

Antropogenní vlivy na kvalitu pitných vod v oblasti středního a jižního Mongolska

Jitka Novotná¹, Pavel Bláha¹, Alice Musilová¹

¹ GEOTest Brno, a.s. hydro@geotest.cz

Abstrakt

V oblastech středního a jižního Mongolska je zásobování pitnou vodou limitující faktor pro existenci osídlení. Zásobování probíhá výhradně ze zdrojů podzemní vody. V posledních letech dochází k demografickým změnám osídlení a původně kočující obyvatelstvo se stále více usazuje v osadách. Vzhledem k tomu, že zásobování dobytka i lidí vodou probíhá velmi často z jediného zdroje, dochází ke zvyšování obsahu dusičnanů v podzemní vodě převážně mělkých kopaných studní. Snaha o přiblížení zdroje vody pak vede k realizaci vrtů do puklinových systémů s pomalým oběhem. Podzemní voda je pak vysoce mineralizovaná s obsahem mnoha složek výrazně překračujících požadavky na pitnou vodu.

Klíčová slova: hydrogeologický průzkum, podzemní voda, antropogenní znečištění

1. ÚVOD

Střední a jižní Mongolsko je oblastí, kde je zásobování vodou, ať už jde o vodu pitnou nebo vodu o vodu na napájení dobytka, řešeno výhradně ze zdrojů podzemní vody. V oblasti prakticky neexistují trvalé vodní toky. Současně jde většinou o oblast s výrazně limitovanými finančními zdroji, takže každý „chybně“ realizovaný projekt má charakter trvalého řešení. V průběhu let 2002 až 2010 realizovala firma GEOTest Brno v Mongolsku dva projekty, které jsou zaměřeny na otázky vodního hospodářství. Oba projekty spadají do oblasti zahraniční rozvojové spolupráce mezi Českou republikou a Mongolskem. První projekt byl realizován v oblasti ajmaku Dungobi, druhý se realizuje v oblastech s nedostatkem kvalitní pitné vody, což je oblast, která se do značné míry překrývá se střední a jižní částí Mongolska. V rámci obou projektů byly odebírány vzorky podzemní vody z hydrogeologických objektů, které jsou využívány jako zdroje pitné vody.

2. PŘÍRODNÍ POMĚRY

Území středního a jižního Mongolska spadá do klimatické oblasti semiaridního až aridního klimatu, do oblasti stepi (suché stepi) a pouště. Roční úhrny srážek se pohybují mezi 50 až 200 mm. Srážkové úhrny klesají od severu k jihu, přičemž jsou celkové úhrny srážek výrazně závislé na nadmořské výšce oblasti. Ve vyšších nadmořských výškách jsou srážkové úhrny vyšší. Až 80 % srážek spadne v červenci a srpnu. Teploty se v oblasti pohybují v rozpětí + 40 °C až – 40 °C. Průměrné roční teploty se pak pohybují mezi 8°C až 0 °C (zpracováno podle Dorjogotov, 2004).

V oblasti prakticky neexistují povrchové toky. Na území vznikají pouze občasné toky, které po vydatnějších srážkách napájí bezodtoké deprese. V těch se pak ve srážkově bohatších letech tvoří občasné jezera. Ta současně představují erozní bázi pro podzemní vody příslušného povodí.

Na území jsou zastoupeny horniny proterozoického až neogenního stáří. Litologicky jde o různé typy především sedimentárních a magmatických hornin. Horniny proterozoika jsou metamorfované. V reliéfu krajiny se významně uplatňují pásemná pohoří různého stáří a litologie. Významný morfologický prvek představují granitoidní komplexy mezozoika. Plošně rozšířené jsou sedimentární nebo sedimentárně-vulkanické výplně mezihorských depresí křídového stáří.

