

ISSN 0370-0291, UDC 63



CROATIA

---

**AGRICULTURAE  
CONSPECTUS  
SCIENTIFICUS**

**POLJOPRIVREDNA  
ZNANSTVENA  
SMOTRA**

---

**Vol 63 Supplement No.4 1998**

<http://www.agr.hr/smotra/>

# Nitrogen Leaching in Different Pipe Drainage Distances

---

Ž. KLAČIĆ<sup>1</sup>

D. PETOŠIĆ<sup>1</sup>

L. ČOGA<sup>2</sup>

## SUMMARY

---

The investigation object was to determine the effect of different pipe drainage distances upon the concentration and quantity of nitrogen leached in crop production on hydromorphic soils of the central Sava River Valley.

The obtained results indicate that abundant precipitation in the studied period had a decisive effect on the dynamics of nitrogen leaching in all trials variants.

The overall drainage discharge in the investigated drainage variants ranged from 197 mm to 351 mm.

Average NO<sub>3</sub>-N concentrations in drainage water of all variants were below 10 mg/l, whereas maximum concentrations went up to 30 mg/l. NO<sub>3</sub>-N concentrations higher than 10 mg/l were recorded during rainy periods, after fertilizers was applied. Average NH<sub>4</sub>-N concentrations in drainage water of all variants were higher than 1,00 mg/l, while maximum concentrations went up to 8,65 mg/l. From the hygienic point of view, drainage water from all variants may be regarded as polluted and hence a potential factor of surface water pollution.

Significantly highest quantities of leached nitrogen were recorded in variants involving pipe-drainage distance of 10 m and 15 m. In these variants, leached nitrogen ranged from 20,553 kg N/ha to 21,688 kg N/ha. Between 11,031 kg N/ha and 14,688 kg N/ha was leached in the variants with medium drain spacing (20 m and 30 m). About 56 % of total leached nitrogen originated from fertilizers added in basic and pre-seeding soil preparation.

Wheat yields obtained in variants were between 26,11 dt/ha and 40,85 dt/ha. The significantly highest yield was achieved in the variant involving pipe drainage spacing of 20 m with gravel backfill (40,85 dt/ha), which was also the variant with the lowest quantity of leached nitrogen.

## KEY WORDS

---

**Soil, nitrogen leaching, pipe drainage, distance, water pollution, drainage discharge**

<sup>1</sup> Department of Soil Amelioration

<sup>2</sup> Department of Plant Nutrition

Faculty of Agriculture University of Zagreb

Svetošimunska cesta 25, 10000 Zagreb, Croatia

Received: November 12, 1998

# Ispiranje dušika pri različitim sustavima cijevne drenaže

Ž. KLAČIĆ<sup>1</sup>

D. PETOŠIĆ<sup>1</sup>

L. ČOGA<sup>2</sup>

## SAŽETAK

Cilj istraživanja bio je ispitati utjecaj različitih sustava cijevne drenaže na koncentraciju i količinu ispranog dušika pri uzgoju poljoprivrednih kultura na hidromorfnim tlima Srednje Posavine. Istraživanje ispiranja dušika iz pseudoglej- glejnog tla izvršeno je na ukupno šest varijanata cijevne drenaže.

Dobiveni rezultati ukazuju da je količina oborina u istraživanom razdoblju bitno utjecala na dinamiku ispiranja dušika u svim istraživanim varijantama.

Ukupna količina drenažnog istjecanja unutar ispitivanih varijanata kretala se u rasponu od 197 mm do 351 mm.

Prosječne koncentracije  $\text{NO}_3\text{-N}$  u drenažnim vodama svih varijanata manje su od 10 mg/l, a maksimalne dosežu i do 30 mg/l. Koncentracije  $\text{NO}_3\text{-N}$  veće od 10 mg/l zabilježene su tijekom kišnih razdoblja, a poslije izvršene gnojidbe. Prosječne koncentracije  $\text{NH}_4\text{-N}$  u drenažnim vodama svih varijanata više su od 1,00 mg/l, a maksimalne dosežu i do 8,65 mg/l.

Signifikantno najveće količine ispranog dušika utvrđene su na varijantama uskog razmaka cijevne drenaže od 10 m i 15 m. Količine ispranog dušika na ovim varijantama kretale su se u rasponu od 20,553 kg N/ha do 21,688 kg N/ha. S varijanata srednjeg razmaka drenaže od 20 m i 30 m isprano je između 11,031 kgN/ha i 14,688 kg N/ha. Oko 56 % od ukupno ispranog dušika porijeklom je iz gnojiva dodanih u osnovnoj i predsjetvenoj pripremi tla.

