

**OSJETLJIVOST TLA NA PROPUŠTANJE ONEČIŠĆIVAČA  
I RANJIVOST PODZEMNE VODE NA ONEČIŠĆENJE  
U NIZINSKOM PODRUČJU MEĐIMURSKE ŽUPANIJE**

**SENSITIVITY OF SOIL TO LEACHING OF POLLUTANTS  
AND VULNERABILITY OF GROUND WATER TO POLLUTION  
IN THE LOWLAND OF MEĐIMURJE COUNTY**

**Ž. Vidaček**

**SAŽETAK**

U ovom radu o osjetljivosti tla na propuštanje onečišćivača i ranjivosti podzemne vode na onečišćenje s površine tla, korišten je dio rezultata petogodišnjih istraživanja nizinskog područja Međimurske županije, Vidaček i sur. 2008. U donjem dijelu Međimurja ima najviše obradivih površina. S agroekološkog gledišta, to su površine potencijalno visokog stupnja onečišćenja agrokemikalijama. Kvartarne sedimente pokrivaju automorfna i hidromorfna tla različite teksture, strukture i propusnosti za vodu. Vodonosni horizont nizinskog područja županije se sastoji od dobro granuliranog šljunka s različitim postotkom pijeska. Od ukupno 42.893,5 hektara poljoprivrednog zemljišta, nalazimo sljedeće klase osjetljivosti tla na potencijalno propuštanje onečišćivača u podzemnu vodu: tla II. klase slabe osjetljivosti 1.496,5 ha, tla III. klase umjerene osjetljivosti 6.157,6 ha i tla IV. klase jake osjetljivosti 20.311,9 hektara. Vidi kartu u prilogu na kraju teksta. Najplići otvoreni vodonosni horizont je u nizinskom području županije jako ranjiv na onečišćenje s površine tla. Godišnje izmjerene količine procijeđene vode iz lizimetara, sa ili bez onečišćivača u pet godišnjem razdoblju, variraju od 75,8-281,5 mm. Količine ispranog mineralnog dušika su najveće u natapanju nasada jabuka 13,5 do 47,7 kg N/ha. Pri uzgoju ratarskih kultura, dominantno kukuruza, te vrijednosti variraju u vrlo širokom rasponu od 7,2 kg N/ha do 30,5 kg N/ha.

Ključne riječi: tlo, podzemna voda, onečišćenje, mineralni dušik, lizimetri

## ABSTRACT

This work on soil sensitivity to leaching of pollutants and groundwater vulnerability to pollution is a part of a five-year research on the lowland area of Međimurje County by Vidaček at all. 2008. In the lower part of Međimurje most of the land is arable. From the agroecological point of view, these are areas of potentially high degree of pollution by agrochemicals. Aquifers are covered by automorphic and hydromorphic soils of different texture and water permeability. The aquifer horizon consists of well-grained gravel with different percentage of sand. Of the total area of gross 42,893.5 hectares, we have the following soil sensitivity classes to potentially contaminate groundwater: soil of II. classes of weak sensitivity 1,496.5 ha, soil of III. moderate sensitivity classes, 6,157,6 ha and soil of IV. high sensitivity class, 20,311.9 hectares. See a map at the end of the text. The shallowest open water horizon in the lowland area of the county is highly vulnerable to pollution from the surface of the soil. Annual measured quantities of leached water from lysimeter in the five year period vary from 75.8 to 281.5 mm. Quantities of leached mineral nitrogen are the highest in apple plantation 13.5 to 47.7 kg N / ha. When cultivating field crops, predominantly corn, these values vary in a very wide range of 7.2 kg N / ha to 30.5 kg N / ha.

Key words: soil, groundwater, pollution, mineral nitrogen, lysimeters

## UVOD

Problemi zaštite okoliša, uključujući i akvatične ekosustave, intenzivnije se rješavaju zadnjih 35 godina. Aktivnosti su vezane uz Nitratnu direktivu 1991., Helsinšku konvenciju o zaštiti i uporabi prekograničnih vodotokova i međunarodnih jezera 1992., Konvenciju i nacionalni program ublažavanja posljedica suše i suzbijanja degradacije zemljišta 1994-2001., Konvenciju o korištenju voda rijeke Dunava 1997., Direktivu Europskog parlamenta i Vijeća o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće, koja posebno uključuje kriterije za procjenu dobrog kemijskog stanja podzemnih voda 2003-2006.

