

## **Влияние на земеползването върху съдържанието на нитрати в подземните води**

**Цецка Симеонова\***, Димитранка Стойчева, Милена Керчева

*ИПАЗР “Никола Пушкиarov” - София*

*E-mail\*: ceccka\_simeonova@abv.bg*

### **Абстракт**

Проучено е влиянието на различни начини на земеползване върху съдържанието на нитрати в подземните води в три региона на страната - с. Средец (Стара Загора), с. Цалапица (Пловдив) и село Лозен (София) през периода от 2005-2007 и 2015 година. Установено е, че интензивното земеделие (обработки на почвата, торене, отглеждане на зеленчукови култури, напояване, внасяне на хербициди и т.н.), оказва влияние върху химичния състав на плитките подземни води. Констатирано е, че съдържанието на нитрати е около пределно допустимата концентрация ПДК за питейна вода - 50 mg.l<sup>-1</sup>, като се наблюдават по-високи стойности, главно през пролетта и лятото на целия изследван период. При почви с лек механичен състав (Fluvisol), могат да се създадат условия за по-голяма миграция на химичните елементи и минерален азот по почвения профил, както и обогатяване на подпочвените води с нитрати.

**Ключови думи:** интензивно земеделие, уязвими зони, нитрати, филтриране

## **Impact of land use on the content of nitrates in groundwater**

**Tsetska Simeonova, Dimitranka Stoicheva, Milena Kercheva**

*N. Poushkarov, ISSAPP - Sofia*

### **Abstract**

The influence of different land use on the content of nitrates in groundwater in the three regions of the country Sredets village (near city of Stara Zagora), Tsalapitsa village (near city of Plovdiv) and Lozen village (near city of Sofia) during the period of 2005-2007 and 2015 year was studied. It was found that intensive agriculture (soil cultivation, fertilization, intensive crops growing, irrigation, application of herbicides, etc.) has influence on the chemical composition of shallow groundwater. It was found that the nitrate content is around Maximum Permissible Concentration Level (MPCL) for drinking water - 50 mg.l<sup>-1</sup> as the higher concentrations were observed mainly during the spring and summer of the whole studied period. The Fluvisol with slight soil texture is a precondition for increased migration of chemical elements and mineral nitrogen in soil profile and nitrate enrichment of groundwater.

**Key words:** intensive agriculture , vulnerable areas, nitrates leaching

Замърсяването на подземните води с нитрати е проблем с огромно значение не само в световен мащаб, но и у нас особено като се има предвид факта, че в нашата страна подземните води са източници на повече от 75% от използваните питейните води. Много изследователи са описали съществената връзка между антропогенното натоварване на почвата, дължащо се на земеделските практики и качеството на повърхностните и подземните води. (Addiscott et al., 1991; Lockhart et al., 2013; Стойчев и др., 1990; Stoichev et al., 1998; Wallis et al., 2011; Wang et al., 2013). Внасянето на значително количество азот и други биогенни елементи води до натрупването на остатъчен минерален азот в почвения профил след отглеждане на земеделски култури. Миграцията му извън зоната на активна коренова дейност е сигнал за създаване на необходимите предпоставки за предвижването му по целия геоложки профил и обогатяване с нитрати на подземните води. Проведените изследвания показват, че загубите на азот от земеделието може да бъде намалено значително, чрез прилагане на екологосъобразни технологии и вземане на мерки за тяхното стриктно прилагане в практиката (Barros et al., 2012; Dalgaard et al 2006; Nevens et al., 2005; Oborn et al., 2003). Такива стратегии и мерки са залегнали в Нитратната директива, приета от страните членки на ЕС през 1991 г.

Целта на проучването е на ниво конкретен водосбор да се изследва влиянието на различни начини на земеползване (обработваема земя и постоянно затревени площи), така също и смесени урбанизирани територии (в населени места) върху съдържанието на нитрати в подземните води.