Ostvareni prinos pšenice varirao je između 26,11 dt/ha i 40,85 dt/ha. Signifikantno najveći prinos ostvaren je na varijanti cijevne drenaže razmaka od 20 m s ugrađenim hidrauličkim filterom-šljunkom (40,85 dt/ha), a to je ujedno i varijanta s najmanjom količinom ispranog dušika

## KLJUČNE RIJEČI

**tlo, ispiranje dušika, cijevna drenaža, onečišćenje voda, drenažno istjecanje**

<sup>1</sup> Zavod za melioracije

<sup>2</sup> Zavod za ishranu bilja

Agronomski fakultet Sveučilišta u Zagrebu  
Svetošimunska 25, 10000 Zagreb, Hrvatska

Primljeno: 12. studenog 1998.

## UVOD

Od ukupne količine dušika koja se mineralnim gnojivima unese u tlo, biljka prima samo oko 50 %, dok se značajan dio, oko 25 % gubi ispiranjem, denitrifikacijom i drugim procesima (Azem et al., 1985.). Zbog mogućeg onečišćenja površinskih i podzemnih voda, s ekološke točke motrišta, ispiranje dušika je od posebne važnosti.

Dušik se najvećim dijelom ispire u obliku nitrata, jer tlo ne adsorbira ove ione, pa je stoga i opasnost od onečišćenja okoliša uglavnom vezana za nitratni dušik. Prekomjerna koncentracija nitrata može dovesti do eutrofizacije vodenih tokova, odnosno, ako se takova voda koristi za piće, ili napajanja stoke do methemoglobinije u dojenčadi i životinja (Pratt et al., 1984.).

Količina dušika koja će s drenažnim vodama biti iznijeta s poljoprivrednih površina ovisi o brojnim čimbenicima, kao primjerice o vrsti i dozi apliciranog dušičnog gnojiva, fizikalnim značajkama tla, zasijanoj kulturi, klimatskim prilikama itd.

I sustavi za odvodnju mogu utjecati na količinu ispranog dušika. Baker i Johnson (1977.) su utvrdili da drenažni sustavi povećavaju mobilnost nitratnog dušika s poljoprivrednih površina.

U vezi s navedenim činjenicama, cilj ovog istraživanja bio je da se ispita utjecaj različitih sustava cijevne drenaže na koncentraciju i količinu ispranog dušika u uzgoju poljoprivrednih kultura na teškim hidromorfim tlima Srednje Posavine. Ova istraživanja nastavak su istraživanja Šimunića et al. (1993., 1998.), te Tomića et al. (1994.).

## MATERIJAL I METODE

Istraživanje je provedeno na pokusnom melioracijskom polju "Jelenščak" - Kutina, i razdoblju od listopada 1997. do rujna 1998. godine. Uzgajana kultura bila je pšenica, sorta Srpanjka. Prema uobičajenoj agrotehnici, tlo je gnojeno kompleksnim mineralnim gnojivom, s naglašenim fosforom i kalijem, u osnovnoj (NPK 10:30:20) i ureom u startnoj gnojidbi, tako da je predstetveno (15. i 16. listopada 1997.) aplicirano 88 kg N/ha. Sjetva pšenice je obavljena 19. listopada 1997., a prihranjivanje je izvršeno, prvi put, početkom veljače

1998., s oko 50 kg N/ha (180 kg KAN-a), i drugi put početkom travnja 1998. s oko 35 N/ha (135 kg KAN-a). Predstetveno i prihranama ukupno je unešeno 176 kg N/ha.

Praćenje količine ispranog dušika iz pseudoglej-glejnog tla obavljeno je na ukupno šest varijanata cijevne drenaže (tablica 1). Cijevi su položene na prosječnu dubinu od 100 cm (srednje duboka drenaža) s izuzetkom varijante A1-1 u kojoj dubina cijevne drenaže iznosi 75 cm (plitka drenaža). Izljev iz drenske cijevi obavlja se slobodnim ispustom u otvorene kanale. Prosječna dužina cijevi je 95 m, a prosječni pad 3 ‰. Cijevi su plastične (PVC) - prstenasto rebraste i perforirane, promjera 65 mm.

Mjerenje drenažnog istjecanja obavljeno je kontinuirano pomoću automatskih elektronskih mjerača (limnigrafa). Limnigrafi su postavljeni kod svake varijante, na izljevu drenažne cijevi u otvoreni kanal.

Uzorkovanje vode vršeno je kontinuirano tijekom razdoblja istjecanja. Za svako razdoblje načinjen je prosječan uzorak vode za laboratorijsku analizu. Određivanje koncentracija  $\text{NO}_3^-$  i  $\text{NH}_4^+$  vršeno je standardnim APHA metodama (1992.).