Marinov (1977) vymezuje na území Mongolska tři typy hydrogeologických režimů. S volnou hladinou, artézské vody a vody proměnného režimu. Podzemní vody s volnou hladinou se formují v kvartérních sedimentech (fluviálních, fluviálně-proluviálních, limnických, limnicko-fluviálních, eolických) a dále ve svrchních částech profilu mezozoicko-kenozoických výplní mnohých mezihorských depresí, které jsou vyplněny propustnými sedimenty. Podzemní vody s napjatým režimem jsou typické pro hlubší části profilu mezihorských depresí. Proměnný režim je charakteristický pro skalní rozpukané horniny tvořící jednotlivá horská pásma a horské hřbety oddělující mezihorské deprese. Na území jižního a středního Mongolska jsou zastoupeny všechny uvedené typy hydrogeologických režimů.

V rámci Mongolska vyčlenil Marinov (1963) hydrogeologické rajóny a to:

- 1 rajón převážného rozšíření podzemních vod Changajsko-Chentejské oblasti.
- 2 rajón převážného rozšíření podzemních vod Mongolsko – Altajské a Gobi – Tanšajské oblasti.
- 3 rajón převážného rozšíření artézských vod mezihorských kotlin.
- 4 rajón struktur kenozoických bazaltů.

Střední a jižní Mongolsko spadá z hlediska výše uvedené rajonizace do rajónů 1 až 3.

K odvodňování podzemních vod v oblastech s relativně plochým reliéfem dochází do bezodtokých jezer a dále se pak výrazně uplatňuje transpirace a evapotranspirace. Občasná, případně i trvalá jezera, která vznikají v těchto oblastech, jsou dotována právě podzemní vodou. K doplňování podzemních vod v mezihorských depresích (artézských vod) dochází především infiltrací srážek v oblasti horských masívů, které tyto mezihorské deprese obklopují a dále infiltrací povrchových vod občasných toků, které z těchto pohoří vytékají. K odvodňování podzemních vod mezihorských depresí dochází po tektonických zónách, v údolích a dále v jezerech, která leží na plochách těchto depresí.

Při tvorbě chemismu podzemní vody se výrazně uplatňuje vertikální i laterální zonálnost v tom smyslu, že směrem od zóny infiltrace výrazně narůstá mineralizace vod a podíl sodíku a chloridů. Vlivem zvyšování aridity klimatu jižním směrem dochází k postupnému zvyšování celkové mineralizace podzemních vod i při jinak stejných geochemických podmínkách jejich tvorby. Vzhledem k velmi komplikovaným geologickým a hydrogeologickým poměrům v Mongolsku nelze výše uvedené považovat za absolutní skutečnost. Vliv lokálních poměrů, např. rozsáhlé infiltrační oblasti zajišťující dostatečnou oblast pro dotaci ze srážek, vede k výjimkám z výše uvedeného pravidla.

3. METODIKA

Vzorky podzemní vody byly v Mongolsku odebírány v letech 2002 až 2004 a v roce 2006 až 2008. Vzorky podzemní vody byly odebírány ze stávajících využívaných zdrojů podzemní vody, které mají charakter zdrojů hromadného zásobování. Pro každý zdroj byla provedena dokumentace v rozsahu, který umožňoval jeho technický stav.