## Материали и методи

Изследването е проведено през периода 2005-2007 г., в три района на страната (Старозагорско, Пловдивско и Софийско), като мониторингът е повторен 10 години по-късно - 2015 година. Обследваните кладенци са разделени на две големи групи: 1 – кладенци, разположени под смесени урбанизирани територии (СУТ) и

2– кладенци, разположени под обработваеми земи (ОЗ) и постоянно затревени площи (ПЗП). Най-много са обследваните кладенци, разположени под тези два типа земеползване. Обозначенията на съответното земеползване са съобразени с единната класификация на типовете земеползвания, използвана в нашата страна, а така също и при идентифициране на уязвимите към нитрати зони. За контрола са използвани водите от централното водоснабдяване на съответните населени места. Водните проби от обследваните кладенци са вземани два пъти годишно (пролет и есен), съгласно нормативните документи (Д.В., бр.27/11 март 2008). Водите са анализирани за съдържание на нитрати (Methods of soil analysis, 1982). При оценка на получените аналитични данни за  $\text{NO}_3^-$  във водите са използвани стандартите за качеството на питейни води за нашата страна (БДС 2823-83), а така също и стандарта за качеството на питейните води съгласно Директива 98/83/ЕО.

## Резултати и обсъждане

### Моделен водосбор - с. Среден, Старозагорско

Най-разпространеният почвен тип в района на този моделен водосбор са излужените смолници (Pelic Vertisol). Тези почви имат тежко пясъчливо глинест механичен състав, много висока водозадържаща способност и слаба хидравлична проводимост. Много автори (Матева и др, 1982; Стойчев и др, 1983) отбелязват липсата на директна хидравлична връзка и натрупване на подземните води в района на смолниците под формата на изолирани петна, както и слабия водообмен между водоносните хоризонти. Както е показано на карта № 1, в района на смолниците е установено доста високо съдържание на нитрати в подземните води. Това е свързано с дълбокото напукване на тези почви при засушаване, при което нитратите попадат в подземните води чрез финните почвени частици от повърхностния хоризонт, запълващи пукнатините преди насищане на почвата до ППВ, т.е. преди затваряне на грубите пори и

пукнатини. Като предпоставка за замърсяване на подземните води с нитрати може да бъдат изтъкнати и особеностите на релефа в района на смолниците. Микроронженията, чрез които по естествен път се събира повърхностния отток от обработваемите земи, скъсяват силно разстоянието между орния хоризонт и подземните води. В тези микроронжения, подземните води излизат близо до повърхността или се изливат на нея, като в много случаи там са и кладенците за питейни води и каптираните извори. Липсата на хидравлична връзка между отделните водоносни хоризонти може да се приеме и като предимство и като недостатък. От една страна, това е предпоставка да няма директна връзка между антропогенното натоварване и замърсяването с нитрати, а от друга – възможността за опресняване на подземните води чрез приток на пресни води е ограничена. Това налага специфичен подход при оценка на замърсяването на водите в този район в зависимост от конкретните условия на земеползване, хидрогеоложката характеристика на терена и баланса на водата в района на дадения водоизточник.