Kod svih varijanata utvrđen je ostvareni prinos zrna pšenice. Statistička obrada podataka izvršena je metodom analize varijance.

## REZULTATI I RASPRAVA

### Temeljne agroekološke značajke

Dinamika ispiranja dušika iz tla putem cijevne drenaže ovisi o nekoliko temeljnih čimbenika: vremena i količine gnojidbe, uzgajane kulture, tla, količine i rasporeda oborina, i značajkama sustava odvodnje.

Od agroekoloških čimbenika na prvom mjestu su značajke tla količina i raspored oborina u razdoblju istraživanja.

Solum do 75 cm dubine je praškasto glinastog teksturnog sastava. Sadržaj gline u ovom dijelu tla kreće se u rasponu od 44-46 %, a sadržaj praha od 47-50 %. Dubina soluma od 75-115 cm teksturno je lakša. Dominacija u teksturnom sastavu tla pripada praškastoj komponenti (60 %), dok se sadržaj gline smanjuje na

**Tablica 1.** Značajke ispitivanih varijanata cijevne drenaže  
**Table 1.** Characteristics of studied pipe drainage variants

Oznaka varijante Mark of variant	Razmak drenaže Drain distance of pipes (m)	Ispuna jarka-Drain trench backfill šljunak gravel	Dubinsko rahljenje tla (Deep loosening)	Slivna površina Cachement area (ha)
A1-1	15	+	-	0,141
1-1	15	+	-	0,134
2-1	20	+	-	0,186
2-0	20	-	+	0,186
A1-0	10	-	+	0,094
4-1	30	+	-	0,281

34 %. Teksturni sastav tla na dubini većoj od 115 cm je praškasto ilovast. Tlo je porozno s ukupnim volumenom pora od 48-52 vol %. Kapacitet tla za vodu u površinskom solumu kreće se oko 45 vol %. Kapacitet tla za zrak je mali i kreće se u rasponu od 4-6 vol %. Vrijednosti specifične volumne mase tla kreću se u rasponu od 1,35 - 1,48 gr/cm<sup>3</sup>. Vertikalna hidraulička provodljivost u gornjem solumu je mala, do vrlo mala (0,011 m/dan).

Raspored i količine oborina u razdoblju istraživanja u mm, prikazane su u tablici 2. Ističemo da je dinamika oborina i drenažnog isteka za potrebe ovog rada analizirana mnogo detaljnije, u obliku dnevnih i dekadnih vrijednosti. Rezultati iz tablice 2 ukazuju na srazmjerno veliku količinu oborina u istraživanom razdoblju, što je bitno utjecalo na dinamiku ispiranja dušika i njegovu ukupnu količinu u ispitivanim varijantama cijevne drenaže.

### Dinamika i količina drenažnog istjecanja

Drenažni istek značajan je pokazatelj djelotvornosti cijevne drenaže u odvodnji suvišne vode iz tla. Djelotvorniji su sustavi s većim istjecanjem. Količina ispranog dušika na ispitivanim varijantama cijevne drenaže ne može se utvrditi bez utvrđivanja količine i dinamike drenažnog isteka. Vrijednosti navedenih pokazatelja po ispitivanim varijantama cijevne drenaže u istraživanom razdoblju prikazane su u tablici 3.

Usporedimo li rezultate u tablicama 2 i 3, zapažamo da se ukupni drenažni istek po ispitivanim varijantama kreće u intervalu od 197 mm (varijanta 2-1, razmak cijevi 20 m s ugrađenim šljunkom) do 351 mm (varijanta A1-0, razmak cijevi 10 m bez ugrađenog šljunka). Ukupna prosječna količina drenažnog isteka kod ispitivanih varijanata iznosi 246 mm, što čini 22,5% od ukupne sume oborina.

Znatno manji drenažni istek u svim varijantama utvrđen je u razdoblju od veljače do kolovoza 1998. godine. U ovom razdoblju, ukupna prosječna količina isteka iznosila je 48 mm, što čini samo 8,5 % od ukupnih oborina razdoblja (571 mm). Razloge malog drenažnog isteka u tom razdoblju, valja tražiti u velikoj evapotranspiraciji tijekom vegetacije od travnja do kolovoza.

Najveće količine istjecanja kod svih ispitivanih varijanata utvrđene su u hladnom dijelu godine (studen, prosinac, siječanj), kada je evapotranspiracija najmanja. U ovom dijelu prosječna količina istjecanja iznosila je 158 mm, ili 64 % od ukupnog isteka u cijelom istraživanom razdoblju. Razlozi većeg drenažnog istjecanja u ovom razdoblju godine u svezi su s niskom evapotranspiracijom i većom količinom oborina.

