

DUŠIKOVE PRETVORBE IN IZPIRANJE NITRATOV V TLA

Primož Marolt*

UDK 631.41 : 631.811.1

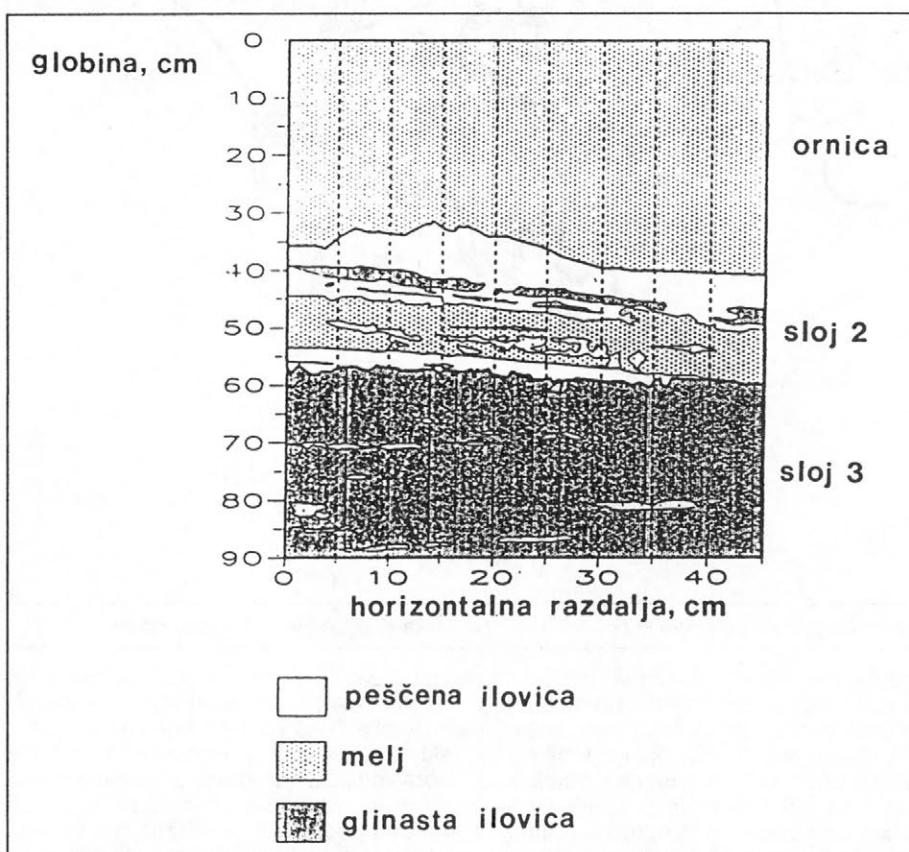
Modelne študije so zelo pomembne za prognozo mobilnosti in obstojnosti onesnaževalcev okolja v sistemu podtalnica—tla—atmosfera. Leta 1988 so na agronomski fakulteti v Wageningenu (Holandija) razvili model LEACHM (Leaching Estimation and Chemistry Model), ki prognozira količino izpranih nitratov v drenažnem sistemu ter stopnjo hlapljivega — volatiliziranega amonijskega iona v ozračju. Nitrati v podtalnici in amonijev ion v ozračju so pomemben vir onesnaževanja okolja na kmetijskih površinah in so posledica čezmernega gnojenja z dušičnimi gnojili. Model je sestavljen iz hidrološkega podmodela, ki primerja merjene in simulirane vrednosti vlažnosti tal, ter dušičnega podmodela, ki primerja merjene in simulirane vrednosti koncentracije nitratov in količine mineralnega dušika v talnem profilu. Natančnost ocene simuliranih vrednosti dušika je bila v povprečju za 10% manjša od dejanskega stanja. V drugem letu poskusa so bile za ovrednotenje scenarijev gnojenja v modelu uporabljene štiri talne enote (ilovica, glinasta ilovica, glina in peščena tla) v severozahodnem delu Nizozemske. Simulirane vrednosti izpranih nitratov so bile največje na peščeno-ilovnatih tleh, posejanih s krompirjem in ob dodatku 30 t/ha piščančje gnojevke. Vrednosti izpranega dušika so bile med 10,8 do 15,2 mg N/l. Najnižje vrednosti so bile dosežene na ilovnatih tleh, in sicer od 4,8 do 6,8 mg N/l. Če se gnojilka uporablja spomladi in se zadela v tla do globine 15 cm, je količina izpranih nitratov na peščeno-ilovnatih tleh še sprejemljiva (12 kg N/ha), količina hlapljivega (volatiliziranega) amonijskega iona pa je majhna (90 kg N/ha). Volatilizacija ima podoben učinek na vse talne enote.

