

**КВАЛИТЕТ ПОДЗЕМНИХ ВОДА И СТАЊЕ ХИДРОГЕОЛОШКЕ СРЕДИНЕ
УСЛЕД ЕКСПЛОАТАЦИЈЕ НАФТЕ НА ПОДРУЧЈУ КИКИНДЕ**

МИЛАНА ПАШИЋ¹, ДРАГАН ДОЛИНАЈ^{1*}, ВЛАДИМИР СТОЈАНОВИЋ¹

¹*Универзитет у Новом Саду – ПМФ, Департман за географију, туризам и хотелијерство,
Трг Доситеја Обрадовића 3, Нови Сад, Србија*

Сажетак: На простору Северног Баната и њеног регионалног центра, града Кикинде, утврђено је постојање више нафтних поља која се у другој половини XX века интензивно истражују и експлоатишу. Присуство нафтних бушотина у зони града Кикинде може да угрози стање животне средине, као и квалитет живота становника. За утврђивање присуства полицикличних ароматичних угљоводоника, коришћена је техника GC/MSD, док је за утврђивање присуства ароматичних угљоводоника употребљена техника GC/MSD Purge and trap. Хемијским анализама узорака воде са подручја Кикинде, није доказано загађење подземних водоносних серија нафтом.

Кључне речи: Кикинда, нафта, подземне воде, животна средина, Србија.

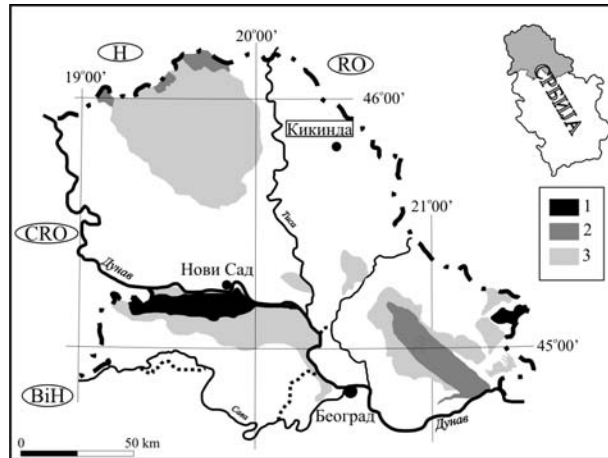
Увод

Потражња за нафтом и гасом у свету постаје све већа, а самим тим и неискоришћена лежишта ових енергената представљају шансу за развој држава које их поседују. Убрзани развој привредних делатности као и нафтне индустрије, уско је повезан са повећањем бриге за могуће проблеме у очувању квалитетне животне средине (Станковић, 2003). Нарочит значај има заштита подземних вода јер од њих директно зависи опстанак око 80% светске популације (Moore, 1989). У последњих неколико деценија, највише пажње се посвећује опасности од изливања нафте (Newton, 1991) и њених продуката (Cheremisinoff, 1991). Анализе из 2001. године показују да од укупне количине загађивача у водама широм света, њих 21,4% потиче од нафтних једињења (Meshcheryakov et al, 2005). Забележени су и истражени бројни несрећни случајеви са изливањем нафте (Smyth, 1999; Skanavis, 1999) и на основу њих, закључено је да нафтна једињења изазивају озбиљне физичке, хемијске и биолошке промене у подземним хидросистемима (Testa, Winegardner, 1991; Atlas, Bartha, 1992; Fine et al, 1997). Уласком у педолошки систем, нафта и нафтна једињења везују се за земљиште мењајући му структуру и физичко-хемијске карактеристике (Fine et al, 1997; Kowalska et al, 1994; Chaîneau et al, 2000). У даљем току, загађење долази у контакт са подземном водом, где се делимично везује за колекторску стену и разлива у хидросистем (Drummond, Israelachvili, 2004). Последице на укупни педолошкогеолошки и хидрогеолошки систем су фаталне и дуготрајне (Chaîneau et al, 1995; Chaîneau et al 2003), а вишегодишњим истраживањима је утврђено да је изузетно мала могућност биоразградње нафтних загађивача и износи свега 10-30%

* e-mail: dragan.dolinaj@yahoo.com

(Kartoshkin, 2003). У случају да се утврди загађење, постоје бројни утврђени и истражени методолошки приступи који имају задатак да делимично уклоне или бар спрече даље ширење загађујућих материја. Све методе, од најсавременијих биолошких, које користе биоорганичне активне компоненте (Konseisao et al, 2007), преко механичких које се базирају на вибрацијама (Schwab et al, 1999) и физичко-механичких у виду подземних баријера направљених од активних материјала (Starr, Cherry, 1994; Vidic, Pohland, 1996; McGovern et al, 2002) имају поједине заједничке карактеристике: скупе су, изузетно ограниченог ефекта и ефикасност често долази у питање услед различитих физичких, хемијских и биолошких карактеристика истраживаних терена (Starr, Cherry, 1994; Vidic, Pohland, 1996; Schwab et al, 1999; McGovern et al, 2002; Konseisao et al, 2007). Последњих година, развијају се студије хаваријских случаја као припрема брзих реакција и решења за могуће несреће у којима се очекује нафтно загађење (Liu et al, 2004). Предности овог приступа су бројне. Анализом индустријских и транспортних система смањује се могућност самог еконесрећа, а општом анализом геосредине, седимената, порозности, падова терена, подземних вода и бројних других фактора, дефинишу се могући правци ширења као и последице загађења (Nixson et al, 1993) на основу чега се могу дефинисати активности и мере у случају хаварија (Liu et al, 2004). На простору Северног Баната и њеног регионалног центра, града Кикинде, утврђено је постојање више нафтних поља која се у другој половини XX века интензивно истражују и експлоатишу. Велики и пространи Панонски басен у централном делу Европе био је познат као нафтоносан већ у XIX веку. Крајем XIX века буше се прве истражне бушотине и почиње прва експлоатација нафте на простору Војводине. Од краја XIX века радови на истраживању нафтоносних серија на територији Војводине се непрекидно обављају а резултати ових истраживања видљиви су кроз читав низ нафтних и гасних поља у разним деловима овог басена. Крајем XX века, нафта и гас постају дефицитарни енергенти, а њихове цене на светском тржишту непрекидно расту. Услед оваквог тренда значај нафтних и гасних поља на подручју Војводине, Баната па самим тим и на територији града Кикинде постаје све већи. И поред чињенице о постојању лежишта нафте на простору Војводине прва експлоатациона бушења су извршена релативно касно. Немачко предузеће „Petrole A. G.“, 1942. и 1943. године врши регионална гравиметријска испитивања целе територије Баната, којом приликом је констатован читав низ гравиметријских максимума, углавном пружања у правцу север-југ. Ови гравиметријски максимуми под повољним условима могу означавати постојање појединих структурних облика погодних за акумулацију нафте и гаса (Аксин, 1957). За време II светског рата (1944. године) немци су поставили прву истражну бушотину на територији Баната код села Велика Грета. После II светског рата на основу прикупљених немачких података приступило се даљим истраживањима нафтних серија на подручју Баната. Даља истраживања на овом пољу, својим оснивањем 1949. године наставља предузеће Нафтагас.