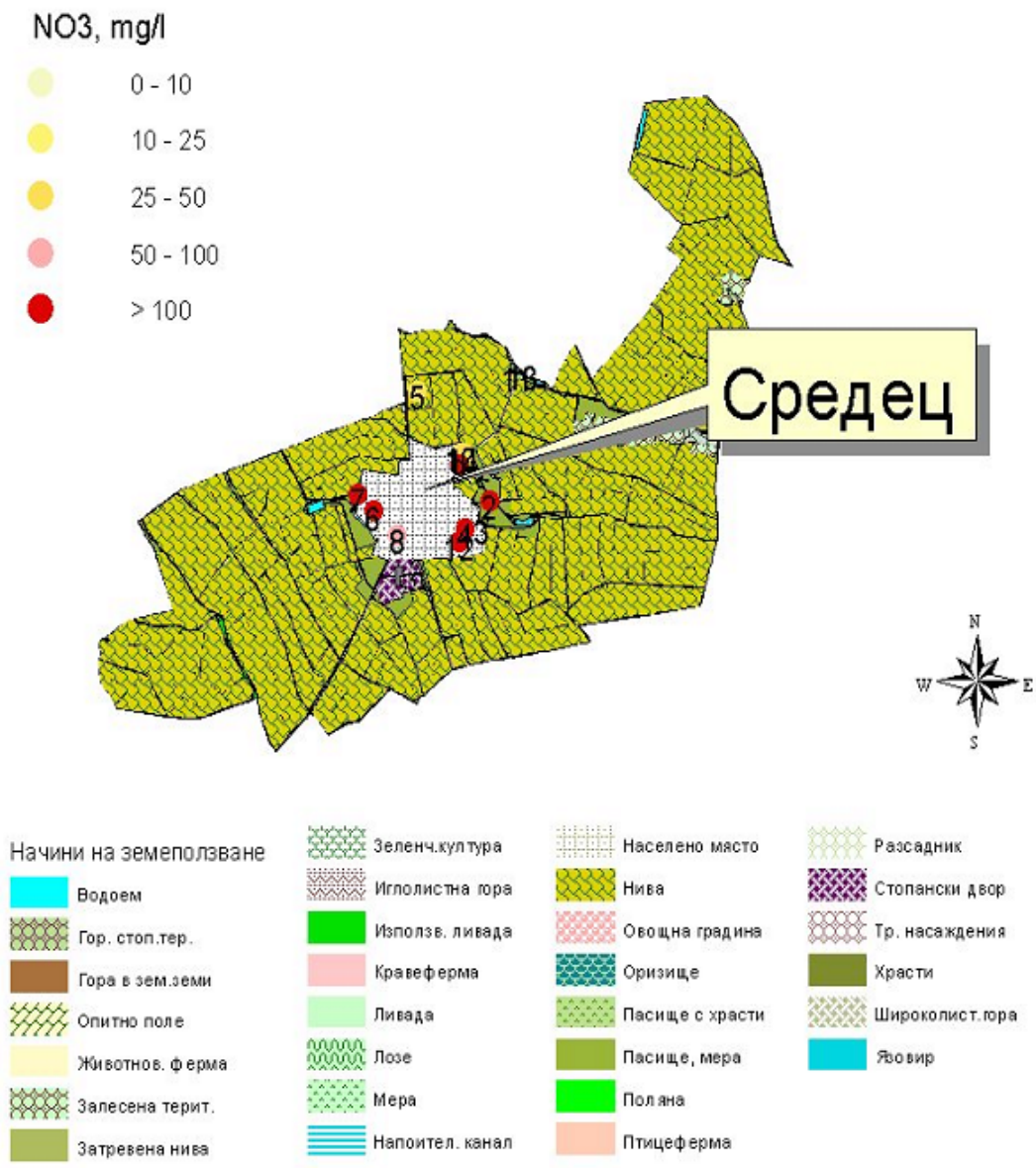
Специфичните особености на почвата, хидрогеоложките характеристики на терените и начина на захранване на водоносните хоризонти правят интерпретацията на данните за нитрати в отделните кладенци доста трудна, тъй като не е възможно директното обвързване на начините на земеползване, в прилежащите територии, с концентрациите на нитрати в конкретните кладенци. По първата профилна линия в района на с. Средец (карта 1 – смесени урбанизирани територии), съдържанието на нитрати превишава пределно-допустимата концентрация (ПДК –  $50 \text{ mg.l}^{-1}$ ) в почти всички наблюдавани кладенци и варира между 32 и  $342 \text{ mg.l}^{-1}$ . Най-ниско е съдържанието на нитрати в най-плиткия кладенец разположен най-високо близо до вододела –  $32 \text{ mg.l}^{-1}$ .

При двата каптажа (карта 1 – обработваема земя и постоянно затревени площи), съдържанието на нитрати също е доста високо ( $112$  и  $400 \text{ mg.l}^{-1}$ ), което може да се обясни с геоморфоложките и хидрогеоложките особености на терена и по-