Modelne študije in simulacije omogočajo dovolj natančno prognozo mobilnosti in obstojnosti onesnaževalcev v sistemu podtalnica—tla—atmosfera. Za tovrstno oceno je bil uporabljen model LEACHM, ki predvideva količino izpranih nitratov (NO_3^-) v drenažnih sistemih in stopnjo volatilizacije amoniaka (NH_3) v atmosferi. Lokacija za raziskovalno nalogo je bila izbrana v severozahodnem delu Nizozemske, meritve pa so se začele leta 1989. Model je vseboval dva podmodela:

- **Hidrološki model** primerja merjene in simulirane vrednosti matričnih potencialov (h), ki so pomembni za oceno vlažnosti tal. Večja ko je sila oziroma porabljena energija, s katero se voda veže v talnih porah, večji je matrični potencial. V glinastih tleh je vlažnost večja, a je tudi večji del vode močnejše vezane kot v peščenih tleh. Voda je tako rastlinam težje dostopna. Pri zasičenju tal z vodo so vse pore zapolnjene z vodo, ki tako gravitacijsko odteka. Sila vezave je takrat enaka nič, prav tako pa tudi matrični potencial.
- **Dušični podmodel** primerja merjene in simulirane vrednosti izpranih nitratov v podtalnici in vrednosti dušika, vezanega na talnih delcih.

Delovna hipoteza

V letu 1988 se je začela na Agronomski fakulteti v Wageningenu, Holandija, raziskovalna naloga o vplivu dušičnega gnojenja na onesnaževanje okolja. Naloga je bila finančno podprta s strani EGS-a. Model, ki je bil v uporabi, so razvili strokovnjaki iz Univerze v Cornelli, NY, ZDA.



Slika 1. Vertikalni talni profil na eni izmed poskusnih parcel.

Glavni cilj projektne naloge je bil:

- simulacija enodimenzionalnega toka vode na različnih talnih enotah;
- ocena količine izpranega dušika v drenažnem sistemu kot posledica različnih gnojilnih poskusov;

- primerjava med merjenimi in simuliranimi vrednostmi mineralnega dušika v talnem profilu;
- ocena količine hlapljivega amoniaka v ozračju;

* Mag., Republiška uprava za zaščito in reševanje, Kardeljeva ploščad 26, Ljubljana.

- uporaba dobro umerjenega modela v času rastne dobe, kjer so spremenljivke talni tip, globina podtalnice, gnojenje in klima.

Talni tipi na poskusni kmetiji

Poskusna parcela, ki leži v severozahodnem delu Holandije, obsega 7,5 ha, je manjše vzorcev pa je bilo opravljeno na površini 2,5 ha. Zaradi pogostega poplavljanja pred letom 1930 so talne enote stratificirane kot posledica sedimentacije. Variabilnost talnih profilov je zelo velika, sestava tal je glinasto-ilovnata do peščena (slika 1). Poskus je zajemal štiri talne enote: peščena, ilovnata, glinasto-meljasta in glinasta tla.

Fizikalne lastnosti in direktne meritve

Za določitev enodimenzionalnega toka vode v tleh je potrebno določiti hidravlične lastnosti tal, kot so matrični potencial, vlažnost tal in hidravlična prevodnost. Bolj ko so tla zasičena z vodo, večja je hidravlična prevodnost. V glinastih tleh je tok vode počasnejši zaradi večjih sil, s katerimi se voda veže v talnih porah, v peščenih tleh pa je hidravlična prevodnost večja, saj je primer por v povprečju večji kot v glinastih tleh. Izmerjena je bila tudi volumska specifična teža tal, ki je pomembna za določitev razmerja por, napolnjenih z vodo ali zrakom. Tla, ki imajo ugodno razmerje makropor in kapilar, so hkrati primerna za rast in razvoj korenin in mikroorganizmov. Večini rastlin in mikroorganizmov ustreza razmerje med vodo in zrakom 2/3—1/3: 1/3—1/4.