И поред чињенице о све већем значају енергената у савременим економским и привредним токовима, присуство нафтних бушотина у градској зони главног града Северно-банатског округа могло би да доведе до угрожавања квалитета животне средине, као и услова живота становника Кикинде.



Карта 1. Географски положај Кикинде; 1-платине, 2- пешчаре, 3-лесне заравни.

Методолошки приступ

Територија исраживаног подручја везана за овај рад је градска зона Кикинде. На крајњем северу републике Србије, на територији Северно-банатског округа, највећи градски и привредни центар је град Кикинда. На градском подручју Кикинде налазе се 83 нафтне бушотине. Од изградње првих бушотина било је присутно незадовољство грађана. Због свог положаја у градском подручју, као и своје функције експлоатације нафтних серија постојала је бојазан да могу да угрозе квалитет животне средине града. Да би се испитали ови наводи било је неопходно користити бројне резултате теренских истраживања, као и лабораторијске анализе сертификованих лабораторија. Бројни научни радови упућују на то да је оправдана брига за здравље становништва уколико се потврди присуство загађујућих материја из сирове нафте. Доказано је да дуготрајно уношење у организам воде загађене и малом количином загађивача из сирове нафте (етибензол, бензол, толуол, ксилол) изазива трајна оштећења ткива, рак јетре и леукемију (Budavari et al, 1989), а сама једињења се дуготрајно задржавају у ткивима, пре свих у јетри и бубрезима (Nadim et al, 2000). Шира територија општине Кикинда црпи воду за водоснабдевање становништва из водоносних серија на дубини од 190-210 m (прилог 1), која се кроз систем градског водовода дистрибуира корисницима. С обзиром да се нафтна поља налазе у подини неогених серија, експлоатационе нафтне бушотине својим цевима пролазе кроз артешке хоризонте, како пливних тако и дубљих изданских серија. Свакако да овакав систем не ужива поверење грађана Кикинде посебно ако се узме у обзир да само један литар сирове нафте је у стању да загади око 2 000 000 m³ подземне воде (Nadim et al, 2000) чему доприносе особености и специфичности кретања и акумулације воде у геохидро колекторима (Nadim et al, 2000). Додатни проблем може да представља и загађење земљишта нафтом чиме се доводи у питање квалитет органске производње на угроженом подручју. За утврђивање овог типа загађења користи се ЕРА метод (Bruce, Hall, 1995; Parr et al, 1996), спектрометријска (Nadim et al, 2002), гасхроматографска (Parr et al, 1996) и гравиметријска (Villalobos et al, 2008) анализа, што може бити основа методолошког приступа каснијих истраживања земљишта уколико се потврди загађење подземних вода. Теренским радом вршено је узорковање подземних вода са више локација истраживаног подручја. Да би се отклонила сумња о могућности загађења водоносних серија мањим или већим количинама нафте,

коришћене су услуге сертифициване лабораторије Завода за заштиту здравља у Кикинди, који има и законску обавезу да редовно врши основну анализу воде како из градског водовода тако и из артешких бунара (јавних чесми) на простору Општине Кикинда. Суперанализу узорака вршила је и акредитована лабораторија за испитивање градског завода за јавно здравље, центра за хигијену и хуману екологију, лабораторија за хуману екологију и екотоксикологију у Београду. За утврђивање присуства полицикличних ароматичних угљоводоника, коришћена је гасхроматографска техника са масеним детектором - GC/MSD, док је за утврђивање присуства ароматичних угљоводоника употребљена гасхроматографска техника са масеним детектором - GC/MSD Purge and trap. Поред ових параметара, у води је анализирано и присуство укупних уља и масти, као и присуство минералних уља. Сличан или исти методолошки приступ проблему квалитета вода, коришћен је у бројним стручним и научним радовима, како при одређивању присуства загађивача у води (Newton, 1991; Beatriz et al, 1999; Xie et al, 1999), тако и при одређивању степена загађења вода и земљишта (Xie et al, 1999; Nadim et al, 2000; Nadim et al, 2002; Villalobos et al, 2008).

Бројни геоморфолошки, хидролошки, собраћајни, демографски и привредни чиниоци утицали су на морфологију Кикинде. Град се развио на два геоморфолошка облика. Нижи део града налази се на алувијалној равни реке Галацке која дели град на приближно две једнаке, симетричне половине. Овај део града се налази на апсолутним висинама до 80 m. Најнижи део града се налази око Штеванчеве баре 78 m (Бугарски, 1985). Виши делови града се налазе на лесној заравни која је благо заталасана са највишим деловима на издуженим лесним гредама. Највиши је североисточни део града, са апсолутном висином 83 m (Бугарски, 1985). Алувијална раван Галацке заједно са лесним седиментима чини топографску површину градског подручја Кикинде. Овакав микрорељеф градског подручја Кикинде може да утиче на начине као и правце могућег ширења загађења. Из виших делова града, пратећи пад топографске површине, може се очекивати лезасто отицање загађујућих материја ка нижим алувијалним седиментима. Овакав тренд ширења загађивача забележен је на местима сличних геоморфолошких карактеристика где су истражени екциденти са антропогеним загађењем подземних водоносних серија (Beatriz et al, 1999). Квартарни седименти присутни су на целој територији Кикиндске општине. На подручју града њихова дебљина се креће између 300 и 400 m. Њих претежно сачињавају серије шљункова различитих дијаметара и пескова који су главни колектори подземних вода док заглињени пескови и глине чине хидрогеолошке изолаторе (Аксин и др, 1976). Плиоценске серије су развијене на целој територији Војводине изузев планинских делова Фрушке горе и Вршачких планина. На подручју Кикинде присутни су палудински слојеви као и доњи и горњи понт, велике су моћности која на многим деловима прелази 1000 m. У најстаријим слојевима, серије плиоцена представљене су лапорцима и лапоровитим глинама које су често испресецање прослојцима ситнозрних пешчара. У средњим и најмлађим слојевима, плиоцен представљају серије пескова, заглињених пескова, меких пешчара и глина (Аксин, 1957). На истраживаном подручју констатован је терцијар кроз седименте миоцена и плиоцена. Миоцен је добро развијен кроз баденске, сарматске и панонске седименте а бушењем је утврђено да ови седименти постоје и на градском простору Кикинде. Њихова дебљина је изузетно мала и креће се око 100 m. Миоценски седименти представљени су конгломератима, пешчарима и белим лапорцима. На подручју Кикинде пешчари и конгломерати представљају колекторе нафте и гаса. Претерцијалну основу истраживаног подручја сачињавају кристалисти шкриљци палеозојске старости и магматске стене непознате геолошке старости. Магматске стене у подлози терцијара

на подручју Кикинде представљене су гранитима и имају знатно мање распрострањење од кристалних шкриљаца. Дубоким бушењима утврђено је да мезозојске седиментне серије у основи терцијера нису присутне на подручју Кикинде.

Дубина (m)	Дебљина (m)	Литолошки опис	Литолошки стуб
0	2	Хумус	
	3	Глина	
		Песак	
45			
50	5	Глина	
	65	Глина, песковита	
100			
115			
125	10	Песак	
	30	Глина	
150			
155			
165	10	Песак	
	14	Глина	
179			
	18	Песак са прослојима песковите глине	
197	2	Песак, глиновит	
199			
200			
	41	Песак, средњезри	
		глина ?	

Прилог 1. Литолошки профил бушотине К1.