U ovom radu objavljen je dio rezultata petogodišnjih istraživanja osjetljivosti tla na propuštanje onečišćivača i ranjivosti podzemne vode na onečišćenje, Vidaček i sur. (2008.).

## 1. Osjetljivost tla na propuštanje onečišćivača i ranjivost podzemne vode na onečišćenje

### 1.1. Poljoprivredno zemljište i struktura biljne proizvodnje

Prema podacima Državne geodetske uprave i područnog ureda za katastar Čakovec, u donjem dijelu Međimurja ima najviše 11.182,16 ha oranica (69,88%), voćnjaka 552,52 ha (3,45%), livada 3.720,89 ha (23,25%), pašnjaka 523,10 ha (3,27%) i vinograda 22,25 ha (0,15%). Najveće su površine oranica s kukuruzom 6.712,49 (60,03%) i ozimom pšenicom 2.046,33 (18,30%), tablica 1. S agroekološkog gledišta, uključujući 552,52 ha voćnjaka, to su poljoprivredne površine s potencijalno visokim stupnjem onečišćenja agrokemikalijama i mogućnošću onečišćenja podzemnih voda.

**Tablica 1. Struktura biljne proizvodnje na oranicama**

**Table 1 Structure of plant production on arable land**

Kultura-Culture	Hektari+ %
Ozima pšenica-Winter wheat	2.046,33 18,30
Kukuruz-Corn	6.712,49 60,03
Ostale žitarice-Other cereals	745,85 6,67
Šećerna repa- suger beet	218,05 1,95
Uljana repica-Oil rape	249,00 2,23
Krumpir -Potato	627,70 5,61
Uljne tikve- Oil pumpkins	276,64 2,47
Povrće-Vegetable	306,07 2,74
UKUPNO-Total	11.182,16 100,00

Izvor: Milorad Šubić-vlastita procjena prema prijavi šteta - suše u 2007.;

Source: Milorad Šubić's own estimation of damage claims - drought in 2007.

### 1.2. Geološko-hidrogeološki uvjeti

U nizinskom području Međimurske županije prisutni su kvartarni sedimenti. Na površini dominiraju pijesci s primjesom gline u izmjeni s pjeskovitim šljunkom ili u pedološkom izričaju to su ilovasti pijesak, ilovasta glina, praškasta ilovača, praškasto glinasta ilovača sa ili bez skeleta, različite uslojenosti, u prosjeku 0,5-3,0 m debljine iznad vodonosnog horizonta 70-150 m debljine.

Vodonosni horizont se sastoji od dobro granuliranog šljunka s različitim postotkom pijeska. Najplići vodonosni horizont je dobre izdašnosti i prosječne vrijednosti hidrauličke provodljivosti  $7,1 \times 10^{-1}$  cm/s.

### 1.3. Zastupljenost tala i načini vlaženja tla

Poljoprivredno zemljište u nizinskom području nalazi se pretežno na automorfnim tlima s vlaženjem samo oborinama i hidromorfnim tlima s viškom površinske ili/i podzemne vode<sup>1</sup> unutar referentne dubine 2,0 metra. Manje su površine hidromelioriranih hidromorfnih tala drenažom s normom odvodnje oko 0,5 metara, te automorfnih i hidromorfnih tala s promijenjenim vodnim režimom u području utjecaja hidroelektrana Čakovec i Dubrava.

