

ISTRAŽIVANJA AKUMULACIJE MINERALNOG  
DUŠIKA NA STANIŠTIMA DVIJU NITROFILNIH  
BILJNIH ZAJEDNICA U JUŽNOJ NJEMAČKOJ

Mit deutscher Zusammenfassung

LJERKA MARKOVIĆ-GOSPODARIĆ

(Iz Instituta za botaniku Sveučilišta u Zagrebu i Instituta za botaniku  
Visoke poljoprivredne škole u Stuttgart-Hohenheimu)

Primljeno za štampu 15. III 1967.

Uvod

U stvaranju i rasporedu nitrofilne vegetacije neosporno je dušik u tlu jedan od najvažnijih ekoloških faktora. Međutim, činjenica je da u modernoj ekološkoj i geobotaničkoj literaturi, koja se odnosi na nitrofilnu vegetaciju, nalazimo vrlo mali broj radova koji obrađuju taj problem. Razloge moramo tražiti u tome što je mjerenje onih oblika dušikovih spojeva koji su pristupačni višim biljkama još uvijek vrlo kompliciran i dugotrajan posao. Ovaj rad predstavlja pokušaj, da se u okviru ekoloških istraživanja nitrofilne vegetacije pristupi i analizi mineralnog dušika u tlu.

Spomenuta istraživanja vršena su u toku vegetacijske sezone 1966. godine (od 8. III do 12. VII) na staništima dviju nitrofilnih biljnih zajednica u okolini Hohenheima kraj Stuttgarta, a njihov laboratorijski dio izvršen je u Botaničkom institutu Visoke poljoprivredne škole u Stuttgart-Hohenheimu. Boravak na tom institutu bio mi je omogućen stipendijom zaklade A. Humboldt.

Svrha je tih istraživanja da se pokaže postoje li veće razlike u opskrbi dušikom na staništima različitih nitrofilnih zajednica, kakav je tok te opskrbe u vegetacijskoj sezoni i što sve utječe na tu opskrbu.

Koristim priliku da se i na ovom mjestu najljepše zahvalim prof. dr Heinrichu Walteru, u ono vrijeme direktoru Botaničkog instituta Visoke poljoprivredne škole u Stuttgart-Hohenheimu, koji mi je omogućio ta istraživanja, nadzirao moj rad i u mnogome mi pomogao dragocjenim savjetima. Također se najljepše zahvaljujem dr Michaelu Rungeu na detaljnim uputama u metodiku istraživanja, kao i na kolegijalnoj pomoći u toku rada. Ujedno se zahvaljujem i zakladi A. Humboldt na dodijeljenoj stipendiji.

# Opis istraživanih nitrofilnih biljnih zajednica i njihovih staništa

## a) Izbor istraživanih površina

Za ova istraživanja nastojala sam odabrati površine takvih nitrofilnih zajednica, za koje se već prema izgledu staništa i sastavu vegetacije moglo zaključivati na dobru opskrbu dušikovim spojevima. U tu svrhu odabrane su dvije sastojine nitrofilne vegetacije. U obje sastojine dominantna biljna vrsta je *Urtica dioica*, ali unatoč tome, razlike u staništima i florističkom sastavu obiju istraživanih površina su prilično velike.

Prva sastojina pripada asocijaciji *Alliario-Chaerophylletum temuli*, a druga asocijaciji *Chaerophylletum bulbosi*. Stanište prve sastojine je umjerenom zasjenjeno, osrednje vlažno i antropogenog je karaktera. Stanište druge sastojine jače je zasjenjeno, a po tipu tla pripada smeđem šumskom tlu. Floristički sastav obiju sastojina ukazuje na dobru opskrbu dušikovim spojevima. Na staništu prve sastojine preko jeseni i zime gomilaju se hrpe truloga lišća i granja radi dobivanja humusa. Kod druge sastojine glavno vrelo dušikovih spojeva su otpadne vode iz obližnjeg potoka.

