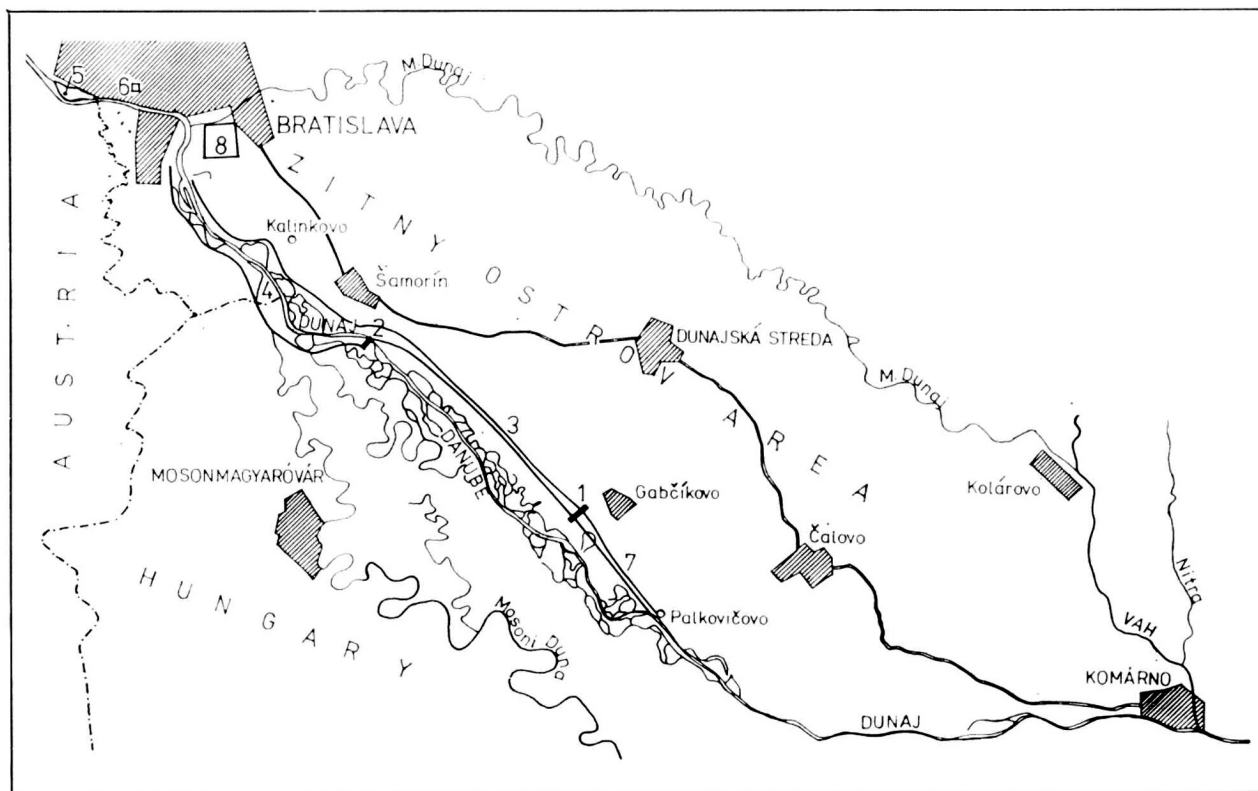
V oxidačných podmienkach potláča rozpustený kyslík väčšinu anaeróbných mikrobiologických procesov. V územiach, kde voda infiltrujúca do podzemných vôd obsahuje organické látky a málo kyslíka, nastávajú anaeróbne podmienky. Látkou, ktorá spotrebúva kyslík v podzemnej vode je organická hmota. To znamená, že zmeny v oxidačno-redukčných podmienkach spôsobuje predovšetkým zvýšená infiltrácia organickej látky a znížený prívod kyslíka. Takéto zmeny môžu nastať aj bez toho, čo nazývame znečistenie prírodného prostredia. Preto nemôžeme hovoriť

o samočistiacej kapacite podzemnej vody v horninách, ale musíme presne definovať jednotlivé zložky oxidačno-redukčných procesov, ktoré môžeme ľudskou činnosťou ovplyvňovať. V prírodnom prostredí poznáme miesta, kde od nepamäti existujú redukčné podmienky bez zásahu človeka. Na druhej strane, znečistenie spôsobované ľudskou činnosťou je v prevažnej miere organického pôvodu, alebo podporuje tvorbu organických látok.