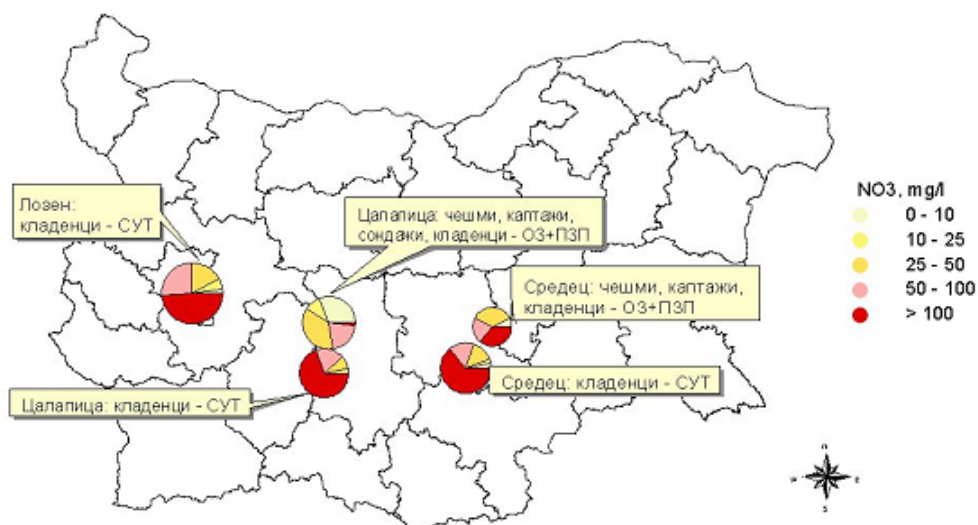
конкретно с разположението на водоносните хоризонти и захранващите територии. . Възможно е, те да са разположени близо до повърхността и да са повлияни от земеделски източници на замърсяване. Питейната вода от централното водоснабдяване се характеризира със съдържание на нитрати под ПДК ( $50 \text{ mg.l}^{-1}$ ). Съгласно обобщените данни 36% от водоизточниците, разположени под ОЗ и ПЗП съдържат нитрати над  $100 \text{ mg.l}^{-1}$  (картосхема 2), а за урбанизираните територии този процент е 65%. Кладенците, чешмите и каптажите в землището на с. Средец със съдържание на нитрати под ПДК за питейни води съставляват 43%, докато тези, в рамките на населеното място – 20%.

### **Моделен водосбор - с. Цалапица, Пловдивско**

Най-разпространеният почвен тип в района на моделния водосбор с. Цалапица, Пловдивско са алувиално-ливадните почви (Eutric Fluvisol). При този почвен тип е от изключителна важност да се обръща особено внимание върху начина на земеползване и интензивността на натоварване с органични и минерални торове. Тези почви се характеризират с плитък почвен и геоложки профил, слаба водозадържаща способност, висок водообмен между пластовете и плитки подземни води (2,5–4,5 m) от първия водоносен хоризонт. Съвкупността от редица фактори (климатични, икономически и др.), определя тези почви като много подходящи за интензивно земеделие, поради което са обект на повишено натоварване с органични и минерални торове. Териториите с този почвен тип се определят като най-рискови за замърсяване на подземните води с нитрати и е задължителен контрола и приложението на правилата за добри земеделски практики, които регулират освен употребата на органични и минерални торове на такива терени и задължават спазването на определени правила за съхранение на оборски тор, управление на хранителните вещества и други мерки, които целят максимално включване на азота в биологичния кръговрат на веществата с цел предпазване от замърсяване.