### Koncentracije mineralnih oblika dušika u drenažnim vodama

Statistički pokazatelji koncentracija mineralnih oblika dušika u drenažnim vodama različitih sustava cijevne drenaže prikazani su u tablici 4. Iz tablice je razvidno da se prosječne koncentracije NO<sub>3</sub>-N, za sve varijante, kreću unutar MDK vrijednosti za vode I i II kategorije. No, maksimalne koncentracije, zabilježene u travnju za sve varijante, značajno premašuju MDK vrijednost za vode III i IV kategorije. Prekoračenja ove MDK vrijednosti zabilježena su također i tijekom studenog i ožujka. Karakteristično je da se ta kratkotrajna prekoračenja MDK za nitratni oblik dušika u drenažnim vodama javljaju poslije aplikacije mineralnih gnojiva.

Analogno maksimalnim koncentracijama nitratnog dušika i maksimalne koncentracije amonijskog dušika zabilježene su poslije prihrane u travnju, praćene prekoračenjima MDK u studenom, ožujku i rujnu. S obzirom da je žetva pšenice obavljena u srpnju, da su žetveni ostaci zaorani i da nije obavljena naknadna

**Tablica 2.** Raspored i količina oborina u (mm)  
**Table 2.** Dynamics and amounts of precipitation (mm)

Godina - Year Mjesec - Month Oborine - Precipitation	1997.					1998.							Suma
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	XI	Sum
	76	126	86	65	11	58	84	104	106	121	87	170	1094

**Tablica 3.** Raspored i količine drenažnog istjecanja u (mm)  
**Table 3.** (Dynamics and amounts of drain discharge mm)

Varijanta Variant	1997.					1998.							Suma
	X	XI	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Sum
A1-1	0	61	65	40	0	3	8	8	0	17	3	50	255
1-1	0	23	50	43	3	9	7	6	0	17	7	47	211
2-1	0	43	51	36	0	10	5	11	0	5	1	35	197
2-0	0	66	60	38	1	25	10	12	0	7	2	30	251
A1-0	0	102	75	58	2	18	9	16	0	11	6	54	351
4-1	0	44	57	39	2	14	8	12	0	5	3	24	208
Srednjak - Mean	0	56	60	42	2	13	8	11	0	10	4	40	246

**Tablica 4.** Statistički pokazatelji koncentracija (mg/l) mineralnih oblika dušika u drenažnim vodama različitih sustava cijevne drenaže (listopad 1997. - rujan 1998.)

**Table 4.** Statistical parameters of mineral nitrogen concentrations (mg/l) in drainage water of different pipe drainage systems (October 1997 - September 1998)

Statistical parameter	A1-1		1-1		2-1		2-0		A1-0		4-1	
	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	NO <sub>3</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N
Average	8,56	1,42	9,89	2,02	6,54	1,49	5,67	1,56	6,19	1,74	7,47	1,52
N	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12
STDEV	8,33	1,03	8,23	2,28	7,54	1,11	6,70	1,03	7,54	1,12	8,12	1,12
CV (%)	97	73	83	113	115	74	118	66	122	64	109	74
Min	0,60	0,00	1,13	0,00	0,82	0,00	1,03	0,00	0,16	0,14	1,53	0,00
Max	27,86	2,83	29,59	8,65	25,37	3,12	20,02	3,41	26,41	3,44	24,30	3,66
MDK <sub>I,II</sub>	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00	10,00	1,00
MDK <sub>III,IV</sub>	15,00	10,00	15,00	10,00	15,00	10,00	15,00	10,00	15,00	10,00	15,00	10,00

MDK<sub>I,II</sub> = Maksimalno dozvoljene koncentracije mineralnih oblika dušika u vodama I i II kategorije (NN 2/84)

MDK<sub>I,II</sub> = Maximum tolerated mineral N concentrations in waters belonging to water categories I or II (Official Gazette 2/84)

MDK<sub>III,IV</sub> = Maksimalno dozvoljene koncentracije mineralnih oblika dušika u vodama III i IV kategorije (NN 2/84)

MDK<sub>III,IV</sub> = Maximum tolerated mineral N concentrations in waters belonging to water categories III or IV (Official Gazette 2/84)

