

# ODSTRAŇOVANIE NEPOLÁRNYCH EXTRAHOVATEĽNÝCH LÁTOK AERÁCIOU, ALKALIZÁCIOU A OZONIZÁCIOU PRI ÚPRAVE VODY

Ing. Karol Munka, Ph.D.; Ing. Monika Karácsonyová, Ph.D.; Dpt. Stanislav Varga  
Výskumný ústav vodného hospodárstva, Bratislava

---

## Úvod

Podzemná voda zo zdrojov lokalizovaných v blízkosti rieky Latorice sa upravuje dvojstupňovou technológiou v ÚV Boľany. Úprava vody je zameraná na odželezovanie, odmangánovanie, odstraňovanie amónnych iónov, mikrobiologického a biologického znečistenia. Podzemná voda sa prevzdušňuje v aerátoroch Inka, následne alkalizáciou dávkovaním vápenného mlieka na prítoku do rýchleho miešania, pomalým miešaním, separáciou vzniknutej suspenzie v pozdĺžnych usadzovacích nádržiach a následne na pieskových filtroch preparovaných vyššími oxidmi mangánu. Na odtoku z rýchleho miešania je dávkovaný polymérny flokulant. ÚV Boľany je projektovaná na výkon 200 l/s a v posledných rokoch je prevádzkovaná na výkon cca 120 l/s. Nakoľko ÚV Boľany je lokalizovaná v blízkosti slovensko-ukrajinských hraníc, boli z dôvodu možnej kontaminácie podzemnej vody ropnými látkami predovšetkým pri haváriách na rieke Uh, vykonané laboratórne skúšky úpravy vody zamerané na zistenie účinnosti odstraňovania nepolárnych extrahovateľných látok v IČ oblasti aeráciou, alkalizáciou a ozonizáciou vody, ktorých výsledky sú v skrátenej forme prezentované aj tomto príspevku.

## Metodika práce

Surová voda bola umelo kontaminovaná ropnými látkami, pričom sa použila motorová nafta a ľahký vykurovací olej. V prvej sérii laboratórnych skúšok bola podzemná voda kontaminovaná motorovou naftou, pričom koncentrácia nepolárnych extrahovateľných látok v IČ oblasti (NEL-IČ) bola 1,17 mg/l a extrahovateľných látok v IČ oblasti (EL-IČ) bola 1,33 mg/l. Pri kontaminácii podzemnej vody ľahkým vykurovacím olejom dosahovala koncentrácia NEL-IČ 1,33 mg/l a koncentrácia EL-IČ 1,64 mg/l. V prvej sérii laboratórnych skúšok boli pre porovnanie takto kontaminované podzemné vody upravované dvomi postupmi. Prvým postupom bola iba aerácia, pričom pomery prietokov vzduchu a vody boli 20:1, 40:1 a 60:1 a druhým postupom bola aerácia s následnou alkalizáciou vápnom a dávkovaním polymérneho flokulantu (simulovanie účinnosti prevádzkovej technológie na odstraňovanie ropných látok). Pomery prietokov vzduchu a vody boli rovnaké ako pri samotnej aerácii, pričom dávka vápna bola 110 mg/l a dávka polymérneho flokulantu 0,25 mg/l, čo sú bežne prevádzkové dávky týchto činidiel. Voda po prevzdušení bola upravovaná v laboratórnom koagulačnom zariadení dávkovaním vápenného mlieka na začiatku rýchleho miešania a dávkovaním polymérneho flokulantu na začiatok pomalého miešania a následným usadzovaním a filtráciou.

V druhej sérii laboratórnych skúšok bola podzemná voda kontaminovaná motorovou naftou s koncentráciou NEL-IČ 0,13 mg/l a EL-IČ 0,20 mg/l. Pri kontaminácii podzemnej vody ľahkým vykurovacím olejom bola koncentrácia NEL-IČ 0,12 mg/l a EL-IČ 0,19 mg/l. V druhej sérii laboratórnych skúšok bola kontaminovaná podzemná voda po aerácii, keď pomer prietokov vzduchu a vody bol konštantný 40:1, alkalizovaná

vápnom s dávkami 75 a 100 mg/l a dávkami polymérneho flokulantu 0,19 a 0,25 mg/l. Ďalší technologický postup bol rovnaký ako v prvej sérii.