Je zrejme, že ľudská činnosť môže ovplyvniť procesy v povrchových i podzemných vodách. Avšak nielen v smere zhoršovania ich kvality. Môže prispieť aj k jej udržaniu alebo zlepšeniu. Základom takýchto úvah sú práve oxidačno-redukčné pomery.

Oxidačné podmienky v podzemných vodách znamenajú, že rôzne látky prítomné v horninách a látky prichádzajúce pri infiltrácii vody z povrchu sa nachádzajú v určitej forme. Predovšetkým organická hmota sa oxiduje na oxid uhličitý. Anaeróbna činnosť mikroorganizmov je potlačená, a preto NO_3^- , SO_4^{2-} a pod. ostávajú v tvare s najvyšším oxidačným stupňom, čo znamená, že viažu maximálne množstvo kyslíka. Podobne Mn^{4+} , Fe^{3+} a pod. sú v tvare s najvyšším oxidačným stupňom a tvoria nerozpustnú látku. Takýto stav sa zachová dovtedy, kým je vo vode prítomný rozpustený kyslík a nenachádza sa tam látka, ktorá by ho mohla spotrebovať, napríklad organická hmota. Takáto podzemná voda má vyhovujúcu kvalitu ako pitná dovtedy, kým obsah rozpustných látok, napríklad dusičnanov, nepresiahne určité hranice.

Ak je vo vode prítomných viac látok, ktoré spotrebúvajú kyslík (napríklad organických), vzniknú *redukčné podmienky*. Časť týchto látok sa priamo oxiduje, prestáva existovať rozpustený kyslík a vznikajú anaeróbne mikrobiologické procesy. Pri týchto procesoch sa využíva kyslík viazaný v NO_3^- , SO_4^{2-} , Mn^{4+} , Fe^{3+}



1 — Gabčíkovo — priehrada; 2 — Hat Hrušov — Dunakility; 3 — Derivačný kanál; 4 — Hrušovská zdrž; 5 — Sihof — vodný zdroj; 6 — Bratislavský hrad; 7 — Odpadový kanál; 8 — Slovnaft.

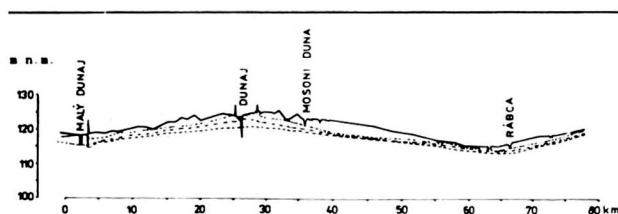
a pod. a vznikajú dusitany, amoniak, rozpustná forma železa, mangánu, sírovodík a rôzne organické komplexy. Mechanizmus týchto procesov je oveľa komplikovanejší, chceme však zdôrazniť, že v redukčných podmienkach vzniká z podzemnej vody vyhovujúcej kvality voda nevhodná ako pitná, predovšetkým pre rozpustnú formu železa a mangánu, ale hlavne pre obsah dusitanov, amónnych iónov, sírovodíka a pod. Takúto vodu treba upravovať, často viacstupňovou úpravou a filtráciou cez aktívne uhlie.

Kvalita podzemnej vody na Žitnom ostrove

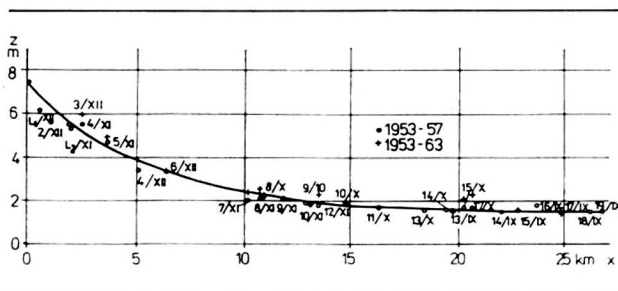
Dunaj je veľmi dynamická rieka s veľkým kolísaním prietokov a hladín. V Bratislave namerané minimálne, priemerné a maximálne prietoky sú 570, 2025 a 10 254 m³·s⁻¹, s amplitúdou kolísania viac ako 8 m. Hydraulický gradient pod Bratislavou sa pohybuje od 0,03 do 0,04 % a pri Gabčíkove od 0,02 do 0,03 %. Vysoký gradient a veľký prietok predurčujú, že riečne koryto pozostáva hlavne zo štrkov a hrubého piesku a je takmer bez pevných organických látok. Voda v Dunaji je vzhľadom na infiltráciu pomerne dobrej