Прилог 2. Сателитски снимак Кикинде и положај истражне бушотине К1.



Карта 2. Положај бушотине К1 у односу на контролне бушотине И1, Б1 и НК1.

Квартарне седиментне серије сачињене од пескова и шљункова различитог гранулометријског састава чине колекторске зоне подземне воде на истраживаном подручју. Изолатори ових колекторских зона су глиновите серије. Први хидрогеолошки систем на овом подручју чине фреатске, субартешке и артешке изданске зоне чија је карактеристика широко распрострањење и богате резерве воде (прилог 1). Слични хидрогеолошки системи констатовани су и у другим деловима Војводине (Зеремски, 2002; Долинај, Ристановић, 2008). Карактеристике воде из ове издани су мала минерализација и одсуство гасова у води. На истраживаном подручју ова зона се простире до дубине од око 1500 m (Удицки, 1985). На подручју Кикинде

овај хидрогеолошки систем је изузетно добро развијен и богат водом. У свом саставу има на десетине песковитих хоризоната који имају изузетно велике колекторске могућности (*прилог 1*). Из овог система град се напаја водом како за потребе градског водовода тако и за потребе артешких бунара. Другу хидролошку зону чине подземне воде испод 1500 m дубине и њу чине термоминералне воде које се налазе у различитим облицима издани. Предпоставља се да дебљина овог термоминералног хидрогеолошког система износи око 1000 m. Лежишта нафте и гаса на градском подручју Кикинде простиру се на дубинама између 1200 и 2000 m (Аксим, Милосављевић, 1982).



Прилог 3. Једна од 83 нафтне бушотине у Кикинди.

Резултати и дискусија

Још од почетка бушења нафтно-истражних бушотина на градском подручју Кикинде појавила се бојазан становника овог града да постоји опасност о угрожениости подземних вода од нафте и самим тим угрожениости здравља корисника воде из система комуналног предузећа водовод. Овај страх становника покренуо је ово истраживање у коме анализиран квалитет узорака воде од стране акредитоване лабораторије за испитивање градског завода за јавно здравље центра за хигијену и хуману екологију, лабораторије за хуману екологију и екотоксикологију у Београду. Теренским радом током маја 2008. године извршили смо узорковање воде са више локација, из бунара јавног комуналног предузећа Водовод. Примарно узорковање воде, са локације која би доказала или оповргла бојазан која је покренула ово истраживање, је бушени бунар (K1) у насељу Шумице у Кикинди (*прилог 2*). Да би смо потврдили добијене резултате са примарне локације одредили смо још три локације у околини града Кикинде. Подаци са ових локација ће доказати да ли постоји загађење овог типа и у ширем простору. На све три локације налазе се такође бушени бунари истог јавног комуналног предузећа водовод у Кикинди, који из истог водоносног хоризонта црпе воду. Просторно су равномерно удаљени од примарне локације (K1), а њихово позиционирање у географском простору је у правцу запада, југа и истока (*карта 2*). Прва контролна локација се налази 15 km западно од K1, бушени бунар (И1) у месту Иђош. Друга контролна локација се налази 20 km јужно од K1, бушени бунар (Б1) у месту Башаид. Док се трећа контролна локација се налази 18 km источно од K1, бушени бунар (НК1) у месту Нови Козарци. Сви посматрани бушени бунари налазе се у водоводном систему Комуналног предузећа Водовод из Кикинде.

Табела 1. Хемијска анализа воде са локације Кикинда, Шумице (К1).

	нађена вредност	ознака методе	MDK воде за пиће
Укупна уља и масти mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,1
Минерална уља mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,01
Полициклични ароматични угљоводоноци (µg/l) - техника GC/MSD			
	нађена вредност	ознака методе	MDK воде за пиће
ПАУ укупно	<0,01	HE DM 0005	0,2
Флуорантен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо 3, 4 - флуорантен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо 11, 12 - флуорантен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо 1, 12 - перилен	<0,01	HE DM 0005	0
Индено (1,2,3 цд) пирен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо (а) пирен	<0,01	HE DM 0005	0
Ароматични угљоводоници (µg/l) - техника GC/MSD Purge and trap			
	нађена вредност	ознака методе	MDK воде за пиће
Бензол	<0,10	DM 0002	1
Етибензол	<0,10	DM 0002	2
Ксилол	<0,10	DM 0002	50
Стирол	<0,10	DM 0002	200
Толуол	<0,10	DM 0002	700

Табела 2. Хемијска анализа воде са локације Иђош (И1).

	нађена вредност	ознака методе	MDK воде за пиће
Укупна уља и масти mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,1
Минерална уља mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,01
Полициклични ароматични угљоводоноци (µg/l) - техника GC/MSD			
	нађена вредност	ознака методе	MDK воде за пиће
ПАУ укупно	<0,01	HE DM 0005	0,2
Флуорантен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо 3, 4 - флуорантен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо 11, 12 - флуорантен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо 1, 12 - перилен	<0,01	HE DM 0005	0
Индено (1,2,3 цд) пирен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо (а) пирен	<0,01	HE DM 0005	0
Ароматични угљоводоници (µg/l) - техника GC/MSD Purge and trap			
	нађена вредност	ознака методе	MDK воде за пиће
Бензол	<0,10	DM 0002	1
Етибензол	<0,10	DM 0002	2
Ксилол	<0,10	DM 0002	50
Стирол	<0,10	DM 0002	200
Толуол	<0,10	DM 0002	700

Како је истраживање покренуто да би се анализирао квалитет воде у водоносним серијама из којих се снабдевају водом становници града Кикинде, најважнији локалитет за узорковање налази се у западном градском подручју Кикинде. Ту се налази бушени бунар који користи Комунално предузеће Водовод – Кикинда и за потребе овог истраживања носи ознаку К1.

На узорку са примарне локације К1, бушени бунар у насељу Шумице у Кикинди, нису утврђени како ароматични угљоводоници тако ни полициклични ароматични угљоводоници (табела 1). Уља и масти, као и минералних уља нема у анализираном узорку (табела 1). У узорку са ове локације нису пронађени трагови нафтног загађења.

У анализи узорка са прве контролне локације И1 Иђош, нису нађени ароматични угљоводоници и полициклични ароматични угљоводоници као ни масти, уља и минерална уља (табела 2).

Табела 3. Хемијска анализа воде са локације Башаид (Б1).

	нађена вредност	ознака методе	MDK воде за пиће
Укупна уља и масти mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,1
Минерална уља mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,01
Полициклични ароматични угљоводоници (µg/l) - техника GC/MSD			
	нађена вредност	ознака методе	MDK воде за пиће
ПАУ укупно	<0,01	HE DM 0005	0,2
Флуорантен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо 3, 4 - флуорантен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо 11, 12 - флуорантен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо 1, 12 - перилен	<0,01	HE DM 0005	0
Индено (1,2,3 цд) пирен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо (а) пирен	<0,01	HE DM 0005	0
Ароматични угљоводоници (µg/l) - техника GC/MSD Purge and trap			
	нађена вредност	ознака методе	MDK воде за пиће
Бензол	<0,10	DM 0002	1
Етибензол	<0,10	DM 0002	2
Ксилол	<0,10	DM 0002	50
Стирол	<0,10	DM 0002	200
Толуол	<0,10	DM 0002	700

У узорку узетом на другој контролној локацији Б1, бушени бунар у Башаиду, нису пронађени полициклични ароматични угљоводоници, као ни ароматични угљоводоници, а нису пронађени ни трагови масти, уља и минералних уља (табела 3).