V tretej sérii laboratórnych skúšok bola podzemná voda kontaminovaná motorovou naftou, pričom koncentrácia NEL-IČ bola 0,49 mg/l a EL-IČ 0,61 mg/l. Pri kontaminácii podzemnej vody ľahkým vykurovacím olejom bola koncentrácia NEL-IČ 0,37 mg/l a EL-IČ 0,61 mg/l. V tretej sérii laboratórnych skúšok boli kontaminované podzemné vody upravované nasledujúcimi technologickými postupmi:

- aerácia (pomer prietokov vzduchu a vody 40:1) a alkalizovaná vápnom s dávkou 100 mg/l a dávkou polymérneho flokulantu 0,25 mg/l
- aerácia (pomer prietokov vzduchu a vody 40:1), ozonizovaná s dávkou ozónu 2,9 mg/l a alkalizovaná vápnom s dávkou 100 mg/l a dávkou polymérneho flokulantu 0,25 mg/l
- aerácia (pomer prietokov vzduchu a vody 40:1), ozonizovaná s dávkou ozónu 5,0 mg/l a alkalizovaná vápnom s dávkou 100 mg/l a dávkou polymérneho flokulantu 0,25 mg/l.

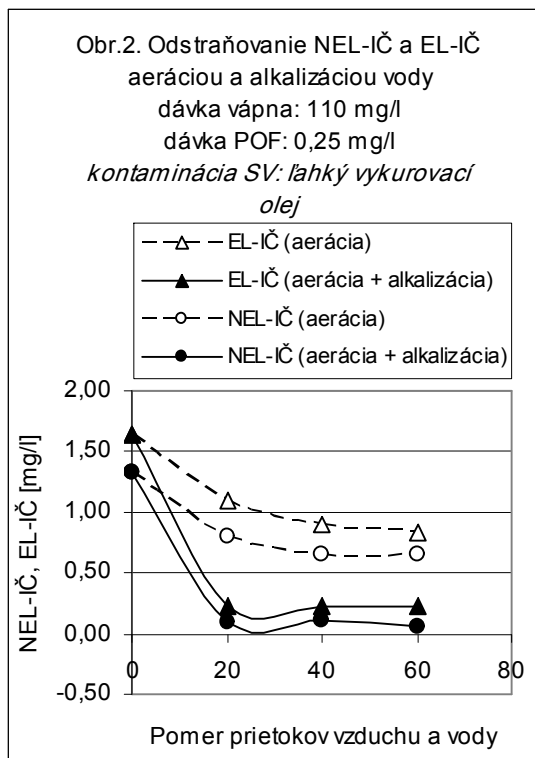
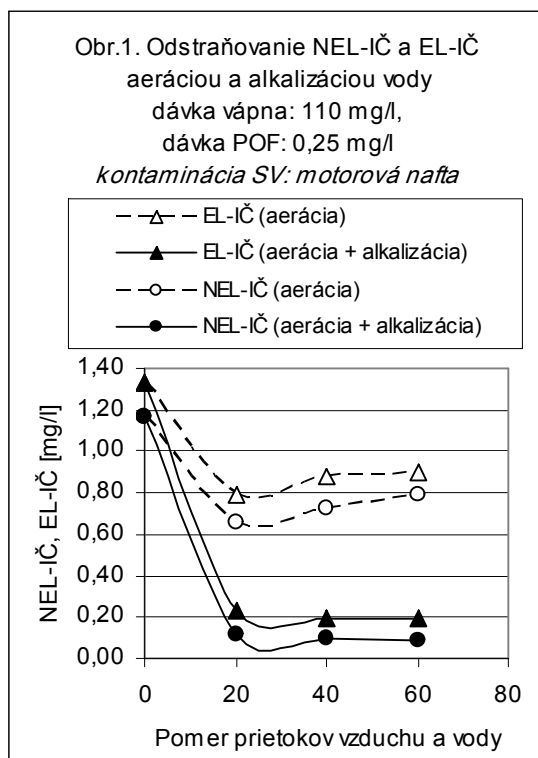
Ďalší technologický postup bol rovnaký ako v prvej sérii. Ozonizácia prevzdušnenej vody zameraná na odstraňovanie ropnej kontaminácie v laboratórnych skúškach odpovedá zaradeniu ozonizácie v technologickej linke ÚV, v ktorej je dávkovanie ozónu zaústené za aeráciou vody a pred rýchlym miešaním.