Automorfna tla poljoprivrednog zemljišta, uključuju:

- rendzinu i ranker na pijesku i/ili šljunku i lesivirana na pijesku, vlaženje vrlo brzo procjednom oborinskom vodom<sup>2</sup>,  $K > 4,8$  m/dan
- smeđa kisela i eutrična tla na šljunku, lesu i pijesku, ilovasta, praškasto glinasto ilovasta, mjestimično skeletoidna, te aluvijalna neoglejena i neplavljena tla na pijesku i šljunku pjeskovito ilovasta i ilovasta, vlaženje brzo procjednom oborinskom vodom  $K > 1,4-4,8$  m/dan

Hidromorfna tla poljoprivrednog zemljišta, uključuju:

- aluvijalno oglejena tla povremeno plavljena na pijesku i šljunku, pjeskovito ilovasta, ilovasta, vlaženje brzo ili umjereno brzo procjednom  $K = 0,5-4,8$  m/dan + plitkom 0,5-1,0 m ili srednje dubokom 1,0-2,0 m podzemnom vodom maksimalne razine
- semiglejna tla, vlaženje umjereno brzom procjednom vodom  $K = 0,5-1,4$  m/dan + srednje dubokom podzemnom vodom 1,0-2,0 m maksimalne razine
- močvarno glejno hipoglejno, vlaženje umjereno brzom procjednom vodom  $K = 0,5-1,4$  m/dan + vrlo plitkom ili plitkom podzemnom vodom 0-1,0 m maksimalne razine
- močvarno glejno amfiglejno, vlaženje ekstremno sporo procjednom vodom  $K < 0,01$  m/dan + srednje dubokom podzemnom vodom 1,0-2,0 m maksimalne razine

---

<sup>1</sup> U hidropedološkoj praksi, podzemnu vodu prema maksimalnoj razini dijelimo na: plitku podzemnu vodu 0-100 cm, srednje duboku podzemnu vodu 100-200 cm i duboku podzemnu vodu >200 cm

<sup>2</sup> Propusnost ili hidrauličku vodljivost u izrazu brzine procjeđivanja površinske vode (oborine i/ili poplave) dijelimo na: vrlo brzo procjednu  $K > 4,8$  m/dan, brzo procjednu  $K = 1,4-4,8$  m/dan, procjednu  $K = 0,5-1,4$  m/dan, sporo procjednu  $K = 0,01-0,5$  m/dan, stagnirajuću  $K < 0,01$  m/dan.

- Pseudoglej-glejno tlo, vlaženje vrlo sporo procjednom vodom  $K = 0,01-0,05$  m/dan + plitkom  $0,5-0,1$  m/dan ili srednje dubokom podzemnom vodom  $1,0-2,0$  m maksimalne razine

Na području utjecaja hidroelektrana Čakovec i Dubrava, otklonjena je mogućnost poplava na dijelu područja hidrosustava. Funkcioniranje obodnih kanala uz akumulacijsko jezero, omogućava odvodnju močvarnih tala. Uz strojarnicu je sniženje nivoa podzemne vode za  $1,5-2,0$  m. To je negativan utjecaj energetskog objekta na biljnu proizvodnju zbog manjeg prihranjivanja agrološkog profila kapilarnom vodom iz podzemlja, Vidaček Ž. i sur. 1984.

#### 1.4. Ocjena osjetljivosti tla na propuštanje onečišćivača

##### 1.4.1 Kriteriji ocjenjivanja

Tla koja brzo propuštaju onečišćivače u podzemnu vodu su osjetljiva tla. Osjetljivost tla ovisi o propusnosti ili hidrauličkoj vodljivosti (m/dan), režimu podzemne vode (razini i trajanju), sadržaju organske tvari-humusu (%)<sup>3</sup> i teksturi (% gline-čestice manje od  $2\mu\text{m}$  promjera).