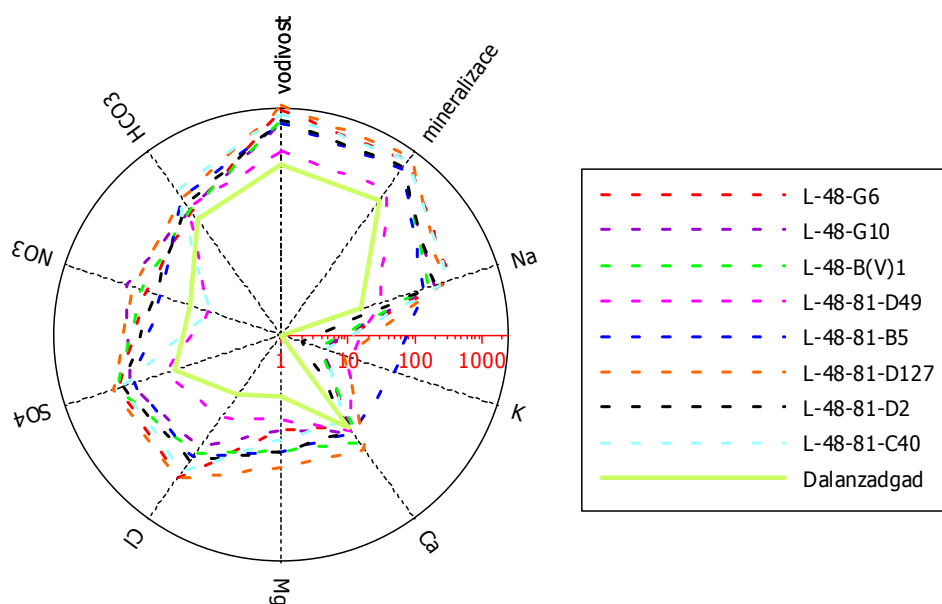
K odběru vzorku bylo využito zařízení, kterým je voda běžně odebírána, případně byl využit nerezový odběrný válec. Vzorky vody byly plněny do PET lahví a ty pak byly detailně popsány včetně GPS souřadnic. V jednotlivých sídlech byly vzorky odebrány z jednoho až ze čtyř zdrojů. Protože v Mongolsku v současnosti není k dispozici laboratoř, která by byla schopna provést analýzy vody v rozsahu základního fyzikálně chemického rozboru a stanovit toxické kovy, byly vzorky dopraveny do hydrochemických laboratoří firmy GEOTest Brno. Stanovené obsahy jednotlivých ukazatelů pak byly porovnány s požadavky WHO na pitnou vodu.

4. HYDROGEOCHEMICKÉ POMĚRY

Celková mineralizace podzemních vod je v oblasti středního a jižního Mongolska vždy významně ovlivněna vzdáleností od oblasti infiltrace a současně se zvyšuje ve směru od severu k jihu se zvyšující se ariditou podnebí. Běžně mají podzemní vody mělkého oběhu mineralizaci nad 1000 mg/l. K zvyšování mineralizace podzemních vod dochází v oblastech erozních bází, které tvoří bezodtoká jezera. Mineralizace se zvyšuje v důsledku transpirace vody.

Z uvedeného pravidla o zvyšování mineralizace od severu k jihu platí výjimky. Město Dalanzadgad je ajmačním městem ajmaku (kraje) Omnogobi – nejjižnějšího ajmaku v Mongolsku. Je zásobováno podzemní vodou z hydrogeologických vrtů, které byly realizovány do křídových sedimentů mezihorské deprese. Podzemní voda má nízkou mineralizaci – 310 mg/l. Uvedená anomálie je podmíněna srážkovou anomálií, kdy v oblasti pohoří Govi Altay Nuruu spadne nad 200 mm srážek ročně, což je pětikrát více než v okolí. Srážky pak dotují křídovou depresi, v níž jsou situovány vrty.

Podzemní vody, které se tvoří v oblasti aridního až semiaridního klimatu v Mongolsku, představují většinou relativně složitě chemické typy. Nad 25 Ca^{2+} % bývají zastoupeny běžně dva i tři hlavní kationy a aniony. Vody pak představují chemické typy vod jako například $HCO_3-SO_4-Na-Ca$ nebo $SO_4-HCO_3-Cl-Mg-Na$. Se zvyšující se mineralizací se v chemismu vod zvyšuje podíl sodného a chloridového iontu. V centrálních částech pánví pak jde vesměs o $Cl-Na$ typy vod s mineralizací v desítkách g/l (Marinov, Popov 1963).