## **Dosiahnuté výsledky**

### **Odstraňovanie vyšších koncentrácií NEL-IČ aeráciou a alkalizáciou vody**

Výsledky z odstraňovania NEL-IČ a EL-IČ iba aeráciou v závislosti od pomeru prietokov vzduchu a vody a aeráciou s následnou alkalizáciou s dávkou vápna 110 mg/l (POF: 0,25 mg/l) pri kontaminácii surovej vody motorovou naftou sú znázornené na obr.1. Z výsledkov vyplynulo, že samotnou aeráciou bolo možné znížiť koncentráciu NEL-IČ z 1,17 mg/l v kontaminovanej surovej vode na úroveň 0,65-0,80 mg/l. Pri týchto skúškach nebol zistený významnejší vplyv intenzity aerácie vody pre pomery prietokov vzduchu a vody v rozsahu 20:1 - 60:1 na účinnosť odstránenia. Následnou alkalizáciou vápnom poklesli koncentrácie NEL-IČ v upravenej vode na 0,09-0,12 mg/l, čo znamená, že v dôsledku dávkovania vápna došlo k poklesu obsahu NEL-IČ o 0,55-0,70 mg/l. Na základe výsledkov možno konštatovať, že pri kontaminácii surovej vody motorovou naftou s obsahom NEL-IČ 1,17 mg/l nebola ani aeráciou pri pomere prietokov vzduchu a vody 60:1 a dávke vápna 110 mg/l dosiahnutá v upravenej vode zvyšková koncentrácia nižšia ako 0,05 mg/l.

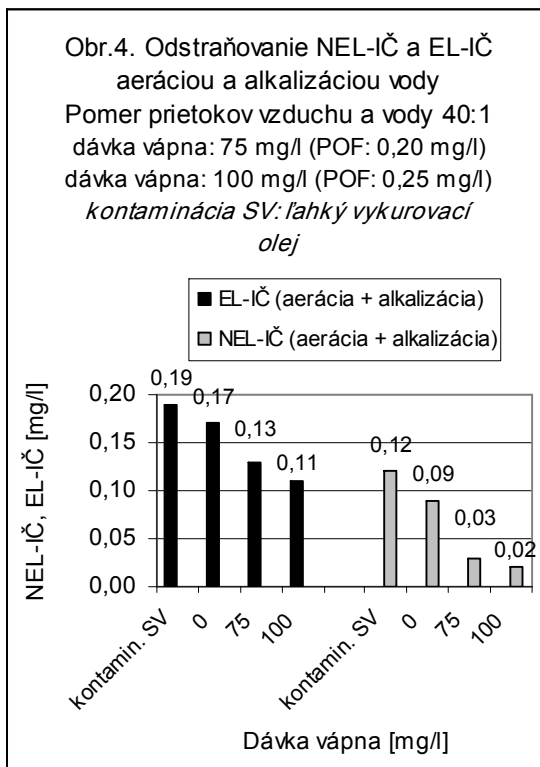
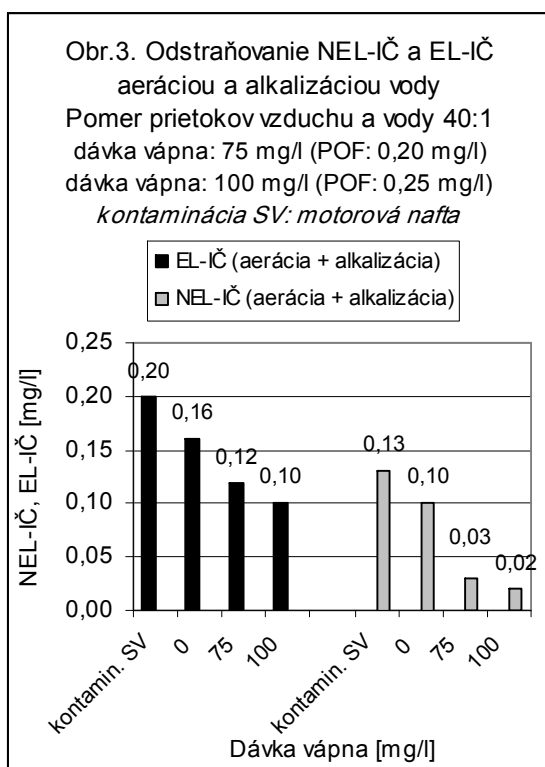
Na obr. 2 sú znázornené výsledky odstraňovania NEL-IČ a EL-IČ zo surovej vody kontaminovanej ľahkým vykurovacím olejom za rovnakých podmienok ako pri skúškach so surovou vodou kontaminovanou motorovou naftou. Vplyv aerácie sa prejavil na odstraňovanie NEL-IČ iba do pomeru prietokov vzduchu a vody 40:1, keď poklesol ich obsah z 1,33 mg/l v kontaminovanej surovej vode na úroveň 0,65 mg/l a zvýšením pomeru prietokov vzduchu a vody na 60:1 už nedošlo k ďalšiemu zníženiu koncentrácie. Po následnej alkalizácii vápnom sa znížili koncentrácie NEL-IČ v upravenej vode na 0,05-0,11 mg/l, čo predstavuje zníženie obsahu NEL-IČ o 0,60-0,70 mg/l v dôsledku dávkovania vápna. Aj napriek skutočnosti, že obsah NEL-IČ bol v surovej vode (1,33 mg/l) vyšší ako pri kontaminácii motorovou naftou (1,17 mg/l) pri pomere prietokoch vzduchu a vody 60:1 a dávke vápna 110 mg/l bola v upravenej vode dosiahnutá koncentrácia NEL-IČ 0,05 mg/l.