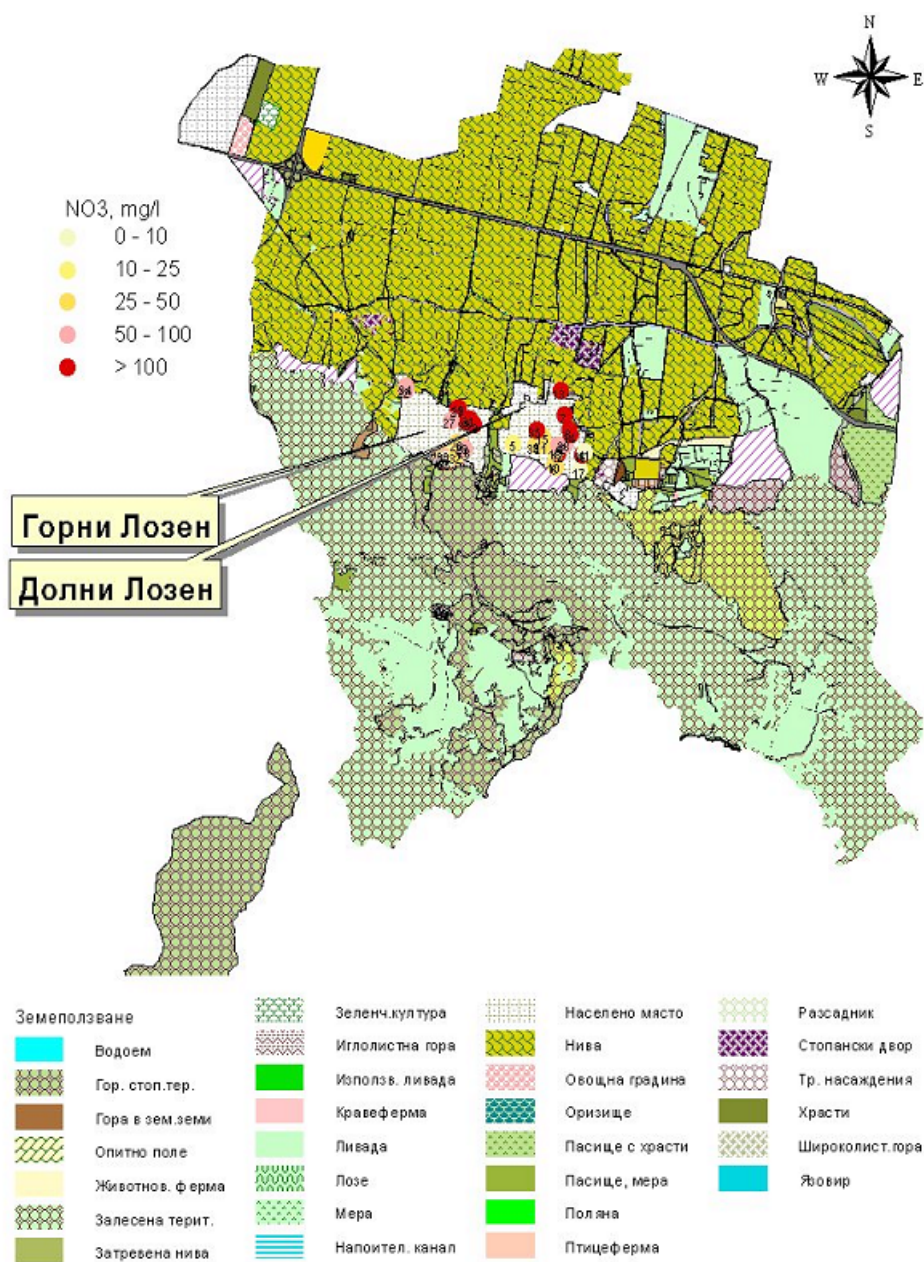


**Карта 1.** Начини на земеползване и средно съдържание на нитрати в подземните води за периода 2005-2007, Средец, Старозагорско  
**Map 1.** Types of land use and average content of nitrates in groundwater for 2005-2007, Sredets village , (near city of Stara Zagora )



**Картохема 2.** Разпределение (%) на съдържанието на нитрати в подземните води при различни земеползвания: СУТ – смесено земеползване в урбанизирани територии; ОЗ – обработваеми земи; ПЗП – постоянно затревени площи за периода 2005-2007 г.

**Schematic map 2.** Distribution (%) of the nitrate content in groundwater under different land uses: mixed land use in urban areas; arable land; permanent grassland in 2005-2007 period



**Карта 3.** Начини на земеползване и средно съдържание на нитрати в подземните води за периода 2005-2007, Лозен, Софийско

**Map.3.** Types of land use and average content of nitrates in groundwater for 2005-2007, Lozen village (near city of Sofia)

На картосхема 2 (ОЗ+ПЗП - обработваема земя и постоянно затревени площи) са представени данни за съдържанието на нитрати в наблюдаваните кладенци, чешми, каптажи, сондажи и извори в моделния водосбор на река Потока в района на с. Цалапица. Кладенците са подредени по профилната линия, съгласно тяхната надморска височина. Съдържанието на нитрати в кладенците под ОЗ и ПЗП са под ПДК ( $50 \text{ mg.l}^{-1}$ ) за питейни води, независимо от това, че периода на пробонабирането съвпада с втория годишен максимум на валежите в района, когато се създават условия за по-интензивна миграция на азота по почвения профил и данните за концентрациите на нитрати могат да отразяват азотното натоварване от предишни вегетационни периоди, както показват поранните изследвания на Стойчев и съавтори (1982), Колева (2002) и други. Наблюдаваните кладенци, разположени в смесени урбанизирани територии, т. е. прилежащата територия около тях е в непосредствена близост до местата, където се съхранява оборски тор на неизолирано от почвата тороохранилище, което е открито и представлява точков източник на замърсяване.