U tom smislu ocjenjujemo potencijal ispiranja tvari iz tla procjednom vodom i potencijal sorpcije tvari ili zadržavanja tvari na mineralnim i/ili organskim česticama tla. Indikatori potencijala ispiranja tvari iz tla su vodopropusnost (m/dan) i maksimalna razina podzemne vode (cm), a indikatori potencijala sorpcije tvari u tlu su tekstura i sadržaj humusa

##### 1.4.2. Rezultati ocjenjivanja

U nizinskom području Međimurske županiji, ukupne bruto površine  $42.893,5$  hektara, nalazimo tri klase osjetljivosti tala na propuštanje onečišćivača u podzemnu vodu, tablica 2 i karta osjetljivosti tala u prilogu: II. klasa – tla slabe osjetljivosti, bruto  $1.496,5$  ha, III. klasa – tla umjerene osjetljivosti, bruto  $6.157,6$  ha i IV. klasa – tla jake osjetljivosti, bruto  $20.311,9$  hektara. Kako se radi o karti sitnog mjerila i većoj složenosti terena, na karti je izdvojena klasa V – tla područja mješovite osjetljivosti, bruto  $14.927,5$  hektara. Karta je izrađena u digitalnom obliku i mjerilu  $1:200\ 000$ . Izvor podataka je Hidropedološka karta Hrvatske, mjerila  $1:300\ 000$ , Vidaček Ž., i sur. 2003. U radu su korišteni GIS alati Arc View i Arc Info.

---

<sup>3</sup> Ocjena sadržaja organske tvari-humusa je kako slijedi: vrlo slabo humozna tla do 1%, slabo humozna 1-3%, dosta humozna 3-5%, jako humozna 5-10% i vrlo jako humozna >10% humusa.

**Tablica 2. Osjetljivosti tla na propuštanje onečišćivača s površine tla u nizinskom području**  
**Table 2 Soil sensitivity to leaching of pollutants from the soil surface in the lowland area**

Klase osjetljivosti tla – Classes of soil sensitivity			Potencijal ispiranja – Leaching potential		Potencijal sorpcije – Sorptions potential	
Broj-No	**Intenzitet Intensity	Bruto ha	Vodopropusnost m/dan, Water permeability	Podzemna voda, cm Groundwater	Tekstura Texture*	Humus, %
II	Slaba osjetljivost	1.496,5	Procjedna voda (0,5-1,4)	Duboka (>200)	*I	2-3
III	Umjerena osjetljivost	6.157,6	Procjedna voda (0,5-1,4)	Srednje duboka (100-200)	PrI- mjestimično skeletoidna	2-3
IV	Jaka osjetljivost	20.311,9	Brzo procjedna (1,4-4,8)	Plitka (0-100)	PjI, PrI mjestimično skeletoidna	2-5
V	Mješovita osjetljivost	14.927,5	Procjedna voda (0,5-1,4) i brzo procjedna (1,4-4,8)	Plitka, srednje duboka i duboka (0-200 i >200)	PrI, PjI, I, GI	2-10
Ukupno - Total		42.893,5				

\*I-ilovača-loam; PjI-pjeskovita ilovača-sandy loam; PrI-praškasta ilovača-silty loam;

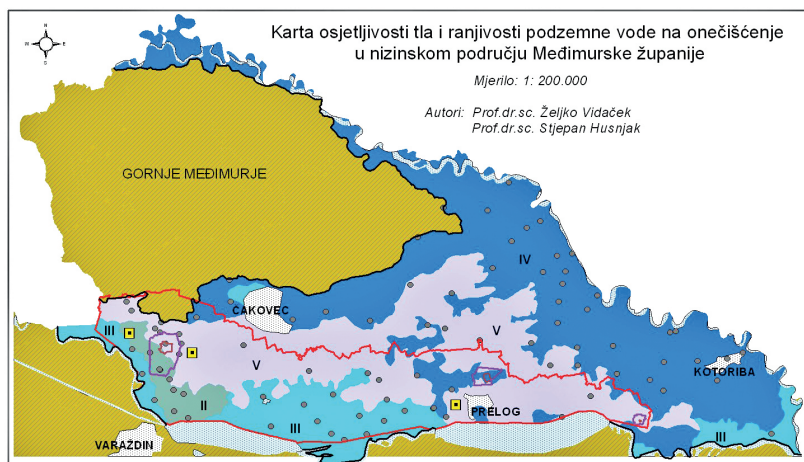
GI-glinasta ilovača-clay loam; mjestimično skeletno-in places gravel;

\*\* Slaba, umjerena, jaka i miješana osjetljivost - Slightly moderately, highly and mixed sensitivity to leaching by pollutants from the soil surface

#### 1.4.3. Vodonosni horizont i ocjena ranjivosti podzemne vode na onečišćenje s površine tla

Otvoreni vodonosni horizont se sastoji od dobro granuliranog šljunka s različitim postotkom pijeska, debljine 100-150 metara, umjerene hidrauličke propusnosti za vodu. U takvim uvjetima vodonosnika podzemna voda u nizinskom području županije je potencijalno jako ranjiva na onečišćenje s površine tla.