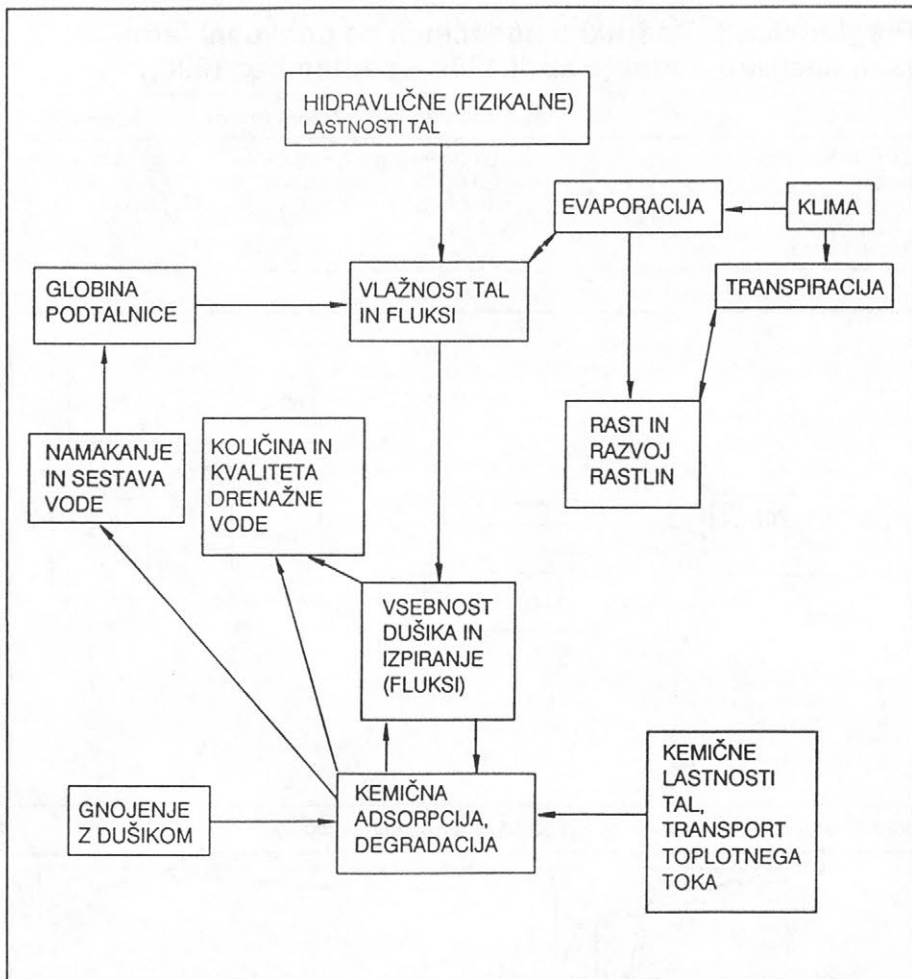
Uvod v model LEACHM

Model ima modularno strukturo, sestavljen iz podprogramov, ki opisujejo vodni tok, toplotni tok, rast in razvoj rastlin ter pretvorbe dušika, ki vplivajo na kemično stanje tal v nezasičeni coni (slika 2). Hidrološki podmodel (**LEACHW**) simulira gibanje vode in topljenja tako skozi homogene kot stratificirane talne profile.

Evaporacija in transpiracija sta pojava, ki določata izgubo vode iz tal in iz listnih rež rastlin kot posledica izhlapevanja. V suhi, vetrovni in topli klimi so te izgube večje, kar vse vpliva na manjšo vlažnost tal. V tem podmodelu se obravnava tudi črpanje vode s koreninskim sistemom. Le-ta je odvisen od rasti in razvoja rastlin.