kvality (takmer stopercentné nasýtenie kyslíkom — okolo 9,8 mg/l a pomerne malé hodnoty biochemickej spotreby kyslíka — BSK₅ okolo 2 až 3 mg O₂/l). Organická látka oxiduje a v podzemnej vode ostáva stále dostatočné množstvo kyslíka na to, aby nevznikli redukčné podmienky. Okrem toho premenlivost prietokov spôsobuje pohyb dna, takže jeho upeňovanie, známe napríklad z umelej infiltrácie, neexistuje. To je jednou z príčin, prečo studne ostrova Sihof stále dávajú veľa dobrej vody.

Žitný ostrov má z hľadiska podzemných vôd niekoľko zvláštností. Dunaj pod Bratislavou vytvára tzv. vnútrozemskú deltu, čo znamená, že po prechode cez žulový prah pod Bratislavským hradom tečie po svojom vlastnom náplavovom kuželi. V reze kolmom na Dunaj vidíme, že koryto rieky je nad okolitým terénom (obr. 2). Voda z Dunaja preto trvale infiltruje a obnovuje zásoby podzemnej vody. Tektonické pochody spôsobili, že riečne štrky sú mimoriadne hrubé — v Bratislave okolo 15 m, pri Šamoríne 120 m a okolo Gabčíkova presahuje ich hrúbka 350 m, smerom ku Komárnu sa zasa znižuje až na 10 m. Voda infiltrovaná v hornej časti Žitného ostrova vyteká do Dunaja a kanálov v jeho spodnej časti. Vysoká ampli-



2. Rez náplavovým kužeľom Dunaja.



3. Amplitúda kolísania hladiny podzemnej vody v závislosti od kolísania hladiny vody v Dunaji.

túda kolísania hladiny vody v Dunaji vyvoláva i veľké kolísanie hladiny podzemnej vody (obr. 3), čo je nástrojom prirodzeného dopĺňania kyslíka z ovzdušia.

Dunaj v minulosti meandroval v celej oblasti, hladina podzemnej vody bola blízko pod terénom. Celá oblasť bola prirodzene veľmi úrodná, s veľkou biologickou produkciou, vytvárajúcou aj veľa organickej hmoty. Napriek množstvám meandrov, mŕtvych ramien a od pradávna intenzívnej poľnohospodárskej výroby, podzemná voda mala a dodnes má väčšinou výbornú kvalitu. Je to práve preto, že hladina podzemnej vody kolíše vo veľkom rozsahu a zabezpečuje nielen prívod kyslíka zo vzduchu, ale i jeho prenos do hĺbky a tým oxidačné podmienky.

Dlhodobý trend vývoja hydrologického režimu Dunaja ovplyvnila hlavne jeho regulácia, vyrovnanie toku, uzatvorenie alebo zvýšenie prahov meandrov, ťažba štrkov, prehĺbovanie dna na zabezpečenie plavby a menší prínos splavenín, hlavne štrkov z Rakúska po výstavbe vodných diel. To všetko vyvolalo eróziu dna pod Bratislavou a spolu s ďalšími opatreniami, napríklad hydraulickou ochranou Slovnaftu, spôsobilo extrémne veľký pokles hladiny podzemných vôd v celej hornej časti Žitného ostrova. Pokles hladiny neznamenal len negatívny dopad na poľnohospodárstvo, ale i zhoršenie vplyvov na podzemnú vodu (znížený prívod kyslíka a zvýšený prívod organických látok, napríklad vyvolanými závlahami). Doterajší pokles hladiny podzemných vôd a zásahy na prahoch meandrov podstatne ovplyvnili i lužné lesy a tým i kvalitu

tu infiltrovanej vody. Zmena pomeru plavenín a splavenín, predovšetkým obmedzenie pohybu piesku a štrku i zmenšenie amplitúdy prietokov majú negatívny vplyv hlavne na kvalitu podzemnej vody pri brehovej infiltrácii.

Vplyv vodného diela Gabčíkovo

Do takýchto podmienok bolo situované vodné dielo Gabčíkovo, ktoré bude mať ďalší vplyv na podzemnú vodu, a tým aj na poľnohospodárstvo, lužné lesy a celé prírodné prostredie. Tento vplyv môže byť negatívny, ale i pozitívny.