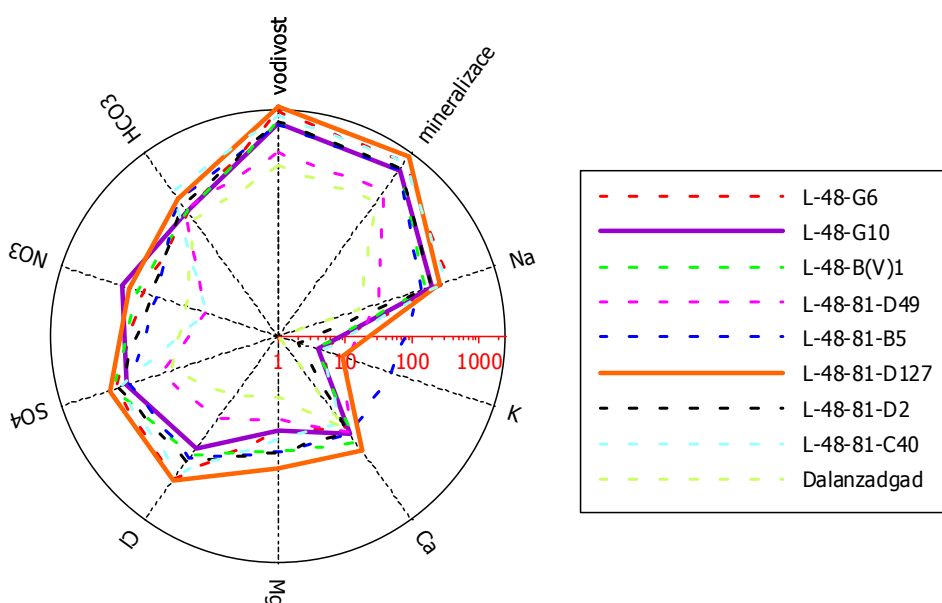


Obr. 1 Hydrogeochemické složení podzemní vody jímacího území pro Dalanzadgad (odebráno 2006)

5. ANTROPOGENNÍ VLIVY

Území Mongolska je obecně pokládáno za antropogenně relativně nedotčenou oblast. To je do značné míry dáno velmi nízkou hustotou obyvatelstva. V severních částech Mongolska, kde je hustota obyvatel relativně vysoká, dochází ke stejným jevům jako v ostatních rozvojových zemích (problematika odpadů, dopady těžby nerostných surovin na životní prostředí). V semiaridních a aridních oblastech je hustota obyvatel velmi nízká. Vzhledem ke zranitelnosti prostředí ovšem i zde dochází k negativním dopadům na životní prostředí. Tím nejzávažnějším je postupující desertifikace v důsledku nadměrného chovu dobytka.

Koncentrace obyvatel v sídlech trvalého charakter – somomech či menších trvale obydlených sídlech označovaných jako bag – vede k významným dopadům na kvalitu podzemní vody. Zásobování obyvatel pitnou vodou v oblastech středního a jižního Mongolska probíhá jednak z mělkých kopaných studní a jednak z hydrogeologických vrtů. Mělké studny jsou většinou situovány v depresích reliéfu směřujících k erozním bázím, které v podmínkách Mongolska nahrazují vodní toky, nebo v blízkosti místních erozních bází, tedy v oblastech, kde dochází k odvodnění podzemních vod do bezodtokých



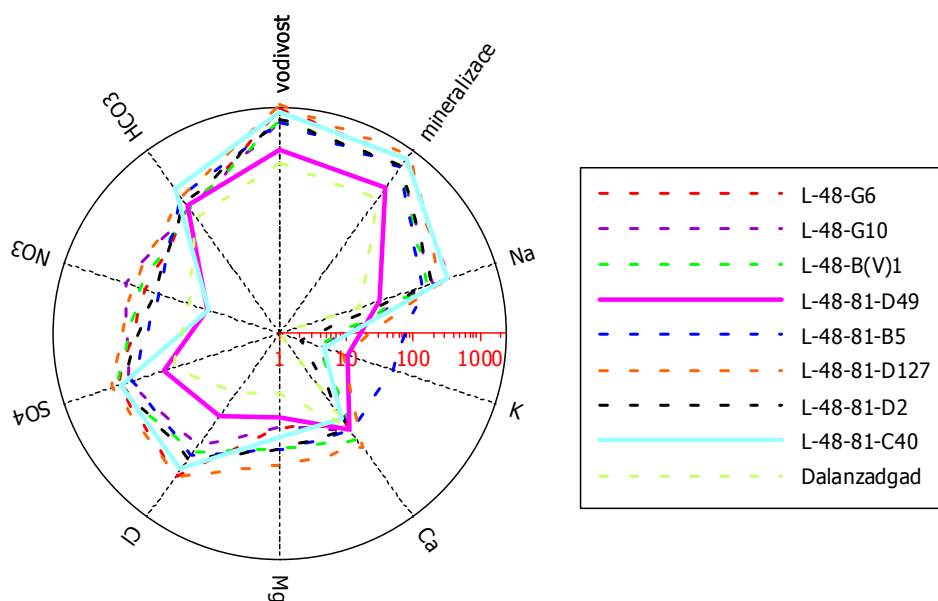
Obr. 2 Hydrogeochemické složení podzemní vody v ajmaku Dungovi - nejvyšší obsahu NO_3^- v kopaných studních (rok 2002)