**Tablica 5.** Rezultati provedenog t-testa između ispanih količina dušika po varijantama detaljne odvodnje

**Table 5.** T-test results for nitrogen quantities leached per detail drainage variants

A1-1 : 1-1 = 0,651	1-1 : A1-0 = 0,484	A1-0 : 2-0 = 5,924**	2-0 : 4-1 = 0,960	4-1 : 2-1 = 2,237
A1-1 : A1-0 = 1,135	1-1 : 2-0 = 6,408**	A1-0 : 4-1 = 6,884**	2-0 : 2-1 = 3,597*	
A1-1 : 2-0 = 7,059**	1-1 : 4-1 = 7,368**	A1-0 : 2-1 = 9,521**		
A1-1 : 4-1 = 8,019**	1-1 : 2-1 = 10,005**			
A1-1 : 2-1 = 10,656**				

LSD (5%) = 2,795

LSD (1%) = 4,233

gnojidba, razvidno je da je rujanski skok koncentracija NH<sub>4</sub>-N rezultat prirodnih procesa transformacije organske tvari u tlu. Za razliku od maksimalnih koncentracija NO<sub>3</sub>-N, maksimalne koncentracije NH<sub>4</sub>-N ne premašuju MDK vrijednost za vode III i IV kategorije. Prosječne vrijednosti koncentracija NH<sub>4</sub>-N, u svim varijantama, prelaze MDK vrijednost za vode I i II kategorije otvorenih vodotoka.

S higijenskog stajališta, ove drenažne vode mogu se smatrati onečišćenim, pa stim u vezi i potencijalnim čimbenikom onečišćenja površinskih voda putem odvodnih kanala.

#### Količine ispranog dušika

Količina ispranog dušika u linearnoj vezi je s količinom drenažnog isteka (Šoškić et al., 1987.), te su stoga i najveće količine ispranog dušika zabilježene na varijantama s najvećim drenažnim istjecanjem (grafikon 1). Signifikantno najveće količine ispranog dušika utvrđene su na varijantama razmaka 10 m bez šljunka (A1-0 = 20,553 kg N/ha) i 15 m sa šljunkom i plitkom dubinom cijevi (A1-1 = 21,688 kg N/ha). Na varijantama razmaka 20 m sa šljunkom (2-1 = 11,031 kg N/ha) i 20 m bez šljunka (2-0 = 14,629 kg N/ha) te 30 m sa šljunkom (4-1 = 13,669 kg N/ha) isprano je znatno manje dušika. Razlike u količini ispranog dušika između ovih sustava cijevne drenaže utvrđene su na razini signifikantnosti od 1% (tablica 5).

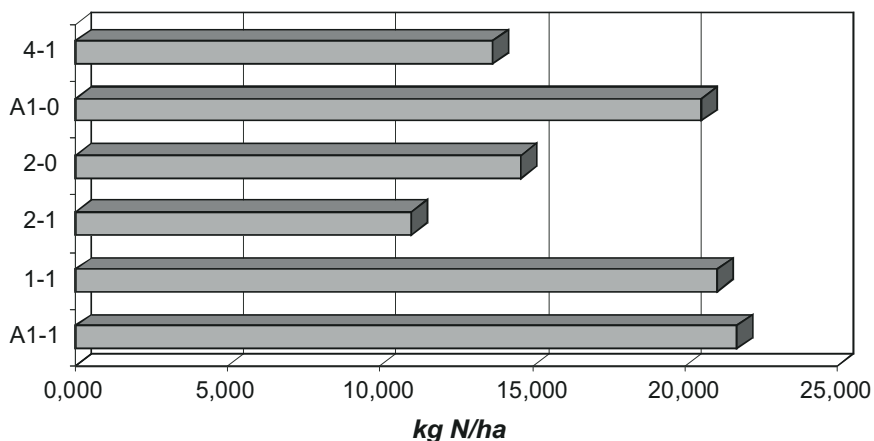
Rezultati istraživanja količine ispranog dušika u ovisnosti o razmaku drenskih cijevi podudaraju se s rezultatima Skaggsa i Gilliama (1981.), Schucha i Jordana (1985.), Šoškića et al. (1987.) i dr.

Tijekom razdoblja istraživanja ukupno je dodano 176 kg N/ha. Uvažavajući tu činjenicu i isprane količine dušika s varijanata, moguće je zaključiti da gubici dušika iz mineralnih gnojiva iznose između 6% (varijanta 2-1) i 12% (varijanta A1-1).