## b) Opis istraživanih površina

### 1. Asocijacija *Alliario-Chaerophylletum temuli* (Kreh 1935) Lohm. 1949.

Istraživana sastojina zajednice *Alliario-Chaerophylletum temuli* nalazi se u Botaničkom vrtu Visoke poljoprivredne škole u Stuttgart-Hohenheimu. Smještena je sasvim na južnom kraju vrta, u onom dijelu Arboretuma gdje je antropogeni utjecaj vrlo jak. Tu su kroz dulji niz godina sakupljane hrpe truloga lišća i granja u svrhu dobivanja humusa. Sastojina je zasjenjena visokim stablima različitih *Ulmus*- i *Quercus*-vrsta, a razvijena je u obliku faciesa vrste *Urtica dioica*, čija visina dosiže i do 2 m. Jedan dio ove sastojine ima na površini od 60 m<sup>2</sup>, gdje je vegetacijom obraslo 90% plohe, ovaj sastav (snimljeno 3. VII 1966):

1. <i>Urtica dioica</i> L. . . . .	5.4
2. <i>Lamium album</i> L. . . . .	2.2
3. <i>Chelidonium majus</i> L. . . . .	2.2
4. <i>Aegopodium podagraria</i> L. . . . .	2.1
5. <i>Poa pratensis</i> L. . . . .	2.1
6. <i>Stellaria media</i> (L.) Vill. . . . .	1.2
7. <i>Arctium minus</i> (Hill.) Bernh. . . . .	1.2
8. <i>Alliaria officinalis</i> Andr. . . . .	1.1
9. <i>Lapsana communis</i> L. . . . .	1.1
10. <i>Rumex obtusifolius</i> L. . . . .	1.1
11. <i>Geum urbanum</i> L. . . . .	1.1
12. <i>Impatiens parviflora</i> DC. . . . .	1.1
13. <i>Geranium robertianum</i> L. . . . .	1.1
14. <i>Sonchus asper</i> (L.) Hill. . . . .	1.1
15. <i>Taraxacum officinale</i> Web. . . . .	1.1
16. <i>Plantago major</i> L. . . . .	+2

17. <i>Milium effusum</i> L. . . . .	+2
18. <i>Dactylis glomerata</i> L. . . . .	+
19. <i>Poa annua</i> L. . . . .	+
20. <i>Stachys silvatica</i> L. . . . .	+
21. <i>Symphytum officinale</i> L. . . . .	+
22. <i>Sonchus oleraceus</i> (L.) Gou. . . . .	+
23. <i>Erigeron canadensis</i> L. . . . .	+
24. <i>Polygonum aviculare</i> L. . . . .	+
25. <i>Achillea millefolium</i> L. . . . .	+
26. <i>Chaerophyllum temulum</i> L. . . . .	+
27. <i>Plantago lanceolata</i> L. . . . .	+

Tlo ove sastojine nalazi se pod antropogenim utjecajem, jer su ovdje kroz više godina odlagane hrpe truloga lišća i granja u svrhu dobivanja humusa. A<sub>H</sub>-horizont predstavlja 12 cm debeli sloj crnosmeđeg amorfnog humusa, pomiješanog s ostacima grančica i ogranaka. Taj je sloj rahao i dobro prorastao korijenjem, a samo tu i tamo mogu se u njemu zamjećivati tragovi gujavica. Na taj sloj humusa slijedi u dubini od 12–24 cm sloj sivosmeđe humozne trošne gline, dobro prorastle korijenjem, a iza toga se nastavlja sloj gušće žutosmeđe ilovaste gline, s većim sivosmeđim mrljama, također dobro prorastao korijenjem i prilično kompaktan.