### Odstraňovanie nižších koncentrácií NEL-IČ aeráciou a alkalizáciou vody

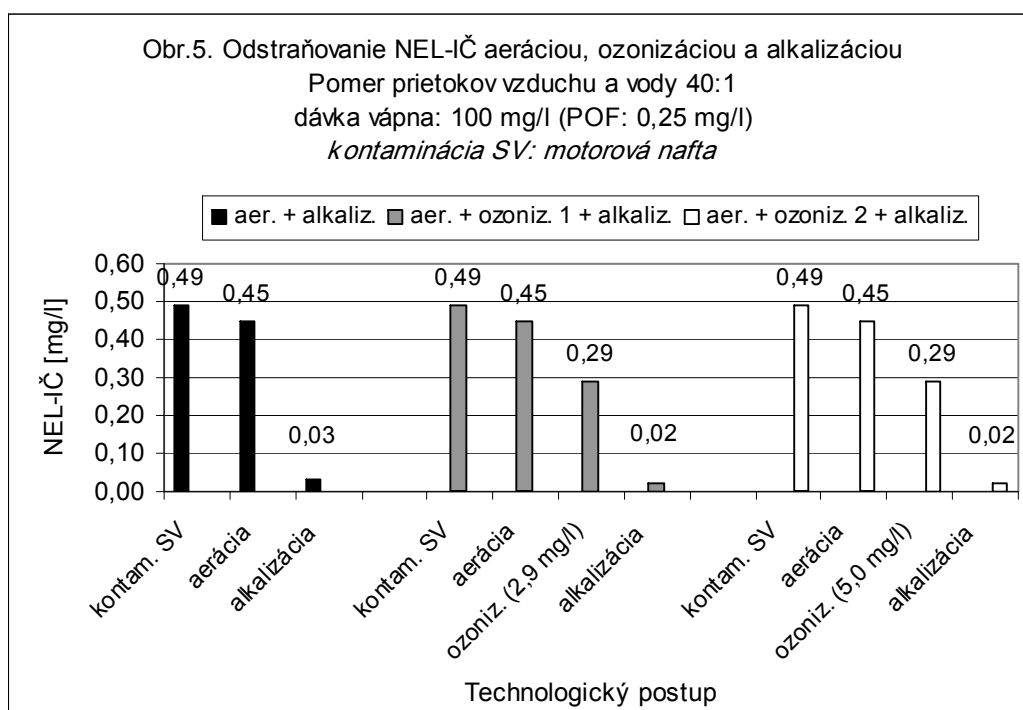
Výsledky z úpravy surovej vody kontaminovanej motorovou naftou, keď obsahy NEL-IČ resp. EL-IČ sa pohybovali na nižšej úrovni (0,13 resp. 0,20 mg/l) sú znázornené na obr.3. Samotnou aeráciou pri pomere prietokov vzduchu a vody 40:1 sa znížila koncentrácia NEL-IČ iba na 0,10 mg/l, ale podstatne väčšia účinnosť bola zaznamenaná pri alkalizácii, keď dávkami vápna 75 resp. 100 mg/l poklesli ich koncentrácie už iba na 0,03 resp. 0,02 mg/l. Pokiaľ sa aeráciou znížil obsah NEL-IČ iba o 0,03 mg/l, alkalizáciou vápnom pri uvedených dávkach sa znížil ich obsah v upravenej vode o 0,07-0,08 mg/l. Pri takto kontaminovanej vode je možné za vyššie uvedených podmienok aeráciou a alkalizáciou vody dosahovať koncentráciu NEL-IČ v upravenej vode nižšiu ako 0,05 mg/l.