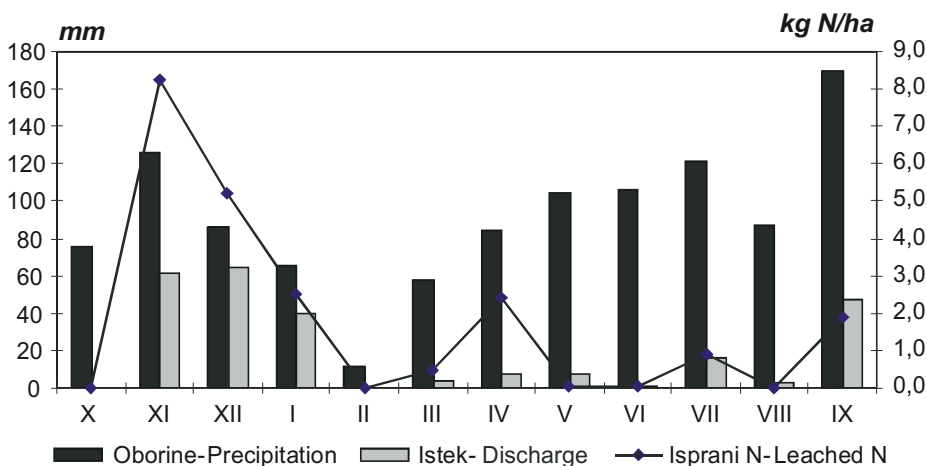
Razmatra li se dinamika ispiranja dušika po mjesecima pada u oči da je na varijantama srednje duboke drenaže tijekom kasne jeseni i zime isprano između 7% (2-1) i 14% (1-1) primjenjene količine gnojiva apliciranih u osnovnoj obradi i predstjetvenoj pripremi, te da te količine čine cca. 56 % od ukupno ispranih količina dušika. Kod varijante plitke drenaže (A1-1) situacija je još drastičnija. Tijekom kasne jeseni i zime ukupno je isprano 18 % primjenjenih gnojiva u osnovnoj i predstjetvenoj gnojidbi, a te količine čine gotovo 75% ukupno ispranog dušika.

Znatno manji su gubici dušika iz gnojiva primjenjenih u prihranjivanju i oni iznose približno 3 % za sve razmatrane varijante, s udjelom u ukupno ispranom dušiku od 11 % (varijanta A1-1) do 17 % (varijanta 2-0).

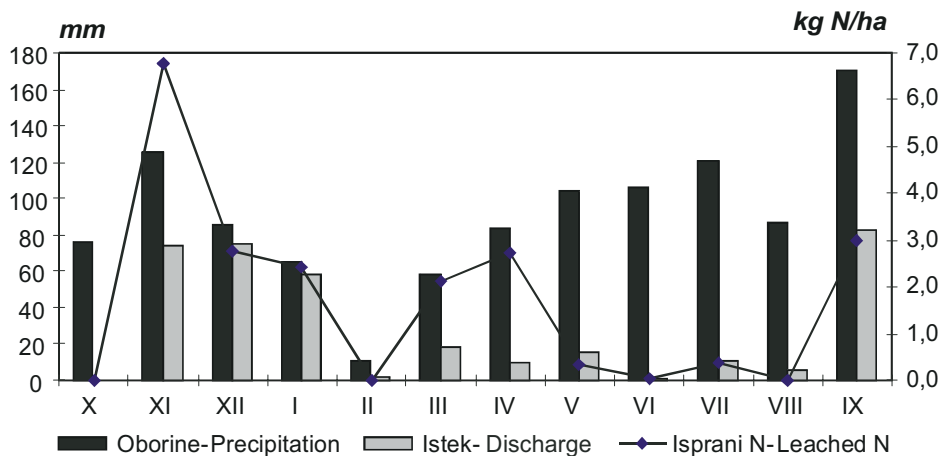
Na grafikonima 2 i 3 prikazana je dinamika ispiranja dušika za varijante plitke i srednje duboke drenaže.



**Grafikon 1.** Količine ispranog dušika po varijantama cijevne drenaže  
**Graph 1.** Nitrogen quantities per pipe drainage variants



**Grafikon 2.** Dinamika ispiranja dušika na varijanti plitke drenaže razmaka cijevi 15 m (A1-1) tijekom razdoblja listopad 1997. - rujan 1998. godine  
**Graph 2.** Dynamics of nitrogen leaching in the shallow drainage variant with 15 m pipe spacing (A1-1) during the period October 1997 - September 1998



**Grafikon 3.** Dinamika ispiranja dušika na varijanti srednje duboke drenaže razmaka cijevi 10 m (A1-0) tijekom razdoblja listopad 1997. - rujan 1998. godine  
**Graph 3.** Dynamics of nitrogen leaching in the shallow drainage variant with 10 m pipe distance (A1-0) during the period October 1997 - September 1998

Rezultati naših istraživanja potvrđuju rezultate istraživanja Bockena (1987.), Gossa et al. (1987.), Rossia et al. (1991.), Milburna i Richardsa (1994.), te Čoge (1996.) i ukazuju na činjenicu da na količinu ispranog dušika u nas znatan utjecaj imaju raspored oborina, vrijeme aplikacije mineralnih gnojiva, količina dodanih mineralnih gnojiva i fenološki stadij uzgajane kulture. S obzirom na udio ispranog dušika iz osnovne i predstjetvene gnojidbe u ukupno ispranom dušiku, valjalo bi razmisliti o promjeni ustaljene prakse spajanja osnovne i predstjetvene gnojidbe, odnosno, predstjetvenu gnojidbu trebalo bi obaviti s manjom količinom dušika.