## 2. Asocijacija *Chaerophylletum bulbosi* Tx. (1931) 1937.

Istraživana sastojina asocijacije *Chaerophylletum bulbosi* smještena je u dolini potoka Körsch, južno od Hohenheima. Sastojina je razvijena u neposrednoj blizini obale potoka, na rubu šume, u kojoj dominira *Fraxinus excelsior*. U potok se izlijevaju otpadne vode, te se u rano proljeće ova sastojina bogato natapa otpadnim vodama. Uslijed dobre zasjenjenosti tlo ove sastojine je kroz cijelu vegetacijsku sezonu jednolično vlažno. U sastojini dominiraju *Urtica dioica* i *Chaerophyllum bulbosum*. Pojedini individui vrsta *Urtica dioica* i *Chaerophyllum bulbosum* visoki su u prosjeku 1–1,5 m. Floristički sastav ove sastojine, na površini od 25 m<sup>2</sup>, gdje je vegetacijom obraslo cca 70% plohe (snimljeno 3. VII 1966), je ovaj:

1. <i>Urtica dioica</i> L. . . . .	3.3
2. <i>Chaerophyllum bulbosum</i> L. . . . .	3.2
3. <i>Lamium maculatum</i> L. . . . .	2.2
4. <i>Brachypodium silvaticum</i> R. et Sch. . . . .	2.1
5. <i>Dactylis glomerata</i> L. . . . .	1.1
6. <i>Geum urbanum</i> L. . . . .	1.1
7. <i>Melandryum rubrum</i> (Weigel) Garcke . . . . .	1.1
8. <i>Lamium album</i> L. . . . .	1.1
9. <i>Lamium galeobdolon</i> (L.) Cr. . . . .	1.1
10. <i>Galium aparine</i> L. . . . .	1.1
11. <i>Poa pratensis</i> L. . . . .	1.1
12. <i>Colchicum autumnale</i> L. . . . .	1.1
13. <i>Viola silvestris</i> Lam. . . . .	1.1
14. <i>Lolium multiflorum</i> Lam. . . . .	+
15. <i>Geranium pratense</i> L. . . . .	+
16. <i>Stellaria holostea</i> L. . . . .	(+)
17. <i>Alliaria officinalis</i> Andrz. . . . .	(+)

Tlo sastojine asocijacije *Chaerophylletum bulbosi* pripada tipu smeđeg šumskog tla. A<sub>H</sub>-horizont predstavlja oko 12 cm debeli sloj rahle tamne (sivo)-smeđe gline, koja se lako mrvi, dobro prorasle korijenjem i s nepravilnom granicom prema slijedećem sloju. Na dubini od 12–25 cm nalazi se srednje (sivo)-smeđa trošna i nešto gušća glina, prorasla korijenjem i s nepravilnom granicom prema slijedećem sloju. Na dubini od 25 cm počinje sloj guste, tamno oker-smeđe gline, prorasle korijenjem.

## Metodika

Općenito je poznata konstatacija da su staništa na kojima uspijeva nitrofilna vegetacija bogata dušikovim spojevima. Međutim, sav taj dušik u organskom i mineralnom obliku nije pouzdano mjerilo, po kome se može prosuditi kakva je opskrba dušikom svih onih viših biljaka, koje sačinjavaju dotičnu nitrofilnu vegetaciju. Naime, u procesu kolanja dušika u prirodi, višim biljkama stoji na raspolaganju samo mali dio mineralne faze dušika, tj. više biljke mogu primati dušik pretežno u obliku NO<sub>3</sub>- i NH<sub>4</sub>-iona.

Procesom mineralizacije postojećih količina organskih dušikovitih spojeva stvaraju se u tlu neprestano nove količine mineralnog dušika. Međutim, mjerenje tih momentalnih količina mineralnog dušika u tlu također ne kazuje mnogo, jer su izložene vrlo velikim kolebanjima. Lako topljivi nitrati brzo se putem padalina ispiru u dublje slojeve tla. Korijenje biljaka neprestano preuzima izvjesne količine mineralnog dušika. Osim toga u vlažnim, slabo prozračnim tlima dolazi često i do procesa denitrifikacije, pa se količine dušika u tlu brzo smanjuju. Stoga, dakle, za poznavanje opskrbe viših biljaka dušikom nije tako značajna ukupna produkcija mineralnog dušika u tlu, već netto-produkcija, tj. ona količina mineralnog dušika koja preostaje kao rezultat djelovanja triju procesa, amonifikacije, nitrifikacije i denitrifikacije.