Ž. Vidaček: Osjetljivost tla na propuštanje onečišćivača i ranjivost podzemne vode na onečišćenje u nizinskom području Međimurske županije



**Tumač karte:**

Klasa osjetljivosti tla		Indikatori potencijala ispiranja tvari iz tla			Indikatori potencijala sorpcije tvari u tlu	
Broj i oznaka na karti	Stupanj	Bruto, ha	Vodopropusnost K=m/dan	Maksimalna razina podzemne vode, cm	Tekstura	Humus, %
II	Slaba osjetljivost	1.496,5	Procjedna voda (0,5-1,4)	Duboka (>200)	I	2-3
III	Umjerena osjetljivost	6.157,6	Procjedna voda (0,5-1,4)	Srednje duboka (100-200)	Pri- mjestimično skeletoidna	2-3
IV	Jaka osjetljivost	20.311,9	Brzo procjedna voda (1,4-4,8)	Plitka (0-100)	PjI, Pri mjestimično skeletoidna	2-5
V	Mješovita osjetljivost	14.927,5	Procjedna (0,5-1,4) i brzo procjedna voda (1,4-4,8)	Plitka, srednje duboka i duboka (0-200 i >200)	Pri, PjI, I, GI	2-10
Ukupno		42.893,5				
Veća naselja						
Vode						

Tumač: I-ilovača; PjI-pjeskovita ilovača; Pri-praškasta ilovača; GI-glinasta ilovača; Skeletnost-oko 50% valutica šljunka

• Pjezometri

∩ Vodozaštitna područja (I. zona)

∩ Vodozaštitna područja (II. zona)

∩ Vodozaštitna područja (III. zona)

■ Lokacije tenziometrijskih i lizimetrijskih mjerenja, 2003-2007 godina

GIS obrada: Prof.dr.sc. Stjepan Husnjak

Tisak: Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Zavod za pedologiju, 2008.

*Map of soil sensitivity to leaching by pollutants and groundwater vulnerability to pollution in the lowland area of Međimurje county*

## 2. Rezultati stacionarnih istraživanja

### 2.1. Kontrolna polja

#### 2.1.1. Kontrolno polje Nedelišće

Površina voćnjaka je 80 ha. Kontrola je organizirana na dijelu table 2, sorta jabuke je Idared na podlozi M-106, razmaka sadnje 4,5 x 2,8 m, broj voćaka/ha 816 komada, a godina sadnje 1987. Nasad jabuka je na antropogeniziranom eutričnom praškasto ilovastom tlu. Dubina do šljunka i/ili pijeska je dublje od 100 cm.

#### 2.1.2. Kontrolno polje Gornji Hrašćan

Kontrolno polje je na dijelu oranice 0,43 ha. Tlo je semiglej aluvijalno, ilovasto tlo. Dubina do šljunka i/ili pijeska je dublje od 165 cm. Ratarska proizvodnja.

#### 2.1.3. Kontrolno polje Prelog

Površina kontrolnog polja je na dijelu oranice 3,25 ha. Tlo je hipoglej, djelomično hidromelioriran. Tekstura tla je ilovasta. Dubina do šljunka i/ili pijeska je dublje od 90 cm. Ratarska proizvodnja.