Као и на претходним локацијама, тако и на трећој контролној локацији НК1, бушени бунар у Новим Козарцима, у узорку воде нису пронађени полициклични ароматични угљоводоници и ароматични угљоводоници (табела 4).

Анализа узорка са локације К1 (табела 1) доказује да не постоји загађење укупним уљима и мастима, минералним уљима, полицикличним ароматичним угљоводоницима као ни ароматичним угљоводоницима. Исте резултате показују и анализе узорака са контролних локација И1 (табела2), Б1 (табела3) и НК1 (табела

4). Овим је доказано да не постоји загађење подземних вода нафтом, па је самим тим и страх за здравље становника Кикинде неоправдан и нема никаквог основа бојазни од присуства нафтних бушотина на простору града.

Табела 4. Хемијска анализа воде са локације Нови Козарци (НК1).

	нађена вредност	ознака методе	МДК воде за пиће
Укупна уља и масти mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,1
Минерална уља mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,01
Полициклични ароматични угљоводоноци (µg/l) - техника GC/MSD			
	нађена вредност	ознака методе	МДК воде за пиће
ПАУ укупно	<0,01	HE DM 0005	0,2
Флуорантен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо 3, 4 - флуорантен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо 11, 12 - флуорантен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо 1, 12 - перилен	<0,01	HE DM 0005	0
Индено (1,2,3 цд) пирен	<0,01	HE DM 0005	0
Бензо (а) пирен	<0,01	HE DM 0005	0
Ароматични угљоводоници (µg/l) - техника GC/MSD Purge and trap			
	нађена вредност	ознака методе	МДК воде за пиће
Бензол	<0,10	DM 0002	1
Етибензол	<0,10	DM 0002	2
Ксилол	<0,10	DM 0002	50
Стирол	<0,10	DM 0002	200
Толуол	<0,10	DM 0002	700

Закључак

Индустријализација као и развој савремених друштава у многоне угрожава животну средину, а самим тим и квалитет живота становника градова. На многе градове па и на град Кикиндутутицао је овај процес, што се види по бројним нафтним платформама које се налазе у градској средини. Присуство ових индустријских објеката је довело до погоршања квалитета живота становника као и до угрожавања животне средине. Безбедносне мере које су спроведене при изградњи ових објеката, као и оне које се и даље спроводе довеле су до обезбеђивања подземних вода од евентуалних загађења нафтом, што доказују приказани резултати. Тврдње становника града да ово загађење постоји нема упориште у резултатима истраживања који су приказани у овом раду. Анализа узорак доказује да не постоји загађење мастима, уљима и минералним уљима, полицикличним ароматичним угљоводоницима као ни ароматичним угљоводоницима (табела 1; табела 2; табела 3; табела 4), па самим тим није доказано загађење подземних вода нафтом. Поред овога, присутан је један облик загађења на који се у раду нисмо освртали. Присуство индустријских објеката у градској средини доводи до визуелног загађења (прилог 3), што свакако утиче на присутно незадовољства становника града Кикинде.

НАПОМЕНА

Аутори се захваљују комуналном предузећу Водовод из Кикинде и Градском заводу за јавно здравље из Кикинде; Градском заводу за јавно здравље, Центару за хигијену и хуману екологију, Лабораторији за хуману екологију и екотоксикологију из Београда на пруженој помоћи при теренским истраживањима, као и др Стевану Савићу (Центар за климатолошка и хидролошка истраживања, ПМФ, Нови Сад), мр Млађену Јовановићу (Департман за географију, туризам и хотелијерство, ПМФ, Нови Сад) и др Срђану Рончевићу (Департман за хемију, ПМФ, Нови Сад) на стручно-техничкој подршци.

Литература

- Аксин, В. (1957). Нафтна и гасна лежишта у Банату. *Зборник за природне науке Матице српске*, св. 12, Нови Сад.
- Аксин, В. и Милосављевић С. (1982). Геотермална енергија - истраживање и коришћење у свету и Југославији са посебним освртом на Војводину. У *ЈУГОМА*, Дубровник.
- Atlas, R. M. and Bartha, R. (1992). Hydrocarbon biodegradation and oil spill bioremediation. *Advan. Microb. Ecol.* 12, 287-338.
- Beatriz, A. H., Vega, M., Barrado, E., Pardo, R., and Fernández, L. (1999). A case of hydrochemical characterization of an alluvial aquifer influenced by human activities. *Water, Air, and Soil Pollution*, 112, 365-387.
- Бугарски, Д. (1985). Морфологија Кикинде. *Зборник Природно-математичког факултета*, серија за географију, бр. 45, 117-131.
- Budavari, S., O'Neil, M. J., Smith, A., and Heckelman, P. E. (1989). *The Merck Index: An Encyclopedia of Chemicals, Drugs and Biologicals*. Merck, Rahway, NJ.
- Bruce, M., and Hall, J. (1995). Soxhlet alternatives for the environmental laboratory. Proceedings of 11th waste testing and quality assurance symposium. *US EPA office of solid waste*, Washington D.C. U.S.A., paper No 20, pp. 114-120.
- Vidic, R. D., and Pohland, F. G. (1996). *Treatment walls*. Pittsburgh, PA, Ground Water Remediation Technologies Analysis Center, p38.
- Villalobos, M., Avila-Forcada, P. A., and Gutierrez-Ruiz, E. M. (2008). An improved gravimetric method to determine total petroleum hydrocarbons in contaminated soils. *Water, Air, and Soil Pollution*, DOI 10.1007/s11270-008-9704-1.
- Група аутора (2008). *Извештај о испитивању - бушени бунар Шумице – Кикинда*. Градски завод за јавно здравље, Центар за хигијену и хуману екологију, Лабораторија за хуману екологију и екотоксикологију, број 12-983, Београд.
- Група аутора (2008). *Извештај о испитивању - бушени бунар Башаид*. Градски завод за јавно здравље, Центар за хигијену и хуману екологију, Лабораторија за хуману екологију и екотоксикологију, број 12-984, Београд.
- Група аутора (2008). *Извештај о испитивању - бушени бунар Нови Козарци*. Градски завод за јавно здравље, Центар за хигијену и хуману екологију, Лабораторија за хуману екологију и екотоксикологију, број 12-985, Београд.
- Група аутора (2008). *Извештај о испитивању - бушени бунар Иђош*. Градски завод за јавно здравље, Центар за хигијену и хуману екологију, Лабораторија за хуману екологију и екотоксикологију, број 12-982, Београд.
- Gupta, R. S. (1997). *Environmental engineering and science: an introduction*. Rockville, MD: Government Institutes.
- De Jonge, H., Freijer, J. I., Verstraten, J. M., and Westerveld, J. (1997). Relation between bioavailability and fuel oil hydrocarbon composition in contaminated soils. *Soils. Environ. Sci. Technol.* 31, 771-775.
- Долинај, Д., и Ристановић, Б. (2008). Геохидролошке карактеристике артешких издани на територији Сремске Митровице у функцији водоснабдевања становништва. У *Вода 2008*, 37. Конференција о коришћењу и заштити вода, Српско друштво за заштиту вода и Институт за водопривреду „Јарослав Черни“, Матарушка Бања.
- Droste, R. L. (1997). *Theory and practice of water and wastewater treatment*. New York, NY, John Wiley and Sons.
- Drummond, C., and Israelachvili, J. (2004). Fundamental studies of crude oil-surface water interactions and its relationship to reservoir wettability. *Journal of petroleum science and engineering*. 45, 61-81.
- Essington, M. E. (2004). *Soil and water chemistry: an integrative approach*. Boca Raton, Florida: CRC.