Концентрациите на нитрати във водите от кладенците под СУТ са по-високи в по-плитките кладенци (картосхема 2) и тези, които се намират най-ниско по хидравличния наклон (най-близо до ерозионния базис). Като цяло, при тези кладенци може да се осъществява директна хидравлична връзка между постъпващите количества вода от валежите и прилаганите поливки. Необходимо е да се отбележи, че във всички кладенци от първия водоносен хоризонт (с дълбочина между 1,5 и 4,6 m) концентрациите на нитрати са над ПДК -  $50 \text{ mg.l}^{-1}$  (БДС-2328) и варират между 67 и  $324 \text{ mg.l}^{-1}$ . Изключение прави само един кладенец, който е с концентрация близка до ПДК ( $47 \text{ mg.l}^{-1}$ ). Безспорно, интензивното зеленчукопроизводство в комбинация с открито торосъхраняване са от начините на земеползване, които увеличават многократно риска от замърсяване с нитрати при тази почва. Високото съдържание на нитрати в кладенците, разположени в смесени

урбанизирани територии в района на Цалапица се дължи главно на интензивно използване на прилежащите територии за зеленчукопроизводство, т.е. прилагане на голямо количество азотни торове на малка територия. Питейните води от водопровода в района са с ниско съдържание на нитрати ( $22 \text{ mg.l}^{-1}$ ). Ниско съдържание на нитрати е установено и при дълбоките кладенци от втория и третия водоносни хоризонти, които слабо или почти не се повлияват от начините на земеползване, и те се движат между  $5,5$  и  $32 \text{ mg.l}^{-1}$ . Повърхностните води (р. Марица и р.Потока) също са с ниско съдържание на нитрати, съответно  $15$  и  $28 \text{ mg.l}^{-1}$ .

Диаграмата на картосхема 2, показва, че голям процент от кладенците от първия водоносен хоризонт съдържат нитрати над ПДК- $50 \text{ mg.l}^{-1}$ . Само в 23% от наблюдаваните кладенци са отчетени по-ниски концентрации на нитрати в откритите водоеми и каптажи в по-крайните райони на водосбора отнесени към ОЗ и ПЗП. В 70% от обследваните водоизточници, разположени под смесени урбанизирани територии (населено място) са определени нитрати над  $100 \text{ mg.l}^{-1}$ . От получените данни за концентрацията на нитрати в подземните води през 2015 г., се установява, че стойностите им варират в много широки граници от  $3,1 \text{ mg.l}^{-1}$  в ОЗ до  $206,50 \text{ mg.l}^{-1}$  в населеното място. Установени са също по-високи концентрации на нитрати в плитките кладенци под ПЗП -  $143 \text{ mg.l}^{-1}$ . Ниско е съдържанието на нитрати във водите на р.Потока и р.Марица-  $19,8 \text{ mg.l}^{-1}$ , както и на питейните води –  $11,10 \text{ mg.l}^{-1}$ . Процентното разпределение на нитратите в кладенците през 2015 г. по групи е следното: от  $0-10 \text{ mg.l}^{-1}$  попадат 13% от пробите, от  $10$  до  $25 \text{ mg.l}^{-1}$  са 23%, а между  $25$  и  $50 \text{ mg.l}^{-1}$  са 19% от кладенците. Над  $50 \text{ mg.l}^{-1}$ , но под  $100 \text{ mg.l}^{-1}$  са девет кладенеца, което съответства на 29 % от водните проби и при 5 кладенеца нитратите са над  $100 \text{ mg.l}^{-1}$ . От получените резултати се констатира, че съдържанието и разпределението на нитрати през двата периода на наблюдение е сходно.

### **Моделен водосбор - с. Лозен, Софийско**

Излужената смолницоподобна канелена горска (Chromic Luvisol), каквато е изследваната в района на моделния водосбор на с. Лозен спада към тежките по-механичен състав почви, съдържаща частици  $< 0,01 \text{ mm}$  – 66,10% средно за слоя 0-90 cm. По-отношение на водно-физичните си свойства, тя не се отличава съществено от смолниците, разпространени в района на с. Средец. Въпреки по-ниската си водозадържаща способност, хидравличната проводимост на излужената смолницоподобна канелена горска почва се определя като ниска и при тази почва, както и при смолницата не се наблюдава директна хидравлична връзка между водоносните пластове. Определящо влияние за замърсяването на подземните води в района имат релефа и хидрогеоложките особености на терените, които определят териториите на захранване на водоносните хоризонти.