Hidravlične lastnosti in globina podtalnice opredeljujejo dinamiko gibanja onesnaževalca (nitrata) v tleh. Na peščenih tleh, kjer je hidravlična prevodnost velika, bo tudi izpiranje hranil večje. Če je poleg tega podtalnica visoka, bo prehajanje nitrata v drenažni sistem hitrejšje. Nemačkanje in sestava vode vplivata na globino podtalnice s tem pa tudi vlažnost tal.

Gnojenje z dušikom in vlažnost tal kot funkcija padavin vplivata na vsebnost dušika, vezanega na talne delce. Pričakovati je, da bo ob intenzivnem gnojenju delež izpranega dušika večji na peščenih



Slika 2. Struktura simulacijskega modela v sistemu tla—voda—rastline—dušik (dopolnjeno po Wagenetu, 1986).

tleh. V glinastih tleh je lahko vlažnost večja, vendar pa so večje tudi sile vezanja vode. S tem je dinamika gibanja vode in nitrata manjša.

Vertikalni tok vode je definiran glede na količino padavin v okviru vodne bilance. Tako obstaja kapilarni dvig oziroma infiltracija vodnega toka v tleh glede na količino padavin.

Dušični podmodel (**LEACHN**) obravnava pretvorbe in razgradnjo dušika iz organske oblike v anorgansko (slika 3).

Kemična adsorpcija pomeni vezavo mineralne oblike dušika na talne delce. Pri večji temperaturi tal je tudi razgradnja dušika večja, s tem pa ob padavinah tudi izpiranje nitrata v podtalnico. Poleg padavin vplivajo na razgradnjo dušika tudi kemične lastnosti tal, na primer kislost tal, količina in vrsta ionov.

V tleh, posebno v površinski plasti, se kopiči odmrlo organsko snov (odmrle korenine rastlin, nadzemni deli, stelja), ki se kmalu spremeni (humificira) v trajnejšo, obstojnejšo snov — humus. Obraten pa je proces imobilizacije, ki vključuje težko razgradljive dele organske snovi, nedostopne za rastline.

Organska gnojila in humus spremlja mineralizacija, kjer se del organske snovi popolnoma razkroji, med drugim tudi v amonijsko obliko dušika (NH_4^+). Del amonija se pretvori v nitratno, rastlinam

dostopno obliko dušika (NO_3^-), del amonija pa preide v ozračje (volatilizira). Glavni vir onesnaževanja sta NH_3 v ozračju in NO_3^- v podtalnici.

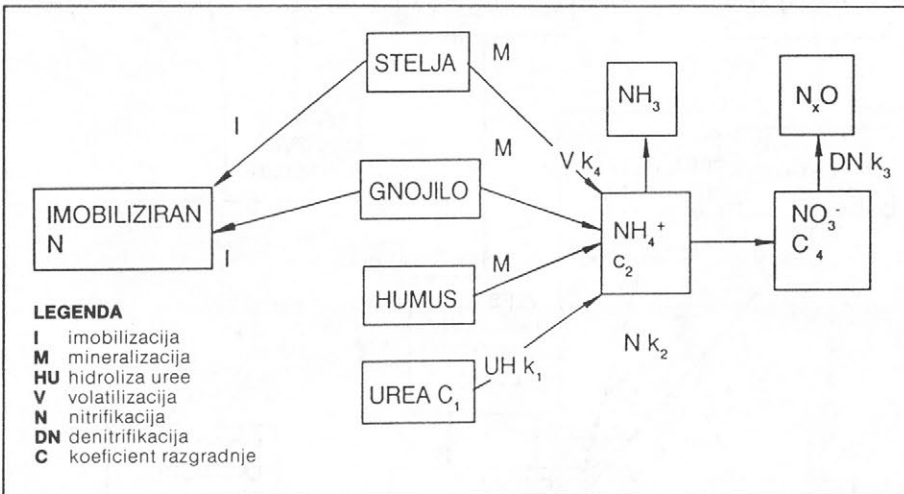
Rastna doba, gnojenje in nekateri klimatski parametri

Obdelana je bila rastna doba dveh let od 1. aprila 1989 do 4. septembra 1990. V tem času je padlo 840 mm padavin, potencialna evapotranspiracija pa je po izračunu znašala 1110,2 mm. Gladina podtalnice je nihala od 1,6 do 0,7 m pod površjem. Poljščine, zastopane v kolobarju, so predstavljene v tabeli 1.