Najspornejším objektom pri výstavbe vodného diela je Hrušovská zdrž. „Problém zanášania zdrže Hrušov je taký závažný, že sa ním nutne musíme zaoberať. Pri tom ťažko nájdeme účinný a ekonomicky schodný spôsob riešenia, ktorý by garantoval podstatné obmedzenie sedimentácie plavenín. Sú teda ohrozené všetky zdroje vody pozdĺž Dunaja, počínajúc od profilu Kalinkovo po profil Baka“ — napísal prof. Hálek (1985).

Hrušovská zdrž je nebezpečná pre podzemnú vodu hlavne z týchto dôvodov:

- obava z eutrofizácie v zdrži, prípadne v starom koryte, meandroch a ramenách — čo by spôsobilo zvýšenie obsahu organických látok vo vode;
- ukladanie neželaných sedimentov s obsahom organických látok v zdrži — čo by spôsobilo spotrebovanie kyslíka pri infiltrácii, zvýšený obsah organických látok infiltrovaných do podzemnej vody a následný vznik redukčných podmienok v podzemnej vode;
- vznik kolmatácie zdrže — ak bude príliš veľká, po čase spôsobí ďalší pokles hladín podzemnej vody vo vrhnej časti Žitného ostrova;
- kolísanie hladiny vody v zdrži sa zmenší a spoločným účinkom priesakových kanálov nastane stagnácia hladiny podzemnej vody, čo spôsobí zníženie prívodu kyslíka z atmosféry do podzemnej vody.

Okrem spomenutých problémov existuje veľa ďalších, ktoré vyplývajú z ľudskej činnosti. Podzemné vody priamo znečisťujú podniky v Bratislave a na úpätí Karpát a nepriamo napr. sirany a ďalšie exhaláty. Znečisťuje ich aj poľnohospodárska výroba, hlavne koncentraciou dobytky, nedokonalými poľnohospodárskymi technológiami a závlahami. Skládky odpadov, chýbajúca kanalizácia, zasypanie starých meandrov odpadovými látkami a pod. nepridávajú na kvalite podzemnej vody.

Jedným zo základných problémov je eutrofizácia v zdrži, spôsobujúca zvyšovanie intenzity nežiadúcich biologických procesov. Vyvoláva ju predovšetkým obohacovanie vody minerálnymi a živnými látkami a ovplyvňuje ju rýchlosť prúdenia vody, typ dnových

sedimentov a samozrejme i ďalšie biologické, fyzikálne a chemické faktory. Z hľadiska podzemných vôd má už začínajúca eutrofizácia nepriaznivý vplyv na kvalitu infiltrovaných vôd a zároveň vyvoláva biologickú kolmatáciu dna.

Eutrofizačné procesy možno minimalizovať predovšetkým:

- čistením odpadových vôd, budovaním kanalizácie, optimalizovaním poľnohospodárskych technológií a zavlažovania;

- zabezpečením čo najvyšších rýchlostí prúdenia;

- zabezpečením čo najvhodnejších sedimentov dna.

Posledné dva spôsoby spolu priamo súvisia a dajú sa optimalizovať geometrickou úpravou zdrže, smernými stavbami, režimom prúdenia a pod.

Ďalším problémom je *ukladanie neželaných sedimentov*. Súčasný plaveninový a splaveninový režim Dunaja (napr. pri ostrove Sihot a pod Bratislavou) zabezpečuje trvalú infiltráciu s výslednou kvalitnou vodou v studniach. Kvalita pitnej vody závisí od charakteru dnových sedimentov, predovšetkým granulometrického zloženia a obsahu organických látok. Tieto vlastnosti sa postupne smerom po toku (vzhľadom na zmenšujúci sa gradient Dunaja) menia. V prírodných podmienkach možno zistiť závislosť týchto zmien od rýchlosti prúdenia vody v Dunaji a zabezpečiť v zdrži aspoň takéto rýchlosti a zodpovedajúci režim zmien prietokov (minimálna rýchlosť prúdenia by pravdepodobne mala byť 0,5–1 m.s⁻¹).