Na obr.4 sú znázornené výsledky z odstraňovania NEL-IČ a EL-IČ zo surovej vody kontaminovanej ľahkým vykurovacím olejom, keď úroveň kontaminácia bola rovnaká ako pri kontaminácii surovej vody motorovou naftou (0,12 resp. 0,19 mg/l). Aeráciou pri pomere prietokov vzduchu a vody 40:1 poklesol obsah NEL-IČ na 0,09 mg/l. Vo výraznejšej miere sa na znížení koncentrácie NEL-IČ podieľala alkalizácia, keď dávkami vápna 75 resp. 100 mg/l sa dosiahli v upravenej vode koncentrácie 0,03 resp. 0,02 mg/l. Dávkovaním vápna poklesla koncentrácia NEL-IČ o 0,06-0,07 mg/l. Rovnako ako pri úprave surovej vody kontaminovanej motorovou naftou aj pri rovnakej kontaminácii surovej vody ľahkým vykurovacím olejom je možné aeráciou a alkalizáciou vody za uvedených podmienok vodu upraviť tak, aby obsah NEL-IČ v upravenej vode bol nižší ako 0,05 mg/l.



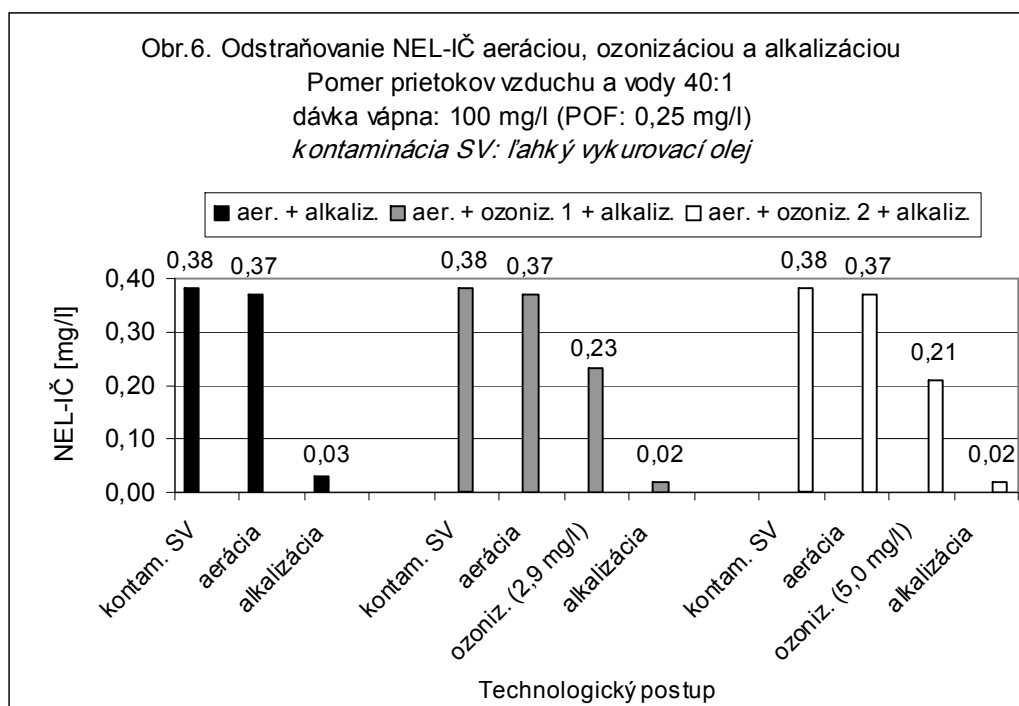
### Odstraňovanie NEL-IČ aeráciou, ozonizáciou a alkalizáciou