- Kaluarachchi, J. J., Parker, J. C., and Lenhard, R. J. (1990). A numerical model for areal migration of water and light hydrocarbon in unconfined aquifers. *Adv. Water Resour.*, 13, 29-40.
- Kartoshkin P. A., (2003). The notion of collection and treatment of spent lube oils. *Chemistry and technology of fuels and oils*, vol. 39, No. 4.
- Konseisao, A.-da A., Samoilov, A. N., and Khlestkin, N. R. (2007). Dulromabsorb sorbent for recovery of petroleum products from sites of accidental spills. *Chemistry and technology of fuels and oils*, vol. 43, No. 2.
- Kowalska, M., Güler, H., and Cocke, D. L. (1994). Interactions of clay minerals with organic pollutants. *Science of total environmental*, 141, 223-240.
- Langmuir, D. (1997). *Aqueous environmental geochemistry*. Upper Saddle River, New Jaersey: Prentice Hall.
- Liu, L., Hao, R. X., Cheng, S. Y., and Guo, H. C. (2004). An integrated feasibility study on designing remediation systems for petroleum-contamineted sites. *Water, Air, and Soil Pollution*, 156, 83-95.
- Mcgovern, T., Guerin, F. T., Horner, S., and Davey, B. (2002). Design, construction and operation of a funnel and gate in-situ permeable reactive barrier for remediation of petroleum hydrocarbons in graundwater. *Water, Air, and Soil Pollution*, 136, 11-31.
- McGhee, T. J. (1991). *Water resources and environmental engineering*. New York, McGraw-Hill.
- McMurty, D. C. and Elton, R. O. (1985). New approach to in situ treatment of contaminated grounwaters. *Envuron. Progr.* 4, 168-170.
- Meshcheryakov, V. S., Khlebinskaya, A. O., Petrov, I. S., and Klimenko, T. E. (2005). New technologies in solving the environmental problems of the oil and gas complex. *Chemistry and technology of fuels and oils*, vol. 41, No. 2.
- Миљановић, Д., Ковачевић-Мајкић, Ј., and Милановић, А. (2004). Анализа животне средине у зони коридора X у Србији. *Гласник српског географског друштва*, LXXXIV, 2, 165-181, Београд.
- Moore, W. (1989). *Balancing the needs of water use*. Springer-Verlag, New York.
- Mohamed, A. M. O., and Antia, H. E. (1998). *Geoenvironmental engineering*. Elsevier, Amsterdam, 707 pp.
- Nadim, F., Hoag, E. G., Liu, S., Carley, J. R., and Zack, P. (2000). Detection and remediation of soil and aquifer systems contaminated with petroleum products: an overview. *Journal of petroleum science and engineering*. 26, 169-178.
- Nadim, F., Liu, S., Hoag, E. G., Chen, J., Carley, J. R., and Zack, P. (2002). A comparison of spectrophotometric and gas chromatographic measurements of heavy petroleum products in soil samples. *Water, Air, and Soil Pollution*, 134, 97-109.
- Newton, J. (1991). Investigating leaking underground storage tanks. *Pollut. Eng.* 23, 80-83.
- Nyer, E. K. (1998). *Groundwater and soil remediation: practical and strategies*. Ann Arbor Press, Chelsea, Michigan, USA.
- Parr, J. L., Claff, R. E., Kocurek, D. S., and Lowry, J. C. (1996). *Interlaboratory study of analitical methods for petroleum hydrocarbons, soils contaminated with petroleum constituent*. Technical report, Quanterra environmental services, Arvada, Colorado, pp. 69.
- Salanitro, J. P., Dorn, P. B., Hueseman, H., Moore, K. O., Rhodes, I. A., Rice Jackson, L. M., Vipond, T. E., Western, M. M., and Wisniewski, H. L. (1997). Crude oil hydrocarbon bioremediation and soil ecotoxicity assessment. *Environ. Sci. Technol.* 31, 1769-1776.
- Samoilov, N. A., Khlestkin, R. N., and Shemetov, A. V. (2001). *The sorption method of eliminating accidental spills of crude oil and petroleum products*. Khimiya, Moscow.
- Schwab, A., Su, J., Wetze, I S., Pekarek, S., Banks, M. (1999). Extraction of petroleum hidrocarbons from soil by mechanical shaking. *Environmental Science & Technology*, 33, 1940.
- Schwartz, F. A., and Domenico, P. A. (1997). *Phisycal and chemical hydrogeology*. New York, NY, John Wiley and Sons, 640 pp.
- Skanavis, C. (1999). Groundwater Disaster in Puerto Rico: The Need for Environmental Education. *Journal of Environmental Health*, Vol. 62, Issue 2, p29.
- Smyth, C. R. (1999). Mn oxide concentration as evidence of a pathway for infiltration of crude oil into a shallow aquifer, West Texas. *Environmental Geosciences*, Vol. 6, Issue 3, 158-159.
- Spellman, R. F. (2008). *The Science of Water - Concepts and Applications*. Raton, Florida: CRC.
- Станковић, С. (2003). Животна средина, туризам и просторно планирање. *Гласник српског географског друштва*, LXXXIII, 2, 19-30, Београд.
- Starr, R. C., and Cherry, J. (1994). *In situ remediation of contaminated groundwater: The funell and gate system*. *Ground Water*, 32, 465-476.
- Stephens, D. B. (1996). *Vadose zone hydrology*. CRC Press Inc., Boca Raton, Florida, USA.
- Suguir, K., Ishihara, M., Shimauchi, T., and Harayama, S. (1997). Physicochemical properties and biodegradability of crude oil. *Environ. Sci. Technol.* 31, 45-51.
- Testa, S. M., and Winegardner, D. L. (1991). *Restoration of petroleum-contaminated aquifers*. Lewis publishers, Chelsea, Michigan, USA.
- Tiab, D., and Donaldson, E. C. (1996). *Petrophysics*. Gulf Publishing, Houston, TX, USA.