Pred setvijo jarega ječmena so vse parcele prejele 34,5 kg/ha mineralnega dušika. Po žetvi ječmena so v tla zaorali slamo. Vsebnost dušika v slami in podzemnih delih je bila 13 kg/ha. Naslednje gnojenje je bilo pred setvijo zelenega podora, odmere pa je znašal do 30 t/ha piščančje gnojevke. Vloga zelenega podora (travne mešanice) je v tem, da zadržuje (žezmerno izpiranje dušika v podtalnico v času padavin. V fazi rasti je bila travna mešanica dognojena s 60 kg/ha mineralnega dušika, s podoravanjem mešanice pa so tla pridobila 134 kg N/ha.

Gnojilni poskus s krompirjem je skušal ugotoviti, kakšna bo količina izpranega

	Ječmen	Zeleni podor	Krompir
Čas setve, saditve	03-04-89	29-08-89	10-04-90
Kalitev	20-04-89	08-09-89	05-05-90
Spravilo	10-08-89	15-11-89	03-09-90
Odvzem dušika, kg/ha	140	134	200
Pridelek, t/ha	3,4—6,0	zaorano	50—55



Slika 4. Simulirane in merjene vrednosti matričnih potencialov na globini 35 in 100 cm (parcela 65).

dušika v drugem letu, če bodo različne talne enote prejele 30 t/ha piščančje gnojevke v različnih časovnih intervalih: jeseni, spomladi ali oboje, vsekakor pa pred saditvijo krompirja. Vse parcele so 19. marca 1992 prejele 115 kg/ha mineralnega dušika.

Rezultati in diskusija

Grafična predstavitev hidrološkega modela

Matrični potencial je bil merjen na globini 35, 45 in 100 cm. V mesecih, ko so zabeležili večjo količino padavin (april, oktober 1989 ter januar, februar 1990), je vrednost matričnega potenciala majhna, saj so tla blizu zasičenja, nivo podtalnice pa je visok. Upoštevani so bili štirje scenariji (simulacije) glede na teksturo tal (velikost talnih delcev) in hidrološke značilnosti.

lzipiranje nitratov je v tem obdobju intenzivno, razlike med merjenimi in simuliranimi vrednostmi potencialov pa so majhne (slika 4). V sušnem obdobju so vrednosti matičnih potencialov visoke predvsem na glinasto-meljastih tleh, odstopanja med merjenimi in simuliranimi vrednostmi so velika. V poletnih mesecih je znašala evapotranspiracija do 5,5 mm/dan. Gibanje vodnega toka navzdol je v tem času omejeno zaradi pomanjkanja padavin, zato je migracija nitratov v drežnaži sistem omejena.