На карта 3 са представени начините на земеползване и съдържанието на нитрати в кладенците и смесените урбанизирани територии СУТ по двете профилни линии в района на селата Долни и Горни Лозен, подредени в низходящ ред от вододела до най-ниската точка във водосбора. Както се вижда от карта 3, в горната част на профилната линия съдържанието на нитрати в подземните води е близко до пределно допустимите концентрации (10 до  $93 \text{ mg.l}^{-1}$ ) за питейни води, по-надолу по профилната линия, обаче, съдържанието на нитрати силно нараства и в почти всички кладенци надвишава ПДК - $50 \text{ mg.l}^{-1}$  (изключение прави само един кладенец). По-плитките кладенци (карта 3), като правило, имат по-високо съдържание на нитратен азот.

Най-високо съдържание на нитрати ( $436 \text{ mg.l}^{-1}$ ) е установено в кладенец, чиито прилежащи територии се използват за интензивно отглеждане на зеленчуци, а преди 20 години са отглеждани голям брой животни (над 100 броя овце), което по-всяка вероятност е дало отражение върху качеството на водата в наблюдавания кладенец. Натрупаните количества остатъчен азот в почвата, ще продължат да играят роля на точков източник на нитрати в подземните води, тъй

като предвижването по почвения профил става много бавно, поради горепосочените почвени характеристики. Прилежащите територии на всички кладенци, при които е установено съдържание на нитрати над  $250 \text{ mg.l}^{-1}$ , се използват за интензивно зеленчукопроизводство и се отглеждат или са отглеждани в миналото животни. Неправомерното съхранение на оборския тор, също е сред причините за замърсяване на подземните води с нитрати.

По втората профилна линия отчетените концентрации на нитрати в подземните води се отличават с по-ниски абсолютни стойности. Отново в по-високата част на профилната линия (близо до вододела) съдържанието на нитрати е по-ниско. Най-високи концентрации за тази профилна линия са установени в най-плитките кладенци 266 и  $229 \text{ mg.l}^{-1}$ . И в двата случая, прилежащите територии се използват за интензивно зеленчукопроизводство.

Обобщените данни за 2005-2007 г., за кладенците от първата и втората профилни линии показват, че 48% от тях съдържат нитрати във водите над  $100 \text{ mg.l}^{-1}$ , а в 26% - съдържанието на  $\text{NO}_3^-$  е малко над ПДК за питейни води и в останалите 26% под пределно-допустимата концентрация (картосхема 2).

От получените данни за концентрацията на нитрати през 2015 г., в подземните води е установено, че стойностите им варират в много широки граници от 0 до  $286,0 \text{ mg.l}^{-1}$ . Процентното разпределение на нитратите по групи е следното, от  $0-10 \text{ mg.l}^{-1}$  попадат 17% от обследваните кладенци в рамките на водосбора на с. Лозен, от 10 до  $25 \text{ mg.l}^{-1}$  са 6%, а между 25 и  $50 \text{ mg.l}^{-1}$  са 11% от кладенците. Над  $50 \text{ mg.l}^{-1}$ , но под  $100 \text{ mg.l}^{-1}$  са седем кладенеца, което съответства на 20% от обследваните водни проби и при 16 кладенеца нитратите са над  $100 \text{ mg.l}^{-1}$ . От данните се установява, че при 66% от кладенците съдържанието на нитрати превишава ПДК от  $50 \text{ mg.l}^{-1}$ , при което се констатира леко увеличение в сравнение с предишния период на мониторинг.



## Заклучение

От направените разсъждения може да се направи заключение, че начините на земеползване и различната степен на антропогенно натоварване на прилежащите територии, оказват чувствително влияние върху съдържанието на нитрати в подземните води. Механизмите на постъпване на нитратите в подземните води са различни и се определят главно от различни фактори: почвени (почвения тип, структура, механичен състав, водно-физични свойства, които определят от своя страна скоростта на предвижване на водата по почвения профил), климатични (количествата на постъпващата вода, валежи и поливки), релеф и начини на земеползване (към тази група от фактори се отнасят хидрогеоложките особености на терените, които определят движението на водата във водоносните пластове, териториите от които става захранването на водоносните хоризонти т.нар. зони на подхранване). Голяма роля има и управлението на териториите над зоните на подхранване – употребата на органични и минерални торове, съхранението на органични торове и остатъци и други.

Най-уязвими към нитратно замърсяване са подземните води в територии, при които има съчетание на някои от горепосочените фактори – леки по механичен състав почви, промивен воден режим, плитко заложи водоносни хоризонти, интензивно земеделие (в повечето случаи зеленчукопроизводство, което е свързано и с интензивно поливане и употреба на органични и минерални торове, както и отглеждане на животни (на малка територия). Прилагането на правилата за добри земеделски практики, утвърдени с нормативни документи за нашата страна, в тези територии е задължително.