### Ostvareni prinos

Visina prinosa pšenice po varijantama istraživanja prikazana je u tablici 6. Razvidno je da je najveći prinos pšenice ostvaren na varijanti 2-1 (razmak drenaže 20 m sa šljunkom), koja se odlikuje najmanjom količinom ispranog dušika, dok je najmanji prinos ostvaren na varijanti A1-0 (razmak drenaže 10 m bez šljunka). Statističkom analizom ostvarenih prinosa po varijantama pokusa utvrđeno je da se prinos s varijante 2-1 signifikantno razlikuje od ostvarenih prinosa na drugim varijantama, i to na razini signifikantnosti od 1% (tablica 7).

Temeljem iznesenog o količini ispranog dušika i ostvarenom prinosu pšenice vrijedi da najbolje efekte pokazuje varijanta sa 20 m razmaka drenskih cijevi i šljunkom kao hidrauličnim filterom uz izvršeno dubinsko rahljenje tla.

### ZAKLJUČCI

Na temelju rezultata istraživanja utjecaja različitih sustava cijevne drenaže na koncentraciju i količinu ispranog dušika pri uzgoju poljoprivrednih kultura na hidromorfim tlima Srednje Posavine može se zaključiti:

1. Količina oborina tijekom istraživanog razdoblja bitno je utjecala na dinamiku ispiranja dušika u svim ispitivanim varijantama. Ukupna količina drenažnog isteka u ispitivanim varijantama kretala se u rasponu od 197 mm do 351 mm. Najveće vrijednosti drenažnog isteka zabilježene su na varijantama uskog razmaka cijevne drenaže od 10 m i 15 m, dok je na varijantama srednjeg razmaka cijevi od 20 m i 30 m zabilježen manji ukupni istek.
2. Koncentracije  $\text{NO}_3\text{-N}$  u drenažnim vodama u svim varijantama povremeno prelaze vrijednost od 10 mg/

**Tablica 6.** Visina prinosa pšenice (sorta Srpanjka) u dt/ha po varijantama istraživanja  
**Table 6.** Yield of winter wheat cv. Srpanjka (dt/ha) per trial variants

Varijanta – Variante	Prinos - Yield (dt/ha)
A1-1	33,70
1-1	36,05
2-1	40,85
2-0	35,80
A1-0	26,11
4-1	30,69
Prosjeck - Mean	33,87

l, i to uglavnom poslije izvršene gnojidbe. Porast koncentracije  $\text{NH}_4\text{-N}$  u drenažnim vodama u svim varijantama prati porast koncentracija  $\text{NO}_3\text{-N}$ , a ta je zakonitost najupečatljivija u uzorcima vode uzetim poslije aplikacije mineralnih gnojiva. Koncentracije  $\text{NH}_4\text{-N}$  u vodama svih varijanata su uglavnom prelazile vrijednost od 1,00 mg/l. Obzirom da je tijekom većeg dijela godine zamjećeno prekoračenje dozvoljenih koncentracija za "čiste" vode, na svim istraživanim varijantama, drenažne vode s melioracijskog pokusnog polja "Jelenščak" mogu se smatrati onečišćenim i kao takove potencijalni su čimbenik onečišćenja površinskih voda.

3. Signifikantno najveće količine ispranog dušika zabilježene su na varijantama uskog razmaka cijevne drenaže. Količine ispranog dušika na ovim varijantama variraju u rasponu od 20,553 kg N/ha do 21,688 kg N/ha. Najveća količina ispranog dušika utvrđena je na varijanti plitke drenaže (dubina cijevi 75 cm) razmaka 15 m s ugrađenim šljunkom u drenski jarak. Ekološki najprihvatljivijom pokazala se varijanta srednje duboke drenaže (dubina cijevi 100 cm) razmaka 20 m s ugrađenim šljunkom u drenski jarak, s koje je isprano samo 11,031 kg N/ha. U odnosu na ukupno dodanu količinu gnojiva gubici dušika, ovisno o ispitivanoj varijanti, iznose između 6% i 12%.
4. Signifikantno najveći prinos pšenice ostvaren je na varijanti srednje duboke drenaže (dubina cijevi 100 cm) razmaka 20 m s ugrađenim šljunkom u drenski jarak, a to je ujedno varijanta s najmanjom količinom ispranog dušika.