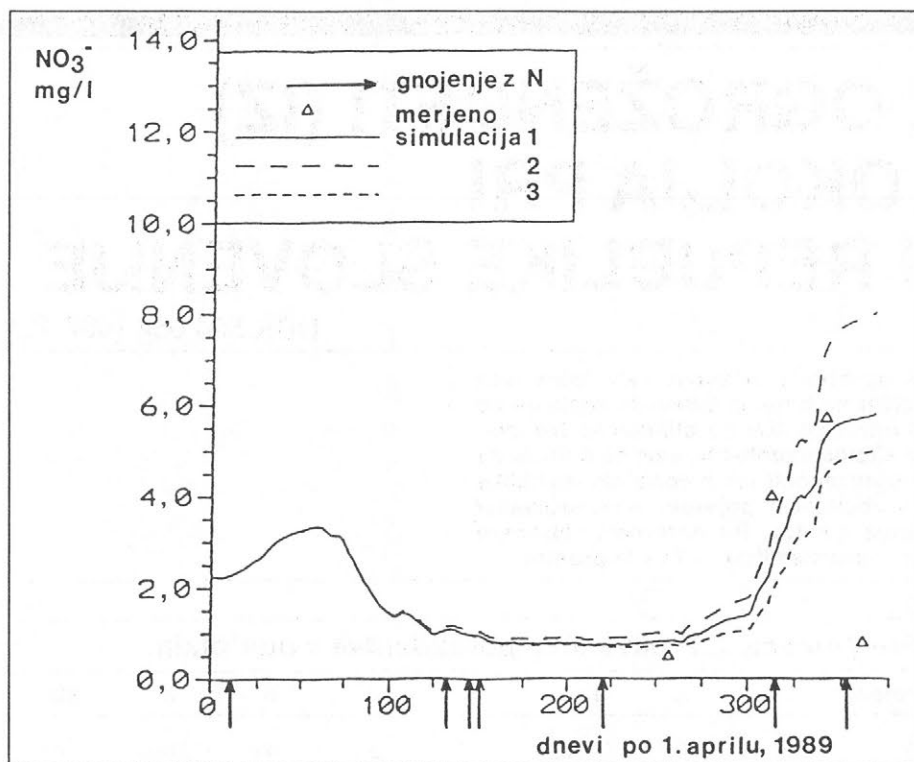
Grafična predstavitev modela dušika

Za simulacijo modela dušika so bili izbrani trije različni scenariji, ki so vsebovali različne vrednosti nitrifikacijskih koeficientov, različno stopnjo mineralizacije in različne vrednosti adsorbiranega amonijevega iona, vezanega na talnih delcih.

Koncentracije nitratov na globini 1 m so prikazane na sliki 5. V deževnem obdobju pride do intenzivnejše pretvorbe (nitrifikacije) amonijskega dušika v nitratno, rastlinam dostopno raztopino. Zato so vrednosti nitratov, ki se izpirajo v podtalnico, na globini 1 m velike. Izpiranje je povečano zaradi intenzivnega gnojenja z gnojevki in mineralnimi gnojili. Vrednosti matričnih potencialov so v tem obdobju majhne (blizu zasičenja), obstaja pa tudi visok nivo podtalnice, ki pospešuje migracijo nitratov v podtalnico kot posledico padavin. Odstopanja med merjenimi in simuliranimi vrednostmi nitratov so majhna.

Na lokaciji 83, ki je prejela 30 t/ha gnojke, so vrednosti nitratov okoli 9 mg/l (ppm), medtem ko je dovoljena količina s stališča ekološko čiste vode 11,3 mg N/l (normativi EGS).

V raziskave so bile zajete 4 talne enote. Ugotovljeno je bilo, da so nitrati, ki se izpirajo v podtalnico, glavni vir polucije na peščeno-ilovnatih tleh, kjer znašajo kon-



Slika 5. Primerjava med simuliranimi in merjenimi koncentracijami NO_3^- na globini 1 m (lokacija 83).

centracije med 15,2 in 10,8 mg N/l, najnižje vrednosti pa so bile simulirane na glinasto-ilovnatih tleh. Zelo pomemben je čas uporabe gnojevke. Če se gnojevka uporablja spomladi in se zadela na globini 15 cm, se izpere sorazmerno malo nitrata (12 kg N/ha). Tudi količina amonija, ki volatilizira v atmosfero, je s tem bistveno manjša (90 kg N/ha). Tako se zmanjša vir onesnaževanja atmosfere, saj amonij prispeva h kislosti dežja.

Uporabnost modela LEACHM pri nas

Model LEACHM predstavlja dobro interakcijo med hidrološkim in dušičnim podmodelom, torej med tokom vode in transportom dušika. Model se lahko uporablja za prognozo kakovosti vode glede na različne količine in vrste dušičnih gnojil. Seveda pa je treba model predhodno kalibrirati in ovrednotiti za različna geografska območja ob upoštevanju mejnih pogojev, kot so klima, vrsta tal, vegetacija in globina podtalnice.

Podnebje v Holandiji je bistveno drugačno kot pri nas. Holandija ima oceansko podnebje, kjer so padavine dokaj enakomerno razporejene prek celega leta in znašajo med 700 in 800 mm. Število sončnih ur je bistveno manjše (1600–1700 ur). Temperaturna nihanja so bistveno manjša; zime so toplejše, snežna odeja ni pogost pojav, poletja pa so v primerjavi s Slovenijo hladnejša. Nivo podtalnice je pogosto zelo blizu površja, predvsem v hidromorfih tleh oziro-

ma na zemljiščih, iztrganih morju (polderji).