## Литература

Addiscott, T. M., A. P. Whitmore, D. S. Powlson. 1991. Farming, Fertiliser and the Nitrate Problem, *CAB International*. Wallingford, UK, p. 176.

Barros R., Isidoro, D., Araguls, R., 2012. Irrigation management nitrogen fertilization and nitrogen losses in the return flows of la Violada irrigation district (Spain), *Agriculture, Ecosystems & Environment* 155: 161-171

BDS N 2823-83, Drinking Water, State Agency for Standardization and Meteorology, Ministry of environment, Sofia., 1983 (BG)

Council Directive 98/83/EC on the quality of water intended for human consumption, OB L330, 5.12.1998.

Dalgaard, T., C. D. Borgesen, J. F. Hansen, N. J. Hutchings, U. Jorgensen, A. Kyllingbaek, 2006. How to halve N losses, improve N efficiencies and maintain yields, The Danish Case, *Plantekongres* 2006. 96.1.

Koleva, V., 2002. Critical loadings for nitrogen at alluvial meadow soil, Ph.D. Thesis, Sofia pp. 40 (BG)

Lockhart, K., A. K. King, T. Harter. 2013. Identifying sources of groundwater nitrate contamination in a large alluvial groundwater basin with highly diversified intensive agricultural production. *Journal of Contaminant Hydrology*, 151: 140-154

Mateva, Hr., D. Stoichev, P. Ahchiyski, 1982. Studing of nitrogen movement under intensive agriculture at different soils, In : Symposium Der Technische Ferschritt in der Wasserversorgung und in der Wasseraufbereittun, Band 1, Varna, pp. 28-40

Methods of Soil Analysis, 1982. Part 2. Chemical and microbiological properties, II edition, Eds. A.L.Page, R.H.Miller, D.R.Keeney, *ASA and SSSA*, Madison, Wisconsin, USA, p. 1159.

Nevens, F., I. Verbuggen, D. Reheul, G. Hofman, 2005. Farm gate nitrogen surpluses and nitrogen use efficiency of specialized dairy farms in Flanders: Evolution and future goals, *Agricultural systems*, 82: 142-155

Nitrate Directive 1991/676/EEC 1991 on nitrates from agricultural sources

Oborn, I., A. C. Edwards, E. Witter, O. Oenema, K. Ivanson, P. J. A. Withers, S. I. Nilson & A. R. Stinzing, 2003. Element balances as a tool for sustainable nutrient management: a critical appraisal of their merits and limitation within an agronomic and environmental context, *European Journal of Agronomy*, 20: 211-225

Regulation №2 of 13.09.2007 on protection of waters from pollution by nitrates from agricultural sources, DV, issue. 27, 11:03. 2008

Stoichev, D., 1982. Entrance of nitrogen, phosphorus and potassium in rainfall in different regions of Bulgaria, In: Third National Conference on Soil Science, pp.95-97

Stoichev, D., D. Stoicheva, Hr. Mateva, P. Ahchiyski, 1983. Distribution of nitrates in the profile of a leached smolnitsa and their relationship to underground water, *Pochvoznanie i agrohimiya*, 5: 25-28 (BG)

Stoichev, D., A. Kitipov., I. Atanasov, 1990. The mineral nitrogen in agriculture as a potential source of nitrate contamination, *Pochvoznanie i agrohimiya*, 4: 23-40 (BG)

**Stoicnev, D., D. Stoicheva, M. Kercheva, 1998.** Impact of Land Use on Groundwater Quality on Watershed Level, 1. Nitrate-nitrogen Contamination. – *J. of Balkan Ecology*, 1 (2): 98-103. (BG)

**Wallis K., Candela, J.L., Mateos, R.M., Tamohp, K., 2011.** Simulation of nitrate leaching under potato crops in a Mediterranean area. Influence of frost prevention irrigation on nitrogen transport, *Agricultural Water Management* 98: 1629–1640

**Wang B., Liu, W., Xue, Q., Dang, T., Gao, C., Chen, J., Zhang, B., 2013.** Soil water cycle and crop water use efficiency after long-term nitrogen fertilization in Loess Plateau. *Plant, Soil and Environment* 59: 1-7

WRBSR (FAO, 1998) – World reference base for soil resources