Na obr.5 sú znázornené výsledky z odstraňovania NEL-IČ aeráciou, ozonizáciou a alkalizáciou pri kontaminácii surovej vody motorovou naftou. Koncentrácia NEL-IČ v kontaminovanej vode bola 0,49 mg/l. Pri aerácii s pomerom prietokov vzduchu a vody 40:1 sa znížil ich obsah iba na 0,45 mg/l, ale dávkou vápna 100 mg/l poklesla koncentrácia NEL-IČ až na 0,03 mg/l.



Pokiaľ obsah NEL-IČ sa aeráciou znížil iba o 0,05 mg/l, tak alkalizáciou vody bolo odstránených 0,42 mg/l. Tieto výsledky celkom jednoznačne poukazujú na výrazne väčší vplyv alkalizácie vody vápnom pri odstraňovaní NEL-IČ ako samotnej aerácie. Pri sledovaní vplyvu ozonizácie na odstraňovanie NEL-IČ bolo zistené, že pri dávke ozónu 2,9 mg/l do vody po aerácii poklesla ich koncentrácia z 0,45 mg/l na 0,29 mg/l t.j. pokles o 0,16 mg/l. Pre porovnanie je treba uviesť, že dávkou vápna 100 mg/l sa znížil obsah NEL-IČ v rovnakej vode z 0,45 mg/l na 0,03 mg/l. Následnou alkalizáciou vody (dávka vápna 100 mg/l) po jej ozonizácii došlo k poklesu NEL-IČ na 0,02 mg/l. Je zaujímavé, že zvýšenie dávky ozónu na 5,0 mg/l sa vôbec neprejavilo na zvýšení účinnosti odstraňovania NEL-IČ za inak rovnakých podmienok úpravy vody. Na základe získaných výsledkov možno konštatovať, že pri úprave vody kontaminovanej motorovou naftou za vyššie uvedených podmienok je vhodné využívať na odstraňovanie NEL-IČ postup aerácie s alkalizáciou ako doplnenie tohto postupu aj o ozonizáciu vody.

Výsledky z odstraňovania NEL-IČ aeráciou, ozonizáciou a alkalizáciou pri kontaminácii surovej vody ľahkým vykurovacím olejom sú znázornené na obr.6. Obsah NEL-IČ v kontaminovanej vode bol 0,38 mg/l. Aeráciou (pomer prietokov vzduchu a vody 40:1) sa nedosiahol prakticky žiadny efekt odstránenia NEL-IČ, pretože ich koncentrácia sa znížila iba na 0,37 mg/l (interval neistoty stanovenia). Dávkou vápna 100 mg/l však ich obsah poklesol iba na 0,03 mg/l (obdobný priebeh ako pri kontaminácii surovej vody motorovou naftou). Zatiaľčo aeráciou sa prakticky neznižila koncentrácia NEL-IČ, alkalizáciou sa dosiaholo zníženie o 0,34 mg/l. Rovnako ako aj výsledky získané s kontaminovanou surovou vodou motorovou naftou, aj tieto výsledky jednoznačne poukazujú na významne väčší vplyv alkalizácie vody vápnom pri odstraňovaní NEL-IČ ako samotnej aerácie.