- Fetter, C. W. (1988). *Applied hydrology*. Oshkosh, Wisconsin, Merrill Publishing Company, 592 pp.
- Fetter, C. W. (1993). *Contaminant hydrogeology*. Macmillan, New York.
- Fine, P., Graber, E. R., and Yaron, B. (1997). Soil interactions with petroleum hydrocarbons: abiotic processes. *Soil technology*, 10, 133-153.
- Freeman, H. M., and Harris, E. F. (1995). *Hazardous waste remediation: innovative treatment technologies*. Technomic Publishing Co., Inc., Lancaster, Pennsylvania, USA.
- Hixson J., Dryden C., and Hise W. (1993). Screening site contamination using pathway exposure factors. *Journal of Soil Contamination*, 2, 93-108.
- Chaîneau, C. H., Morel, J. L., and Oudot, J. (1995). Microbial degradation in soil microcosms of fuel oil hydrocarbons from drilling cuttings. *Environmental science technology*, 29, 1615-1621.
- Chaîneau, C. H., Morel, J. L., and Oudot, J. (1996). Land treatment of oil-based drill cuttings in an agricultural soil. *Journal of environmental quality*, 4, 858-867.
- Chaîneau, C. H., Morel, J. L., and Oudot, J. (2000). Vertical infiltration of fuel oil hydrocarbons in an agricultural soil. *Toxicology and environmental chemistry*, 77, 111-124.
- Chaîneau, C. H., Yepremian, C., Vidalie, J. F., Ducreux, J., and Ballerini, D. (2003). Bioremediation of a crude oil-polluted soil: biodegradation, leaching and toxicity assessments. *Water, Air, and Soil Pollution*, 144, 419-440.
- Cheremisinoff, P. N. (1991). Protecting water supplies. *Pollut. Eng.* 23(2), 44-50.
- Удицки, А. (1985). *Геотермски потенцијал првог хидрогеолошког система на подручју Кикинде*. Нови Сад, Стручни рад.
- Зеремски, М. (2002). Неотектонски процеси нафтног поља у средишњем делу источне Бачке. *Гласник српског географског друштва*, LXXXII, 2, 17-34, Београд.
- Xie, G. B., Barcelona, M. J., and Fang, J. S. (1999). Qualification and interpretation of total petroleum hydrocarbons in sediment samples by a GC/MS method and comparison with EPA 418.1 and a rapid field method. *Analytical Chemistry*, 71, 1899-1904.

QUALITY OF UNDERGROUND WATER AND HYDROGEOLOGICAL SITUATION CAUSED BY OIL EXPLOITATION IN THE AREA OF KIKINDA

MILANA PAŠIĆ¹, DRAGAN DOLINAJ^{1*}, VLADIMIR STOJANOVIĆ¹

¹*University of Novi Sad - Faculty of Sciences and mathematics, Department of geography, tourism and hotel management, Trg Dositeja Obradovića 3, Novi Sad, Serbia*

Abstract: Numerous oil fields were discovered in the area of North Banat and its regional centre, the city of Kikinda. These oil fields were explored and exploited in the second half of the XX century. Oil rigs in the area of the city zone can endanger the environment, as well as the quality of life of the citizens. In order to discover the presence of polycyclic aromatic hydrocarbon we have applied GC/MSD technique, whereas we have applied GC/MSD Purge and trap. technique to discover the presence of aromatic hydrocarbon. Chemical analyses of water samples from the area of Kikinda did not prove that underground water was polluted with oil.

Key words: Kikinda, oil, underground water, environment, Serbia.

Introduction

Oil and gas demand in the world have become greater. Therefore, unexploited areas of these sources of energy represent chance for further development of countries rich in them. Development of industry as well as of oil industry are closely connected to greater concern about possible problems of environmental protection. (Stankovic, 2003). Protection of underground water is very important, since 80% of world population depends on it. (Moore, 1989). In the past decades attention has usually been paid to the danger caused by oil spill (Newton, 1991), as well as the spill of its products (Cheremisinoff, 1991). Analysis from 2001 show that 21,4% of total pollutants in water all over the world are caused by oil compounds. (Meshcheryakov et al, 2005). Numerous accidents caused by oil spill have been noticed, too (Smyth, 1999; Skanavis, 1999). Therefore, it was concluded that oil compounds cause serious physical, chemical and biological changes in underground hydrosystems. (Testa, Winegardner, 1991; Atlas, Bartha, 1992; Fine et al, 1997). Oil and oil compounds influence pedologic system and soil. They change the structure of the soil and its physical and chemical characteristics. (Fine et al, 1997; Kowalska et al, 1994; Chaîneau et al, 2000). Pollutants reach underground water, partially unite with collector stone and spill into hydrosystem. (Drummond, Israelachvili, 2004). Consequencies upon general pedologic and hydrogeological systems are fatal and longlasting. (Chaîneau et al, 1995; Chaîneau et al 2003). Research has shown that there is possibility of 10 to 30 % that oil pollutants could be dissolved. (Kartoshkin, 2003). In case of pollution there are numerous methodological approaches whose aim is to partially remove or prevent further pollution. All methods, from contemporary biological methods based upon bioorganic active components (Konseisao et al, 2007), to mechanical methods based upon vibrations (Schwab et al, 1999) and physical and mechanical methods based upon underground barriers made of active materials (Starr, Cherry, 1994; Vidic, Pohland, 1996; Mcgovern et al, 2002) have some mutual characteristics: they are expensive, their effect is restricted and their efficacy is often questioned because of different physical, chemical and biological characteristics of explored terrains (Starr, Cherry, 1994; Vidic, Pohland, 1996; Schwab et al, 1999; Mcgovern et al,

* e-mail: dragan.dolinaj@yahoo.com

2002; Konseisao et al, 2007). The aim of these studies is to prepare us to react quickly and find possible solution. This approach has numerous advantages. The analysis of industrial and transport systems lowers the possibility of ecoaccidents, whereas general analysis of geoenvironment, sediments, porous characteristics, terrain slope, underground water and numerous other factors define possible directions of development of further consequences of pollution. (Hixson et al, 1993). Thus, activities and measures in the case of accidents could be defined. (Liu et al, 2004). Numerous oil fields were discovered in the area of North Banat and its regional centre, the city of Kikinda. These oil fields were explored and exploited in the second half of the XX century. Huge and spacious Pannonian basin in the central part of Europe was famous for oil presence in the XIX century. In the end of the XIX century there were first oil rigs and oil exploitation in the area of Vojvodina began. The results of these researches were noticeable in numerous oil and gas fields in different parts of the basin. In the end of the XX century there was lack of oil and gas and their prices in the world market started to become higher. Therefore, oil and gas fields in the area of Vojvodina, Banat and the area of Kikinda, too, have become more important. Even though there was information on oil fields in the area of Vojvodina first exploitations started relatively late. German enterprise "Petrole A. G." did first regional gravimetric exploration in the area of Banat in 1942 and 1943. Numerous gravimetric maximums were discovered in this period, mainly in north-south direction. These gravimetric maximums under favourable conditions can denote existence of certain structural forms favourable for oil and gas accumulation. (Aksin, 1957). During the Second World War the Germans made first oil rig in the area of Banat near the village Velika Greda. After the Second World War further research of oil fields in the area of Banat was done according to the data collected by Germans. Further research in this area was done by enterprise Naftagas which was founded in 1949. Oil and gas are very important in contemporary economy and industry, but the presence of oil rigs in the city area could endanger environment as well as life conditions of citizens of Kikinda.

Map 1. Geographical position of Kikinda; 1-mountains, 2- sandy terrains, 3-loess plateaus.