pánví. V těch se v obdobích následujících po srážkově vydatnějších letech tvoří bezodtoká jezera. Hluboké vrty jsou pak situovány jednak do mezihorských depresí vyplněných sedimenty nebo do tektonických poruch v magmatických horninách přímo v sídelních celcích. Z pohledu jejich negativního ovlivnění antropogenní činností a kvality podzemní vody z hlediska jejího využití jako vody pitné lze uvést následující pořadí kvality zdrojů (od nejlepších k nejhorším):

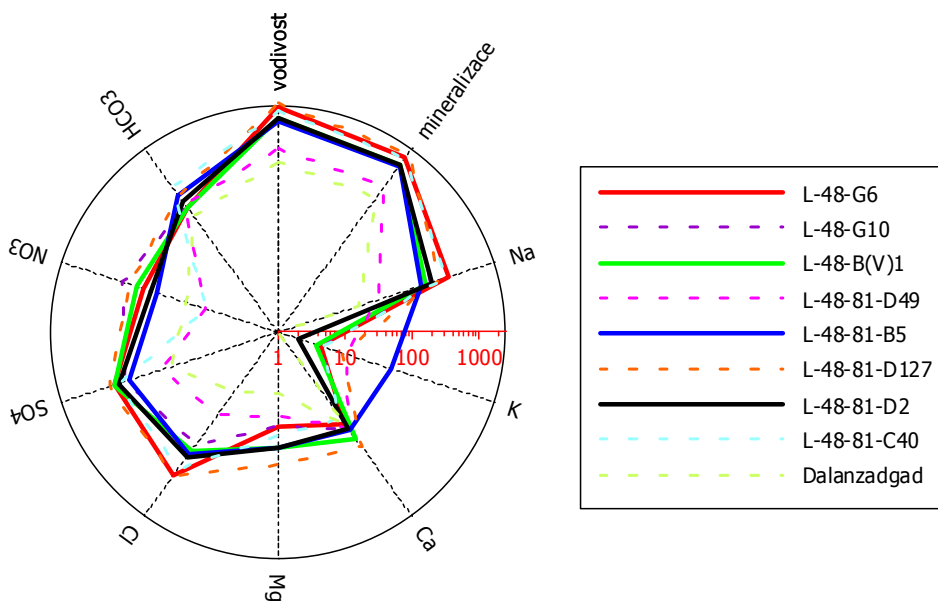
- Hydrogeologické vrty situované v sedimentárních výplních mezihorských depresí.
- Mělké kopané studny na okrajích terénních sníženin nebo místních erozních bází.
- Hydrogeologické vrty situované do tektonických linií v intravilánech.

Při analýzách prvních vzorků vody z Mongolska nás velmi překvapily vysoké obsahy dusičnanů ve vodách. Zjištěné hodnoty se pohybovaly v širokém rozpětí od hodnot pod mezí detekce až po hodnoty nad 250 mg/l.

Přírozené pozadí obsahu dusičnanů je nízké a to i u výše mineralizovaných vod.