Da bi se te netto-količine mineralnog dušika mogle izmjeriti, potrebno je prije toga spriječiti odvođenje dušika putem živog korijenja, kao i ispiranje dušika u dublje slojeve tla putem padalina. To se postizava na taj način što se uzimaju izvjesne količine tla iz određenog horizonta, očiste se od svih dijelova živoga korijenja i zatim se zatvaraju ili u staklene posude, koje se stavljaju kroz 6 tjedana pod određene laboratorijske uvjete (tzv. Brutversuch), ili u plastične posude ili vrećice, koje se ukopavaju u onaj horizont tla, iz kojeg je tlo bilo izvađeno. Kroz razdoblje od 6 tjedana izvrši se mineralizacija dušika iz postojećih organskih spojeva, a nakon toga mjeri se količina akumuliranog mineralnog dušika.

Prvu metodu, po kojoj se mineralizacija dušika odvijala u laboratorijskim uvjetima (tzv. Brutversuch), detaljno je opisao H. Z ö t t l (1958, 1960), pa se na ovom mjestu spominje samo u najkraćim crtama. Međutim, tako stvorene količine mineralnog dušika ipak su nastale pod umjetnim uvjetima u laboratoriju, kakvi ne odgovaraju stvarnim uvjetima na staništu. Stoga se nešto kasnije prešlo na odlaganje proba tla kroz 6 tjedana

u odgovarajući horizont tla vani na samom staništu, što je bolje odgovaralo prirodnim uvjetima, barem što se tiče temperaturnih prilika (H. Ellenberg 1963, M. Runge 1965).

*Određivanje akumulacije mineralnog dušika na staništu.* — Odlaganjem proba tla kroz 6 tjedana na samom staništu, tj. njihovim ukopavanjem u odgovarajuće horizonte tla, nastojalo se, što je moguće više, približiti odvijanje akumulacije mineralnog dušika stvarnim prirodnim uvjetima. Time se postiglo, da su probe izložene pravoj temperaturi tla. Naravno, vlažnost tla u probama ne odgovara posve prilikama na staništu, ona ostaje konstantna u toku 6 tjedana, dok se kroz to vrijeme stvarna količina vode u tlu može znatno izmijeniti. Da bi se ova razlika što više umanjila, vrši se ukopavanje novih proba tla svaka 2 — 3 tjedna (zavisno o karakteru staništa) u novu jamu, gdje opet miruju 6 tjedana. Na ovaj način dobivaju se u razmacima od svaka 2 — 3 tjedna nove vrijednosti akumulacije mineralnog dušika iz kojih se zatim izračunavaju prosječne akumulacije mineralnog dušika u svakom tjednu.

*Uzimanje i postavljanje proba tla.* — Probe tla uzimaju se pomoću lopatice iz određenog horizonta ili određene dubine tla, te se po nekoliko proba iz istoga sloja stavi zajedno u plastičnu vrećicu i dobro izmiješa. Iz te mješavine odstrani se živo korijenje i svi grublji dijelovi, kao ostaci grančica i kamenje, a zatim se iz toga izdvajaju probe tla u manje plastične vrećice, u svaku se stavlja otprilike jedna šaka tla. Svaka od tih vrećica veže se uzlom i ukopava u odgovarajući sloj tla, iz kojeg je uzeta. Za svaki horizont tla, za koji nas interesira akumulacija mineralnog dušika, uzimamo po tri takve probe. Pri ukopavanju vrećica treba paziti na to, da se one barem jednom svojom stranom dotiču onog dijela tla, gdje struktura još nije poremećena. Osim toga uzima se iz svakog horizonta tla još po 1/2 kg zemlje radi analize momentalnih količina nitrata i amonijaka, ukupnog dušika u tlu, momentalne vlage i reakcije tla. Probe leže u zemlji 6 tjedana, nakon toga se vade, odnose na analizu u laboratorij, a na njihovo se mjesto (nekih 10 cm dalje) ukopavaju nove probe, koje opet leže ovdje kroz idućih 6 tjedana. Postavljanje i uzimanje proba ponavlja se tako u razmacima od 2—3 tjedna kroz cijelu vegetacijsku sezonu ili čak godinu, osim onog razdoblja, kad je tlo smrznuto.