### 2.2 Procijedene vode iz lizimetara

Vrijednosti mjesečnih i godišnjih količina procijedenih voda iz lizimetara su za antropogenizirano eutrično tlo kontrolnog polja Nedelišće, semiglejno tlo kontrolnog polja Gornji Hrašćan i hipoglejno djelomično hidromeliorirano tlo kontrolnog polja Prelog. Podaci su dobiveni direktnim mjerenjem procijedenih oborina + natapanje iz lizimetra na kontrolnom polju Nedelišće i samo procijedenih oborina za kontrolna polja Gornji Hrašćan i Prelog. Prilično promjenjive količine procijedene vode, rezultat su sezonskih hidroloških, hidropedoloških i agrotehničkih uvjeta. U praktičnom smislu, te količine procijedene vode prihranjuju podzemnu vodu sa ili bez onečišćivača, tablica 3.



**Tablica 3. Mjesečne i godišnje količine procijeđene vode iz lizimetara, mm**

**Table 3 Monthly and yearly amount of leaching water from lysimeters**

God.	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God.
Kontrolno polje - Control field Nedelišće*													
2004.	2,8	4,0	24,7	16,3	19,3	47,2	14,6	58,7	5,9	26,0	11,8	3,5	<b>225,1</b>
2005.	1,0	8,4	18,6	32,1	10,5	46,3	16,6	10,3	2,5	2,2	0,0	16,3	<b>142,8</b>
2006.	0,0	15,2	13,9	12,5	15,0	32,0	15,5	22,2	5,1	0,0	0,0	0,0	<b>126,3</b>
2007.	2,8	0,0	14,6	48,5	26,0	56,2	56,2	56,5	12,9	0,8	3,4	3,6	<b>281,5</b>
<b>sv**</b>	<b>1,7</b>	<b>6,9</b>	<b>18,0</b>	<b>27,4</b>	<b>17,7</b>	<b>45,4</b>	<b>25,7</b>	<b>36,9</b>	<b>6,6</b>	<b>7,3</b>	<b>3,8</b>	<b>5,9</b>	<b>193,9</b>
Kontrolno polje - Control field Gornji Hrašćan													
2004.	0,0	0,0	14,5	18,3	3,5	11,0	4,0	0,0	0,0	12,4	14,1	10,2	<b>88,0</b>
2005.	4,1	0,0	12,9	13,4	1,6	1,2	13,8	17,2	19,3	5,1	8,1	7,9	<b>104,6</b>
2006.	0,0	2,6	8,6	12,7	23,1	10,3	6,1	17,6	4,3	2,8	4,4	2,6	<b>95,1</b>
2007.	8,7	3,9	17,2	2,6	10,2	0,0	0,0	0,0	5,2	13,2	14,8	0,0	<b>75,8</b>
<b>sv**</b>	<b>3,2</b>	<b>1,6</b>	<b>13,3</b>	<b>11,8</b>	<b>9,6</b>	<b>5,6</b>	<b>6,0</b>	<b>8,7</b>	<b>7,2</b>	<b>8,4</b>	<b>10,4</b>	<b>5,2</b>	<b>90,9</b>
Kontrolno polje - Control field Prelog													
2004.	20,3	10,1	36,8	36,2	6,2	0,0	0,0	15,1	8,2	30,4	21,0	13,4	<b>197,7</b>
2005.	9,0	7,6	24,1	27,2	0,4	0,1	14,9	30,5	20,3	5,9	0,0	18,6	<b>158,6</b>
2006.	0,0	9,6	14,9	19,0	16,1	26,8	0,0	20,2	2,1	0,0	4,4	3,3	<b>116,4</b>
2007.	9,6	4,2	16,8	11,8	0,0	0,0	0,0	8,6	25,4	13,5	16,6	13,1	<b>119,6</b>
<b>sv**</b>	<b>9,7</b>	<b>7,9</b>	<b>23,2</b>	<b>23,6</b>	<b>5,7</b>	<b>6,7</b>	<b>3,7</b>	<b>18,6</b>	<b>14,0</b>	<b>12,5</b>	<b>10,5</b>	<b>12,1</b>	<b>148,1</b>

\*oborine+natapanje u nasadu jabuka - rainfall + irrigation in apple plantation;