Obr. 3 Hydrogeochemické složení podzemní vody v oblasti ajmaku Dzungovi - pozadí (rok 2002)



Obr. 3 Hydrogeochemické složení podzemní vody v oblasti ajmaku Dzungovi – běžně zjišťované obsahy NO_3 v kopaných studních (rok 2002)

Hodnota obsahu dusičnanů, kterou WHO uvádí jako limitní, je 50 mg/l. Vysoké hodnoty byly většinou u výše mineralizovaných vod. Ovšem i u relativně nízko mineralizovaných vod byly zjišťovány výrazně vysoké hodnoty obsahu dusičnanů.

Vysoké obsahy dusičnanů byly přitom zjišťovány i u zdrojů vod situovaných v extravilánu obcí, mnohdy u zdrojů, které byly od obcí vzdáleny až kilometr. Dotace dusíku související s fekálním znečištěním nepřicházela tedy v úvahu.

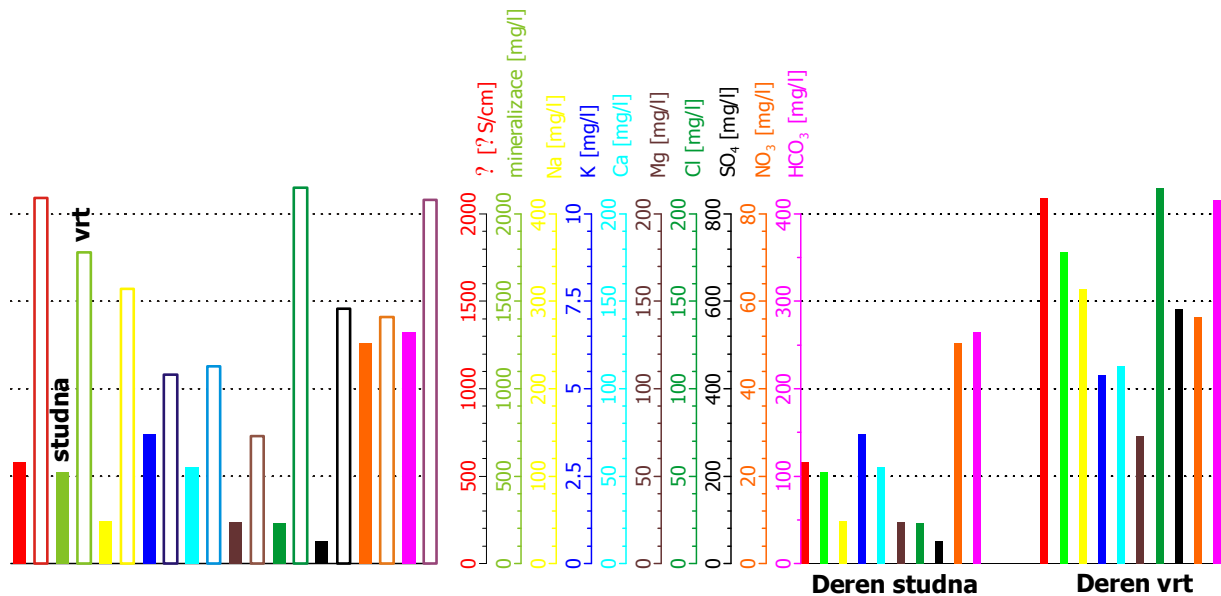
V oblasti prakticky neexistuje průmyslová výroba. Zemědělství je až na naprosté výjimky zaměřeno pouze na pastevectví, klasické obdělávání půdy se realizuje na minimálních plochách. Pro celé Mongolsko je uváděno 6 % orné půdy, ta je ovšem soustředěna na severu. Studny jsou vesměs užívány velmi dlouho. Somony a současně jejich centra vznikaly ve 30. až 50. letech 20. století a ve stejném období byly budovány zdroje vody v podobě mělkých studní. Ty jsou využívány dodnes. Hladina vody ve studních se pohybuje v hloubkách do 4 m a studny jsou vyhloubeny v jílovitopísčitéch hlínách, hydrogeologický kolektor má tedy průlinovou propustnost. Většinou jde o sedimenty kvartérního stáří. Lze je charakterizovat jako deluviální sedimenty. Prostředí lze označit jako zranitelné, hydrogeologický kolektor nemá nadložní izolátor.