Methodological approach

This paper deals with the territory of city area of Kikinda. This city is situated in the north of the Republic of Serbia at the territory of North Banat district and it represents the biggest industry and economy centre. There are 83 oil rigs in the territory of Kikinda. Citizens showed their discontent from the moment first oil rigs appeared in the city area. There was concern that oil rigs could endanger environment because of their position and their function. In order to investigate these statements it was necessary to use numerous results of researches as well as laboratory analyses of certificated laboratories. Numerous scientific papers show there is justified concern about health of city population if the presence of pollutants is stated. It was proved that drinking of water polluted with small amount of pollutants from crude oil (etibenzol, benzol, toluol, xylo) causes permanent damage of tissue, liver cancer (Budavari et al, 1989), and compounds remain present in tissue, mostly in liver and kidneys (Nadim et al, 2000). Population of Kikinda uses water from water series from the depth of 190-210 m (Supplement 1). Oil fields are situated in the level of neogene series so that exploited oil rigs go through artesian horizon, both of shallow and deeper groundwater series. Citizens of Kikinda naturally do not trust this system, especially if we take into account the fact that only one litre of crude oil can pollute around 2 000 000 m³ of underground water (Nadim et al, 2000). Special characteristics of water flow and accumulation in collectors contribute to this process, too (Nadim et al, 2000). Soil pollution can represent additional problem which questions the quality of organic

production in the endangered area. EPA method is used to define this type of pollution (Bruce, Hall, 1995; Parr et al, 1996), as well as spectrometric (Nadim et al, 2002), gaschromatographic (Parr et al, 1996) and gravimetric (Villalobos et al, 2008) analyses which could be used as the basis of methodological approach in further researches, if pollution of underground water is stated. We have taken samples of underground from different locations of investigated area. We have also used services of certificated laboratory of Institute for Health Protection in Kikinda which has legal responsibility to analyze water from city plumbing system as well as water from artesian wells (public fountain) in the city area in order to state if there is pollution of water series with smaller or greater amounts of oil. Accredited laboratory of city institute for public health, centre for hygiene and human ecology, laboratory for human ecology and ecotoxicology in Belgrade did superanalyses of samples. Gaschromatographic technique with mass detector - GC/MSD was used for detecting polycyclic aromatic hydrocarbons, whereas gaschromatographic technique with mass detector - GC/MSD Purge and trap was used for detecting of aromatic hydrocarbons. We have also analyzed total presence of oil and fat, as well as the presence of mineral oils. Similar or the same methodological approach was used in numerous scientific papers which dealt with the problem of water quality, as well as in the studies which stated the presence of pollutants in water (Newton, 1991; Beatriz et al, 1999; Xie et al, 1999) and in the studies which tried to define the level of pollution of water and soil (Xie et al, 1999; Nadim et al, 2000; Nadim et al, 2002; Villalobos et al, 2008).

Morphology of Kikinda was influenced by numerous geomorphological, hydrological, demographical and industrial factors. The city developed in two geomorphological forms. Lower part of the city is situated in the alluvial plateau of the Galacka river which divides the city in two symmetrical parts. This part of the town is situated at the absolute heights up to 80 m. The lowest part of the city is situated around Števančeva moor (78m) (Bugarski, 1985). Higher parts of the city are situated in the loess plateau, whereas highest parts are situated at lengthened loess beams. North east part of the town is the highest, with the absolute height of 83 m (Bugarski, 1985).

Alluvial plateau of Galacka together with loess sediments form topographic area of Kikinda. This type of microrelief of city area can influence possible directions of further pollution. Pollutants could be expected to flow from higher parts of the town to lower alluvial sediments. This situation was noticed in the places of similar geomorphological characteristics where accidents with antropogene pollution of underground water series was investigated (Beatriz et al, 1999). Quartary sediments were present in the territory of Kikinda municipality. Their thickness varies from 300 to 400 m. Sereis of gravel of different diametres and sands which represent main collectors of underground water made them, whereas clay sands and clay represent main hydrogeological insulators. (Aksin et al, 1976). Pliocene series are present at the territory of Vojvodina, apart from mountainous parts of Fruska Gora and Vrscke planine. There are paludene layers, as well as lower and upper ponds, which are very strong (up to 1000 m in some parts) in the territory of Kikinda. Marl and marl clay made series of pliocene in the oldest layers, whereas marl clay is often intertwined with layers of smal-grained sandy terrain. Series of sand, clay sand, soft sandy terrain and clay made pliocene in the middle and younger layers. (Aksin, 1957). We have stated that there is terciar through the sediments of miocene and pliocene in the research area. Pannonic sediments represent miocene, and drilling showed that these sediments are present in the city area of Kikinda. Their thickness is very small and it is up to 100m. Conglomerates, sandy terrains and white marl represent miocene. Sandy terrains and conglomerates represent oil and gas collectors in the area of Kikinda. Crystal slates of paleosoic origin and magmatic rocks of undefined geological age represent pretercial basis of expolerd area. Magmatic rocks in the base of terciar in the area of Kikinda are

represented with granites and they are less present than crystal slates. Drill showed there were no mesozoic sediment series in the basis of terciar in the area of Kikinda.

Depth (m)	Thickness (m)	Lithology - description	Lithology - column
0	2	Humic horizon	
	3	Clay	
		Sand	
45			
50	5	Clay	
		Sandy clay	
65			
100			
115			
125	10	Sand	
		Clay	
150	30		
155			
165	10	Sand	
		Clay	
179	14		
		Sand with sandy clay intercalations	
197	2	Loamy sand	
199			
	41	Medium sand	
		Clay?	

Figure 1. Litological profile of K1 rig.

Figure 2. Satellite image of Kikinda and position of reserach rig K1
Map 2. Position og K1 rig in comparison to control rigs I1, B1 and NK1

Collector zones of underground water made quartary series made of sand and gravel of different granulometric composition. Clay series represent isolators of these collector zones. The first hydrogeological system in thus area is made of subartesian and artesian groundwater zones which are abundant in water (Supplement 1). Similar hydrogeological systems were noticed in other parts of Vojvodina (Zermeski, 2002; Dolinaj, Ristanonic, 2008). There are no gases in this water, but there are small amount of minerals. This area stretches to the depth of 1500 m in the research zone (Udicki, 1985). Hydrogeological system in the area of Kikinda is extremely well developed ad abundant in water. It has dozens of sandy horizons of considerable collecting possibilities. (Supplement 1). The city uses this system for water supplying as well as for artesian wells.

Underground water below 1500m makes second hydrological zone. It consists of termomineral water in different forms of groundwater. The thickness of termomineral hydrogeological system is supposed to be 1000m. Oil and gas deposits in the city area are situated in the depths from 1200 and 2000m (Aksim, Milosavljevic, 1982).

Figure 3. One of 83 oil rigs in Kikinda.

Results and discussion

Citizens of Kikinda showed their concern when the first oil exploitation started in this area. They were concerned about safety of underground water as well as about health safety of city population which uses water from public utilities Vodovod. This research was done in order to analyze quality of water sample. Water analyses were done by accredited laboratory for research of city institute for public health, centre for hygiene and human ecology, and laboratory for human ecology and ecotoxicology in Belgrade. In May 2008 we took water samples from different locations from the wells of public utilities Vodovod. Primary samples were taken from well (K1) in Sumice area in Kikinda (supplement 2). In order to confirm obtained results from primary location we set three more locations in the city area. Results from these locations will prove if there is this type of pollution in broader area. Wells of the same public utility Vodovod, which use water from the same water horizon are situated in these locations, too. Their distance from primary location (K1) is approximately the same, whereas they are situated in the direction of west, south and east (map 2). The first control location is situated 15 km west from K1, drilled well (И1) in Idjos. The second control location is situated 20 km south from K1, drilled well (Б1) in Basaid. The third control location is situated 18 km east from K, drilled well (HK1) in Novi Kozarci. All drilled wells belong to plumbing system of Public Utilities Vodovod in Kikinda.