\*\*srednja vrijednost - mean value

### 2.3. Potencijalni rizik onečišćenja podzemne vode mineralnim dušikom

Količine ispranog mineralnog dušika su najveće u uvjetima natapanja nasada jabuka, te variraju od 13,5 do 47,7 kg N/ha, odnosno od 27 do 49% u odnosu na dušik dodan mineralnim gnojivom. Višegodišnji podaci ispiranja mineralnog dušika pri uzgoju ratarskih kultura, dominantno kukuruza, variraju u vrlo širokom rasponu od 7,2 kg N/ha do 30,5 kg N/ha, odnosno od 3 do 16% u odnosu na gnojidbu mineralnim dušikom, tablica 4, ovisno o sezonskim hidrološkim, hidropedološkim i agrotehničkim, odnosno biljno-proizvodnim uvjetima.

Utvrđene razlike, kao što je rečeno, mogu se dovesti u vezu s biljnim pokrovom, o čemu svjedoče i drugi brojni rezultati istraživanja. Ispiranje dušika iz tla pod travama i oraničnim kulturama za 85% je manje u odnosu na tla pod vinovom lozom, a čak za 95% je manje u odnosu na tla pod ugarom.

**Tablica 4. Gnojidba (G) i količine ispranog mineralnog dušika (N)**

**Table 4 Fertilization (F) and quantities of mineral nitrogen (N)**

kg N/ha									
VII – IX 2003.		2004.		2005.		2006.		2007.	
G/F	N	G/F	N	G/F	N	G/F	N	G/F	N
Kontrolno polje - Control field Nedelišće									
42	13,50	134	47,67	67	31,15	105	28,23	93	46,28
Kontrolno polje - Control field Gornji Hrašćan									
-	-	293	23,66	333	11,48	170	11,56	263	7,39
Kontrolno polje - Control field Prelog									
-	7,84	239	26,05	150	7,22	186	30,49	181	11,35

Prema vlastitim dosadašnjim istraživanjima, u uvjetima hidromelioriranog amfgleja na području dijela Istočne Slavonije, pri uzgoju ozimog ječma gnojenog sa 172 kg N/ha isprano je 27,5 kg N/ha (16%), a pri uzgoju kukuruza gnojenog sa 174 kg N/ha isprano je 9,4 kg N/ha (5,4%) Vidaček Ž. i sur. 2008.-2009.

Potencijalni rizik od većeg onečišćenja podzemne vode mineralnim dušikom na lokalitetu Nedelišće u uvjetima natapanja potrebno je smanjiti adekvatnom N gnojibom (vrste, količine i način primjene). Gnojidba dušikom preko tla preporuča se u više navrata s manjim količinama. Kako se radi o površini s natapanjem N gnojiva je moguće primijeniti i fertirigacijom.

## ZAKLJUČAK

U donjem dijelu Međimurja ima najviše obradivog poljoprivrednog zemljišta (73,94%) Ostalo su livade i pašnjaci (26,52%). S agro ekološkog gledišta, to su poljoprivredne površine s potencijalno visokim stupnjem onečišćenja agrokemikalijama i mogućnošću onečišćenja podzemnih voda.

Na području između Gornjeg i Donjeg Međimurja i na širem području uz rijeku Muru su tla IV. klase jake osjetljivosti na propuštanje onečišćivača s površine tla. U zaobalju rijeke Drave, dominiraju tla II. i III. klase slabe i umjerene osjetljivosti tla na propuštanje onečišćivača. U centralnom dijelu donjeg Međimurja se izmjenjuju II., III. i IV. klasa osjetljivosti tla na propuštanje onečišćivača.

Pedološki pokrov nizinskog međimurskog kraja s automorfnim i hidromorfnim tlima različite vodopropusnosti i osjetljivosti propuštanja onečišćivača je na otvorenom jako ranjivom kvartarnom vodonosniku prosječne hidrauličke provodljivosti  $7,1 \times 10^{-1}$  cm/s.

Godišnje količine procijedene vode iz lizimetara sa ili bez onečišćivača su bile u petogodišnjem razdoblju na kontrolnom polju Nedelišće 126,3-281,1 mm, na kontrolnom polju Gornji Hrašćan 75,8-104,6 mm i na kontrolnom polju Prelog 116,4-197,7 mm.