V Sloveniji je podnebje srednjeevropsko. Prepletajo se vplivi celinskega, oceanskega in sredozemskega podnebja. Padavin je več, drugačna je tudi njihova razporeditev prek leta. Spomladi in poleti so temperature zraka višje, zato je tudi evapotranspiracija večja. Število sončnih ur v notranjosti Slovenije je približno med 1800 in 2000 na leto.

Kmetijsko intenzivna ravninska območja, kot so Dravsko in Ptujsko polje, Pomurska ravnina, Spodnja Savinjska dolina in Vzhodna Krška kotlina, so z vidika onesnaževanja podtalnice z dušičnimi gnojili ogrožena. To so pomembni vodonosniki podtalnice, ki je lahko tudi vir pitne vode. Prav zaradi tega je potrebno smotno uporabljati gnojila na način, ki zmanjšuje onesnaževanje okolja. Pravilni čas uporabe in zadelava gnojevke spomladi, zmanjšujeta izhlapevanje amoniaka. Pravilno vrstenje poljščin preprečuje čezmerno izpiranje nitrata v podtalnico (zeleni podor). Pomembno je, da je izraba dušika v odvisnosti od rastline čim večja in pravočasna.

Glede na opravljene raziskave se predvideva, da je model LEACHM zaradi svoje dinamike in možnosti aplikacij uporaben tudi v slovenskem prostoru kljub različnim podnebnim in pedološkimi razmeram v primerjavi s poskusno parcelo v Holandiji.

1. Addiscott, T. M., 1983. Kinetics and temperature relationship of mineralisation and nitrification in Rothamsted soils with differing histories. *Journal of Soil Science*, vol. 34, št. 2, str. 343–353.

2. Feddes, R. A., M. De Graaf, J. Bouma, C. D. Van Loon, 1988. Simulation of water use and production of potatoes as effected by soil compaction. *Potato Research*, vol. 31, 1988, št. 2, str. 225–239.
3. Finke P. A., W. J. P. Bosma, 1991. Obtaining basic simulation data for a heterogeneous field with stratified marine soils. V tisku.
4. Klute, A., C. Dirksen, 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. A. Klute (ur.), *Methods of Soil Analysis*, 1. Physical and mineralogical methods. Am. Soc. Agr., monogram 9, 2. izdaja, Madison, Wisconsin, USA.
5. Wagenet, R. J., J. L. Hutson, 1989. LEACHM: Leaching Estimation And Chemistry Model: A process based model of water and solute movement, transformations, plant uptake and chemical reactions in the unsaturated zone. Version 2. Center for Environmental Research, Cornell University, Ithaca, NY.

Primož Marolt

Nitrogen Conversion and Leaching of Nitrates in the Soil

Simulation modelling is the main tool used to predict the mobility and persistence of pollutants in ground water-soil-air systems. LEACHM (Leaching Estimation and Chemistry Model) was used to predict the amount of NO_3^- leachates in the drainage system and ammonia volatilization on The Netherlands experimental farm in 1988. The water submodel compared simulated and measured matrix potentials at three different depths to describe the physical properties of the soil. Nitrate predictions depend on accurate percolation predictions in the hydrology submodel. The nitrogen submodel was calibrated according to three different scenarios in which simulated and measured nitrogen concentrations were compared. On average, the nitrogen submodel underestimated by about 10%. During the second year of simulation, the calibration results of the nitrogen model were used to validate various fertilization scenarios on four soil units. The simulated nitrate leachates were the highest on sandy loam potato fields where 30 t/ha of chicken slurry had been applied in the early fall. Concentrations here varied from 10.8 to 15.2 mg N/l, while the lowest values were obtained on loamy clay fields with concentrations varying from 4.8 to 6.8 mg N/l. If slurry is applied during the spring with incorporation, the amount of cumulative profile leachates is acceptable (12 kg N/ha for sandy loam) while the amount of ammonia volatilization is considered low (90 kg N/ha). Volatilization is similar for all soil units.