Rýchlosť prúdenia súvisí i s tretím problémom — otázkou *kolmatácie*. Pri rýchlostiach okolo 0,5 m.s⁻¹ sedimentujú piesky podobnej zrnitosti ako napr. v oblasti dolného Váhu, ktorých priepustnosť je vyhovujúca na zabezpečenie dostatočnej infiltrácie do podzemnej vody a zabránenie vznikuologickej kolmatácie.

Vážnym problémom ostáva režim *kolísania hladiny podzemnej vody a optimalizácia jej hĺbky*. Existuje určitá optimálna hĺbka a veľkosť kolísania hladiny, súvisiaca s poľnohospodárskou výrobou a prívodom kyslíka do podzemnej vody. Zvýšenie hladiny podzemnej vody v hornej časti Žitného ostrova môže podstatne prispieť k zvýšeniu poľnohospodárskej produkcie i procesom prenosu kyslíka. V každom prípade však treba úroveň hladiny a kolísania podzemných vôd optimalizovať technickými zásahmi. V skutočnosti sa to na Žitnom ostrove deje už niekoľko storočí.

Možnosti prehodnotenia zásahov do podzemnej vody

Pri využití vodného diela na slovenskom území bez špičkovej prevádzky by sme mohli uspokojivo vyriešiť i problémy zdrže a znížiť ekologické riziká na

minimum, prípadne zlepšiť dnešný stav. V prípade zachovania z dnešného pohľadu neopodstatnenej zdrže treba predovšetkým vybudovať viacstupňové úpravne pitnej vody s filtráciou cez aktívne uhlie, ďalej počítať s podstatne vyššími nákladmi na zavlažovanie a umelú infiltráciu, nákladmi na bagrovanie v zdrži, na likvidáciu vyťažených jemných sedimentov i s ďalšími škodami. Naopak, optimalizovaním prívodu vody k prívodnému kanálu napr. predĺžením prívodného kanála (netesený kanál), hľadaním optimálneho umiestnenia a konštrukcie novej hate a optimalizovaním jej prevádzky i z hľadiska splavenín možno získať niektoré ďalšie ekologické „zisky“, napríklad zlepšenie vodného režimu v lužných lesoch, ich rozšírenie smerom k Bratislave, úpravu sedimentačných procesov v starom koryte a podobne.

Takéto komplexné úlohy sa dajú riešiť len metódami modelovania. Preto je nevyhnutné postupne pripraviť numerické modely prúdenia a kvality podzemnej vody v Podunajskej nížine, zostaviť numerický model sedimentačných procesov a kvality vody v oblasti zdrže a pomocou neho navrhnúť úpravy existujúcej zdrže, pripraviť model vplyvu poľnohospodárskej výroby na podzemné vody a naopak, prípadne ďalšie modely na riešenie konkrétnych úloh optimalizovania ľudskej činnosti a zásahov v tejto oblasti. K riešeniu má prispieť i medzinárodný program PHARE.

Vodné dielo možno využiť, ale i zneužiť pri riešení problémov v Podunajskej nížine. V každom prípade je nutné hľadať ekologické optimum, predovšetkým v otázkach podzemnej vody, pretože je kľúčom k vyriešeniu ďalších otázok. Určite sa dá nájsť symbióza či umelá rovnováha, prijateľná pre kvalitu prírodného prostredia, vodné dielo i človeka. Priznajme si, že prírodná ekologická rovnováha na Žitnom ostrove neexistuje a neexistovala už pred začiatkom výstavby vodného diela. Skúsme využiť vodné dielo i na ochranu prírody. Možno sa to teraz podarí k všeobecnej spokojnosti. Jeho neuvedenie do prevádzky nerieši dnešné hlavné environmentálne problémy tejto oblasti.

* * *

Podzemná voda je nezastupiteľná pri zásobovaní obyvateľstva vodou, pri riešení ekologických otázok, záchrane lužných lesov i v poľnohospodárskej produkcii. Na Žitnom ostrove existuje viac faktorov ovplyvňujúcich jej kvalitu, hĺbku a režim jej hladiny. Kľúčovú pozíciu má pritom Hrušovská zdrž. Zmenou projektu na prietokovú elektrárňu a úpravou zdrže sa dajú minimalizovať mnohé očakávané problémy a dosiahnuť niektoré vylepšenia súčasného stavu.

Literatúra

Hálek V., 1985: Modelování vlivu technických zásahů včetně vodárenských odběrů. Závěrečná správa. VUT Brno.