*Analiza.* — Nakon ležanja od 6 tjedana sve tri probe iz jednog horizonta se izmiješaju i prosiju kroz sito od 3 mm. Od te mješavine načini se emulzija od 5 g tla i 40 ml 1% otopine  $KAl(SO_4)_2$ , koja se izloži pola sata mućkanju na aparatu za mućkanje i iza toga se dva puta filtrira. Iz dobivenog filtrata određuju se nitrati po 2,4-xylenol metodi, a amonijak po Conwayu. Svako mjerenje vrši se po tri puta, pa se izračunavaju srednje vrijednosti. Osim toga mjeri se ponovno i sadržaj vode u tlu, sušenjem tla na 105 °C do konstantne težine. Dobiveni rezultati akumulacije mineralnog dušika preračunavaju se obično na određeni volumen tla, pa je potrebno jednom u toku vegetacijske sezone izmjeriti volumen tla za svaki sloj posebno. Iza toga se rezultati prikazuju u obliku dijagrama.

## Akumulacija mineralnog dušika na staništima istraživanih nitrofilnih biljnih zajednica

### a) Tok ukupne akumulacije mineralnog dušika u vegetacijskoj sezoni

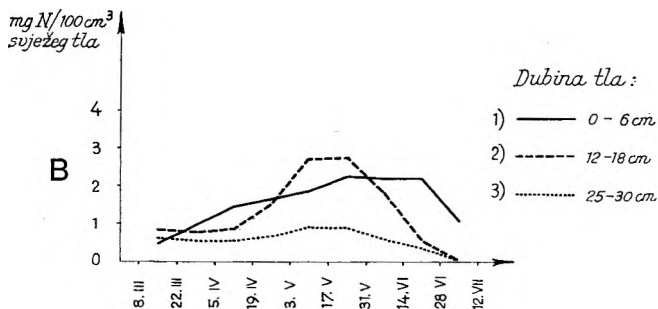
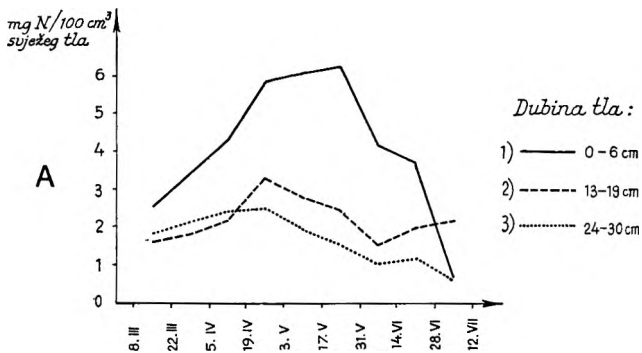
Akumulacija mineralnog dušika (u daljnjem tekstu skraćeno se bi-lježi kao  $N_{\min}$ -akumulacija) prikazana je u formi dijagrama, a pojedine njezine vrijednosti, izražene u mg N/100 ccm svježeg tla, nanesene su u razmacima od 2 tjedna.

Slika 1. prikazuje ukupnu  $N_{\min}$ -akumulaciju, mjerenu na staništima zajednica *Alliario-Chaerophylletum temuli* i *Chaerophylletum bulbosi* u razdoblju od 8. III do 12. VII 1966. Iz dijagrama se jasno vidi da intenzitet ukupne  $N_{\min}$ -akumulacije raste kod obje istraživane zajednice u toplijim proljetnim mjesecima, a opada u hladnim zimskim i vrućim ljetnim mjesecima. Maksimalne vrijednosti  $N_{\min}$ -akumulacije postignute su kod obje zajednice u površinskim slojevima tla u toku mjeseca svibnja.