Petogodišnjim stacionarnim istraživanjima utvrđeno je sljedeće: količine ispranog mineralnog dušika su najveće u uvjetima natapanja nasada jabuka, te variraju od 13,5 do 47,7 kg N/ha, odnosno od 27 do 49% u odnosu na dušik dodan mineralnim gnojivom. Višegodišnji podaci ispiranja mineralnog dušika pri uzgoju ratarskih kultura, dominantno kukuruza, variraju u vrlo širokom rasponu od 7,2 kg N/ha do 30,5 kg N/ha, odnosno od 3 do 16% u odnosu na gnojidbu mineralnim dušikom.

Potencijalni rizik od većeg onečišćenja podzemne vode mineralnim dušikom na lokalitetu Nedelišće, pri uzgoju jabuka s natapanjem, potrebno je smanjiti adekvatnom N gnojidbom (vrste, količine i način primjene). Gnojidba dušikom preko tla preporuča se u više navrata s manjim količinama. Kako se radi o površini s natapanjem dušična gnojiva je moguće primijeniti i fertirigacijom.

Podaci o osjetljivosti tla i ranjivosti podzemne vode na onečišćenje s površine poljoprivrednog tla županije prilog su regionalnom planiranju i operacionalizaciji zaštite tla i podzemnih voda od onečišćenja, obilnoj zakonskoj regulativi zaštite tla i voda i momentalno u mirovanju Programa trajnog motrenja tala Hrvatske, AZO i sur. 2008-2009.

## LITERATURA

1. Vidaček, Ž., Mojsinović, J., Racz Z. (1984.): Utjecaj hidroelektrane Dubrava na biljnu proizvodnju, Zemljište i biljka, vol.33, No 3, 309-321, Beograd
2. Vidaček, Ž., Bogunović, M., Husnjak, S., Sraka, M., Bensa Aleksandra, Petošić, D. (2004.): Hidropedološka karta republike Hrvatske, Zavod za pedologiju Agronomskog fakulteta, Zagreb
3. Vidaček, Ž., Bensa Aleksandra, Čoga, L., Husnjak, S., Vrhovec Danijela (2008.): Studija utjecaja onečišćenja na kakvoću podzemne vode u Međimurskoj županiji - utjecaj poljoprivrede na kakvoću podzemnih voda za razdoblje 2003-2007, Zavod za pedologiju Agronomskog fakulteta, Zagreb
4. Vidaček, Ž., Bogunović M., Husnjak, S., Sraka, M. Bensa Aleksandra (2008.-2009.): Studija osjetljivosti tla i ranjivosti podzemnih voda na onečišćenje s površine poljoprivrednog zemljišta, Zavod za pedologiju Agronomskog fakulteta, Zagreb
5. Vidaček, Ž.: (2014.-2016.): Prilog zaštiti tla i podzemnih voda u Hrvatskoj, Gazophylacium časopis za znanost, kulturu, umjetnost i gospodarstvo, God.XIX.,XX.,XXI.,br.1-4, str25-42, Zagreb
6. Agencija za zaštitu okoliša (2008.): Program trajnog motrenja tala Hrvatske s pilot projektom LIFE05 TCY/CRO/000105, Zagreb  
xxx Pravilnik o utvrđivanju zona sanitarne zaštite izvorišta (NN br. 55/02)
8. xxx Pravilnik o dobroj poljoprivrednoj praksi u korištenju gnojiva (NN 56/08)
9. xxx Nitratna direktiva, (91/676/EEC) propis je Europske Unije o zaštiti voda od onečišćenja uzrokovanog nitratima iz poljoprivrednih izvora, donesen 1991. godine

### Adresa autora – Author's address:

Prof.dr.sc. Željko Vidaček dipl ing. agr., pedolog,  
umirovljeni redoviti profesor u trajnom zvanju,  
Marija Bistrica

### Primljeno - Received:

25.10.2018.