Velkým problémem je ta skutečnost, že zdroje vody – mělké kopané studny – nemají žádná ochranná pásma, žádné zabezpečení povrchu proti vsaku a jsou společně využívány jako zdroje pitné vody a pro napájení dobytka. Na základě výše uvedeného jsme dospěli k jednoznačnému závěru, že zdrojem dusíku jsou v případě mělkých studní výkaly a moč dobytka, který se přímo u studní napájí. Vzhledem k tomu, že studny jsou vesměs užívány velmi dlouho, je nutné předpokládat vyčerpání sorpční kapacity půdy a tím velmi rychlý průnik kontaminace do hydrogeologického kolektoru. Je nutné předpokládat, že v důsledku kontaminace podzemní vody fekálním znečištěním dochází ke kontaminaci i mikrobiální. Vzhledem k absenci jakéhokoliv hygienického zabezpečení představuje společné využívání mělkých studní jako zdrojů pitné vody i vody na napájení dobytka značný problém.

Antropogenní ovlivnění podzemních vod mělkých hydrogeologických kolektorů, které jsou využívány prostřednictvím kopaných studní, je dáno nepřiměřenou koncentrací dobytka v jejich okolí. V pitných vodách je pak základním negativem zvyšování obsahu dusíkatých látek a nebezpečí mikrobiální kontaminace. I když došlo ke částečné změně způsobu života obyvatel – z kočovného na usedlý – nedošlo ke změně ve způsobu obživy. Dopady koncentrace dobytka na jednom místě vedou samozřejmě i k nadměrné pastvě, což zvyšuje riziko desertifikace.

Zajišťování pitné vody pro jednotlivé domácnosti i instituce (např. školy) představuje dovážení vody ze vzdálených zdrojů. Ve snaze přiblížit zdroj pitné vody obyvatelům jsou v posledních cca 15. letech v některých somonních centrech realizovány (většinou z různých projektů mezinárodní pomoci) hydrogeologické vrty do větších hloubek přímo v intravilánu obcí. Vrty jsou umístěny například v areálu školy. Hloubka vrtů se pohybuje do cca 80 m a hladina podzemní vody se pak nachází v různých hloubkách. Tyto vrty jsou situovány do prostředí s puklinovou propustností. V podmínkách jižního a středního Mongolska to ovšem znamená do prostředí s pomalým prouděním podzemní vody. V hlubších vrtech v puklinově propustných horninách pak má podzemní voda zvýšenou mineralizaci a současně tedy nevyhovuje mnoha ukazatelům, které jsou limitovány WHO pro vodu pitnou. Vzhledem k tomu, že i ve větších sídelních celcích není nijak řešena otázka nakládání s fekálními odpady – maximální hygienické zabezpečení představují „suché“ toalety, je podzemní voda i ve větších hloubkách v intravilánech kontaminována dusíkem. Výraznou měrou k tomu přispívá situování vrtů do míst vysoké koncentrace obyvatel (například uvedené školy).

Nevyhovující kvalita podzemní vody z hydrogeologických vrtů situovaných do tektonických linií v intravilánech je podmíněna jednak hydrogeologickými poměry a jednak i antropogenně. Vzhledem k výrazně odlišným hydrologickým a hydrogeologickým poměrům v tak rozsáhlé oblasti jako je střední a jižní část Mongolska je obtížné srovnávat kvalitu podzemní vody z mělké studny v jednom somonním centru s kvalitou podzemní vody z hydrogeologického vrtu v druhém somonním centru. Rozdíly mohou být samozřejmě podmíněny i přírodními podmínkami. V následujícím grafu je uvedeno srovnání mělké studny a hydrogeologického vrtu z jedné lokality a to z centra somonu Deren (ajmak Dungovi – 250 km jižně od Ulanbátaru).



Obr. 5 Porovnání kvality vody mělkého a hlubokého oběhu podzemní vody v centru somonu Deren (rok 2006)

Z grafu je zřejmý výrazný rozdíl v celkové mineralizaci (524 mg/l a 1781 mg/l) daný především zvýšením obsahu sodíku, chloridů (zvýšení 10×) a síranů (zvýšení 10×). Chemický typ vody je v mělké zvodni HCO₃-Ca-Na-Mg, v hluboké pak SO₄-HCO₃-Na. Nárůst mineralizace není v podzemní vodě hlubokého oběhu většinou spojen se zvýšením obsahu toxických kovů.