Sledovaním vplyvu dávky ozónu do vody po aerácii na odstraňovanie NEL-IČ bolo zistené, že dávkou ozónu 2,9 mg/l poklesol ich obsah z 0,37 mg/l na 0,23 mg/l t.j. pokles o 0,14 mg/l. Pri porovnaní však dávkou vápna 100 mg/l do vody po aerácii došlo

k zníženiu obsahu NEL-IČ z 0,37 mg/l na 0,03 mg/l. V ozonizovanej vode a následnou alkalizáciou dávkou vápna 100 mg/l poklesol obsah NEL-IČ na 0,02 mg/l. Zvýšenie dávky ozónu na 5,0 mg/l sa iba v minimálnej miere prejavilo na zvýšení účinnosti odstraňovania NEL-IČ, keď koncentrácia NEL-IČ poklesla z 0,37 mg/l na 0,21 mg/l. Pre porovnanie pri dávke ozónu 2,9 mg/l sa znížil obsah NEL-IČ z 0,37 mg/l na 0,23 mg/l, čo znamená, že zvýšenie dávky ozónu o 2,0 mg/l nemalo vplyv na zvýšenie účinnosti odstránenia NEL-IČ, pretože ich koncentrácia v upravenej vode poklesla iba o 0,02 mg/l, čo je analyticky takmer nerozlišiteľný koncentračný rozdiel. Získané výsledky poukazujú na skutočnosť, že pri odstraňovaní NEL-IČ z vody kontaminovanej ľahkým vykurovacím olejom za vyššie uvedeních podmienok je dostatočne účinné upravovať vodu aeráciou a alkalizáciou ako doplniť tento technologický postup aj o ozonizáciu vody.

## **Záver**

Aeráciou a alkalizáciou podzemnej vody kontaminovanej vyššími koncentraciami NEL-IČ (1,17 a 1,33 mg/l; motorová nafta a ľahký vykurovací olej) možno pri pomere prietokov vzduchu a vody 60:1 až 80:1 a dávke vápna 110 mg/l dosahovať v upravenej vode koncentrácie NEL-IČ nižšie ako 0,05 mg/l. Samotnou aeráciou poklesla koncentrácia NEL-IČ v závislosti od pomeru prietokov vzduchu a vody na úroveň 0,65-0,80 mg/l resp. 0,60-0,75 mg/l.

Pri nižšej kontaminácii podzemnej vody NEL-IČ (0,12 a 0,13 mg/l) boli v upravenej vode dosahované koncentrácie NEL-IČ nižšie ako 0,05 mg/l pri pomere prietokov vzduchu a vody 40:1 a dávke vápna 75 mg/l. Samotnou aeráciou sa znížil obsah NEL-IČ iba na úroveň 0,09-0,10 mg/l.

Pri kontaminácii podzemnej vody NEL-IČ (0,37 a 0,49 mg/l) upravovanej aeráciou a alkalizáciou sa pri pomere prietokov vzduchu a vody 40:1 znížil ich obsah iba o 0,05 mg/l, ale dávkou vápna 100 mg/l poklesla koncentrácia NEL-IČ až na 0,03 mg/l. Dávkou ozónu 2,9 mg/l do vody po aerácii poklesla koncentrácia NEL-IČ z 0,45 mg/l na 0,29 mg/l resp. z 0,37 mg/l na 0,23 mg/l, čo predstavuje zníženie o 0,14-0,16 mg/l. Za rovnakých podmienok sa dávkou vápna 100 mg/l znížil obsah NEL-IČ z 0,45 mg/l na 0,03 mg/l resp. 0,37 mg/l na 0,03 mg/l, čo predstavuje zníženie o 0,34-0,42 mg/l. Zvýšenie dávky ozónu na 5,0 mg/l nemalo významný vplyv na zvýšenie účinnosti odstraňovania NEL-IČ za inak rovnakých podmienok úpravy vody.

Na základe získaných výsledkov možno konštatovať, že v prípade kontaminácie podzemnej vody NEL-IČ v koncentračnom rozsahu 0,12-1,33 mg/l by bola ÚV Boľany s prevádzkovanou dvojestupňovou technológiou (aerácia, alkalizácia vápnom) schopná odstrániť toto znečistenie do takej miery, aby koncentrácia NEL-IČ v upravenej vode bola 0,03-0,05 mg/l.

## **Literatúra**

Munka K. a kol.: Technická pomoc pri rekonštrukcii prevzdušňovacieho zariadenia a optimalizácii procesu úpravy vody v ÚV Boľany. VÚVH, záver. správa 2008