**Tablica 7.** Rezultati provedenog t-testa između ispranih količina dušika po varijantama detaljne odvodnje  
**Table 7.** T-test results for yields achieved per detail drainage variants

2-1 : 1-1 = 4,80**	1-1 : 2-0 = 0,25	2-0 : A1-1 = 2,10	A1-1 : 4-1 = 3,01*	4-1 : A1-0 = 4,58**
2-1 : 2-0 = 5,05**	1-1 : A1-1 = 2,35	2-0 : 4-1 = 5,11**	A1-1 : A1-0 = 7,59**	
2-1 : A1-1 = 7,15**	1-1 : 4-1 = 5,36**	2-0 : A1-0 = 9,69**		
2-1 : 4-1 = 10,16**	1-1 : A1-0 = 9,94**			
2-1 : A1-0 = 14,74**				
LSD (5%) = 2,795	LSD (1%) = 4,233			



## LITERATURA

- American Public Health Association (1992). standard Methods of the Examination of Water and Wastewater. 18<sup>th</sup> Edition. APHA-AWWA-WPCF, Washington D.C.
- Azem F., Malik K. A., Sajjad M. J. (1985). Transformation in soil and availability to plants of <sup>15</sup>N applied as inorganic fertilizer and legume residues. *Plant and Soil* 86 : 3-13.
- Baker J. L., Johnson H. P. (1977). Impact of subsurface drainage on water quality. Proceedings of the 3<sup>rd</sup> National Drainage Symposium, ASAE Publication.
- Bocken P. (1987). Flow and chemical composition of drainage water from farmland in the Belgian Loamy region. Part 2: Paterns of ions leaching with particular reference to nitrate. *Pédologie* 37 (2) : 117-136.
- Čoga L. (1996). Utjecaj drenaže na dinamiku dušika i teških metala u sustavu tlo-voda-biljka. Magistarski rad, Agronomski fakultet Zagreb.
- Goss M. J., Colbourn P., Harris G. L., Howse K. R. (1987). Leaching of nitrogen under autumn-sown crops and the effects of tillage. In Nitrogen efficiency in agricultural soils. Proceedings Symposium Edinburg 16-18 September, UK.
- Milburn P., Richards J. E. (1994). Nitrate concentration of the subsurface drainage water from a corn field in southern New Brunswick. *Canadian Agricultural Engineering* 36 (2) : 69-78.
- Narodne novine (1984). Uredba o maksimalno dozvoljenim koncentracijama opasnih tvari u vodama i obalnom moru. Službeni list Republike Hrvateke (2) : 7-11.
- Pratt P. F., Jury W. A. (1984). Pollution of the unsaturated zone with nitrate. *Ecol. Stud.* 47 : 52-67.
- Rossi N., Ciavatta C., Antisari L. V. (1991). Seasonal pattern of nitrate losses from cultivated soil with subsurface drainage. *Water, Air and Soil Pollution* 60 (1-2) : 1-10.
- Schuch M., Jordan F. (1985). Troetapne melioracije i gubitak hranjiva iz zemljišta (Agro i hidromelioracije). *Vodoprivreda* (94-95) : 87-93.
- Skaggs R. W., Gilliam J. W. (1981). Effect of drainage system design and operation on nitrate transport. *Transaction of the ASAE* (24) : 929-934.
- Šimunić I., Tomić F., Pecina M., Romić M. (1993). Djelovanje drenaže na koncentraciju dušika u drenažnoj vodi. *Hrvatske vode* 1 (1) : 107-110.
- Šimunić I., Tomić F., Klačić Ž. (1998). Die Konzentration von NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> und die Menge des ausgewaschenen Stickstoffs im Dränwasser bei verschiedenen detaillierten Entwässerungssystemen. Sammelband die XIX Konferenz der Donau-Anrainerstaaten über hydrologische Prognosen und die hydrologischen Grundlagen der Wasserbewirtschaftung. Beitrag No 5.17 : 869-878.
- Šoškić M., Đumija Lj., Manitašević J., Pavlič F. (1987). Količina dušika u drenažnim vodama u ovisnosti o različitim sistemima detaljne odvodnje. *Agrohemija* (4):305-311.
- Tomić F., Šimunić I., Petošić D. (1994). Djelotvornost različitih sustava detaljne odvodnje cijevnom drenažom na teškom pseudoglej-glejnom tlu Srednje Posavine. *Agronomski glasnik* (1-2) : 159-174.