Table 1. Chemical analysis of water from Kikinda, Sumice location (K1).

	obtained value	method mark	MDK of drinking water
Total amount of oil and fat mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,1
Mineral oil mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,01
Polycyclic aromatic hydrocarbons (µg/l) - GC/MSD technique			
	obtained value	method mark	MDK of drinking water
PAU total	<0,01	HE DM 0005	0,2
Fluoroanten	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo 3, 4 - fluoroanten	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo 11, 12 - fluoroanten	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo 1, 12 - perilene	<0,01	HE DM 0005	0
Indeno (1,2,3 cd) pyrene	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo (a) pyren	<0,01	HE DM 0005	0
Aromatic hydrocarbons (µg/l) - GC/MSD Purge and trap technique			
	obtained value	method mark	MDK of drinking water
Benzol	<0,10	DM 0002	1
Etibenzol	<0,10	DM 0002	2
Xylol	<0,10	DM 0002	50
Stirol	<0,10	DM 0002	200
Toluol	<0,10	DM 0002	700

Research was started with the aim to analyze water quality in water series which supply citizens of Kikinda. Therefore, the most important location for sample analysis is in the western part of the city area. Drilled well used by Public Utility Vodovod Kikinda is situated in this area. It was marked as K1 in this research.

There were no aromatic hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons in the sample from the first location K1, well in Sumice in Kikinda (table 1). There were no oil, fat and mineral oils in the sample, too (table 1). There were no traces of oil pollution in the sample taken from this location.

Table 2. Chemical analysis of water from Idjos location (И1).

	obtained value	method mark	MDK of drinking water
Total amount of oil and fat mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,1
Mineral oil mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,01
Polycyclic aromatic hydrocarbons (µg/l) - GC/MSD technique			
	obtained value	method mark	MDK of drinking water
PAU total	<0,01	HE DM 0005	0,2
Fluoroanten	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo 3, 4 - fluoroanten	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo 11, 12 - fluoroanten	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo 1, 12 - perilene	<0,01	HE DM 0005	0
Indeno (1,2,3 cd) pyrene	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo (a) pyrene	<0,01	HE DM 0005	0
Aromatic hydrocarbons (µg/l) - GC/MSD Purge and trap technique			
	obtained value	method mark	MDK of drinking water
Benzol	<0,10	DM 0002	1
Etibenzol	<0,10	DM 0002	2
Xylol	<0,10	DM 0002	50
Stirol	<0,10	DM 0002	200
Toluol	<0,10	DM 0002	700

There were no aromatic hydrocarbons and polycyclic aromatic hydrocarbons, fats, oil and mineral oil in the sample analysis from first control location И1, Idjos (table 2).

There were no polycyclic aromatic hydrocarbons and aromatic hydrocarbons in the sample taken from the second control location Б1, drilled well in Basaid, as well as there were no traces of fat, oil and mineral oils (table 3).

Thus, there were no polycyclic aromatic hydrocarbons and aromatic hydrocarbons in the third control location HK1, drilled well in Novi Kozarci. (table 4), as well as their presence was not discovered in previous locations.

Sample analysis from location K1 (table 1) shows there is no pollution caused by oil and fat, mineral oils, polycyclic aromatic hydrocarbons and aromatic hydrocarbons. Sample analyses from control locations И1 (table 2), Б1 (table 3) and HK1 (table 4) show the same results. Therefore, it is confirmed there is no underground water oil pollution and fear for health protection of citizens of Kikinda is not justified. Thus, oil rigs in the area of city should cause no concern.

Table3. Chemical analysis of water from Basaid location (B1).

	obtained value	method mark	MDK of drinking water
Total amount of oil and fat mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,1
Mineral oil mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,01
Polycyclic aromatic hydrocarbons (µg/l) - GC/MSD technique			
	obtained value	method mark	MDK of drinking water
PAU total	<0,01	HE DM 0005	0,2
Fluoroanten	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo 3, 4 - fluoroanten	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo 11, 12 - fluoroanten	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo 1, 12 - perilene	<0,01	HE DM 0005	0
Indeno (1,2,3 cd) pyrene	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo (a) pyrene	<0,01	HE DM 0005	0
Aromatic hydrocarbons(µg/l) - GC/MSD Purge and trap technique			
	obtained value	method mark	MDK of drinking water
Benzol	<0,10	DM 0002	1
Etibenzol	<0,10	DM 0002	2
Xylol	<0,10	DM 0002	50
Stirol	<0,10	DM 0002	200
Toluol	<0,10	DM 0002	700

Table 4. Chemical analysis of water from Novi Kozarci location(HK1).

	obtained value	method mark	MDK of drinking water
Total amount of oil and fat mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,1
Mineral oil mg/l	<0,005	HE SM 0029	0,01
Polycyclic aromatic carboxydronates (µg/l) - GC/MSD technique			
	obtained value	method mark	MDK of drinking water
PAU total	<0,01	HE DM 0005	0,2
Fluoroanten	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo 3, 4 - fluoroanten	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo 11, 12 - fluoroanten	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo 1, 12 - perilene	<0,01	HE DM 0005	0
Indeno (1,2,3 cd) pyrene	<0,01	HE DM 0005	0
Benzo (a) pyrene	<0,01	HE DM 0005	0
Aromatic hydrocarbons (µg/l) - GC/MSD Purge and trap technique			
	obtained value	method mark	MDK of drinking water
Benzol	<0,10	DM 0002	1
Etibenzol	<0,10	DM 0002	2
Xylol	<0,10	DM 0002	50
Stirol	<0,10	DM 0002	200
Toluol	<0,10	DM 0002	700

Conclusion

Fast development of industry as well as general development of contemporary society endanger environment as well as the quality of life of city population. Numerous cities, as well as Kikinda, have been influenced by this process. Numerous oil rigs in cities confirm this fact. These industrial capacities negatively influence quality of life of city population and endanger environment. Safety measures that were taken while these capacities were built, as well as further safety measures protected underground water from possible oil pollution, which is proved by obtained results. Statements of citizens that there is pollution were not confirmed by this research. Sample analysis proves there is no fat, oil and mineral oils, polycyclic aromatic hydrocarbons and aromatic hydrocarbons pollution (tables 1,2,3,4). Thus, oil pollution was not stated. However, there is one type of pollution which was not discussed in this paper. Industrial capacities in cities cause visual pollution (supplement 3) which causes dissatisfaction of citizens of Kikinda.

NOTE

The authors want to express their gratitude to public utility service Vodovod in Kikinda, City Institute for Public Health in Kikinda, Hygiene and Human Ecology centre, Human Ecology and Ecotoxicology Laboratory in Belgrade, as well as to dr Stevan Savic (Climatology and Hydrology Research Centre, Faculty of Natural Sciences, Novi Sad), mr Mladjen Jovanovic (Department of Geography, Tourism and hotel management, Faculty of Natural Sciences, Novi Sad) and dr Srdjan Roncevic (Department of Chemistry, Faculty of Natural Sciences, Novi Sad) for their professional help.

References

See References on page 82