Snaha o zvýšení komfortu života obyvatel v somonních centrech, která spočívá v přiblížení zdroje pitné vody, vede v případě realizace hydrogeologických vrtů do tektonických linií přímo v intravilánu sídel k výraznému zhoršení její kvality. Využívání hlubších hydrogeologických kolektorů nepředstavuje jistotu, že voda nebude mít zvýšené obsahy dusičnanů. Nárůst mineralizace pitné vody vede vzhledem k tomu, že jde vesměs o jediný zdroj vody, k zvýšení zdravotních rizik pro obyvatele. Kvalita vody není prakticky nikde sledována a v povědomí uživatelů představuje problém pouze „tvrdost“ vody.

Hydrogeologické vrty situované v sedimentárních výplních mezihorských depresí představují v podmínkách středního a jižního Mongolska nejkvalitnější zdroje pitných vod. Jsou realizovány především pro centra ajmaku (krajská města), mívají realizovaná ochranná pásma a jsou zdrojem vody pro vodovodní sítě.

6. ZÁVĚR

Jaké je dle našeho názoru řešení problematiky zásobování obyvatel jižního a středního Mongolska pitnou vodou? Vždy bude muset být jako zdroj pitných vod využívána podzemní voda. Pro kopané studny jsou opatření relativně jednoduchá. Lze doporučit stanovení dostatečně velkého ochranného pásma okolo zdroje (ochranné pásmo I. stupně) s tím, že vstup do něj bude umožněn pouze pro odběr vody. Po směru proudění podzemní vody pak vybudovat oddělený zdroj pitné vody pro napájení dobytka.

Podstatně složitější je situace v případě realizace hydrogeologicky vrtů situovaných do tektonických linií v intravilánech. Domníváme se, že žádným preventivním ani finančně dostupným technickým opatřením nelze situaci s kvalitou vody řešit. Zvýšení komfortu obyvatel somoních center přiblížením odběru pitné vody je nutné zajistit vybudováním rozvodů vody z nezávadných zdrojů situovaných pokud možno opět do hydrogeologického kolektoru mělké zvodně. Samozřejmě musí mít opět ochranné pásmo.

Velkým problémem je absence sledování kvality vody ze zdrojů. I když má Mongolsko právní nástroj, který sledování kvality vody nařizuje (norma UST 900-92), není sledování kvality realizováno. Za optimální považujeme vybudování hydrochemických laboratoří v centrech ajmaků, které jsou dopravně dostupné a je možné do nich v případě potřeby vzorky vody dovážet.

V Mongolsku dochází k velké migraci obyvatel z jižních a středních částí země na sever do velkých měst. Už v současnosti v hlavním městě Ulanbátaru žije celá třetina populace Mongolska. Jedním z důvodů, který je jako příčina stěhování do velkých a větších měst uváděn, je nedostatek kvalitní pitné vody. Na realizaci projektů by se měli podílet odborníci, kteří jsou schopni nejen zajistit dostatečné množství vody, ale jsou schopni zvážit i její případnou kvalitu a posoudit možná rizika.

LITERATURA

BLÁHA, P., et al. Studie Technological Equipment for Supplying Mandalgobi with Drinking Water, Development Cooperation in Mongolia., Geotest, Brno, 2005, 264 pp, MS.

DORJOGOTOV, D. et al. Geographic Atlas of Mongolia. Administration of Land Affairs, Geodesy and Cartography. Ulaanbaatar, 2004.

MARINOV, N. A., POPOV V.N. Hidrogeologia Mongolskoj narodnoj republiky, Gostoptechizdat, Moskva, 1963.

MARINOV, N. A. Geologija Mongolskoj narodnoj republiky, Tom III, Poleznoje iskopaemoje, NEDRA, Moskva, 1977.