Oscilacije pojedinih vrijednosti u krivuljama ukupne  $N_{\min}$ -akumulacije u toku vegetacijske sezone u tlu zajednice *Chaerophylletum bulbosi* mnogo su manje negoli kod zajednice *Alliario-Chaerophylletum temuli*. To se može dovesti u vezu s jednoličnijim stanišnim uvjetima kod zajednice *Chaerophylletum bulbosi*. Njezina je sastojina, naime, jače zasjenjena, pa su i temperatura i vlaga tla u njoj jednoličniji, izloženi manjim kolebanjima u toku vegetacijske sezone, a uslijed toga se i ukupna  $N_{\min}$ -akumulacija jednoličnije odvija (sl. 1:B). Sastojina zajednice *Alliario-Chaerophylletum temuli* nije tako jako zasjenjena, pa su kolebanja u temperaturi i vlazi tla mnogo veća kroz vegetacijsku sezonu, a time su i oscilacije u vrijednostima  $N_{\min}$ -akumulacije veće (sl. 1:A).

U vertikalnom rasporedu ukupne  $N_{\min}$ -akumulacije pokazuju se na istraživanim staništima također izvjesne razlike. U površinskim slojevima tla obiju zajednica ukupna  $N_{\min}$ -akumulacija je najintenzivnija. To je jasno vidljivo iz dijagrama ukupne  $N_{\min}$ -akumulacije kod zajednice *Alliario-Chaerophylletum temuli* (sl. 1:A), ali na prvi pogled to nije tako jasno kod druge istraživane zajednice (sl. 1:B). Naime, na staništu zajednice *Chaerophylletum bulbosi* pokazuje ukupna  $N_{\min}$ -akumulacija u dubini od 12–18 cm kroz izvjesno vrijeme veće vrijednosti negoli u površinskom sloju, što se može dovesti u vezu s kratkotrajno povoljnijom vlagom tla u dubini od 12–18 cm. Ali, kad se zbroje sve vrijednosti ukupne  $N_{\min}$ -akumulacije jednog sloja tla u toku vegetacijske sezone, onda se i kod zajednice *Chaerophylletum bulbosi* može konstatirati najveća ukupna  $N_{\min}$ -akumulacija u površinskom sloju.

S dubinom intenzitet ukupne  $N_{\min}$ -akumulacije opada. Kod toga su razlike u intenzitetu ukupne  $N_{\min}$ -akumulacije pojedinih slojeva tla mnogo veće kod zajednice *Alliario-Chaerophylletum temuli*, nego li kod zajednice *Chaerophylletum bulbosi*, što je prvenstveno ovisno o razlikama u sastavu dotičnih slojeva tla.

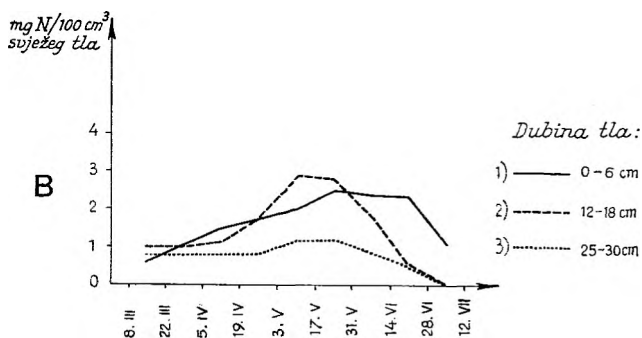
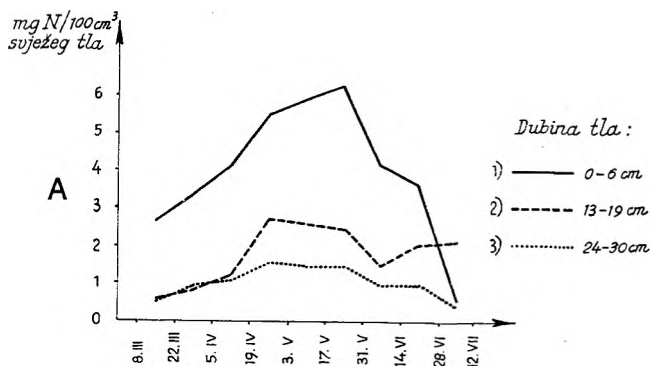


Sl. 1. Tok ukupne akumulacije mineralnog dušika na staništima zajednica Alliario-Chaerophylletum temuli (A) i Chaerophylletum bulbosi (B) iz okolice Hohenheima.

Abb. 1. Teil des Jahresganges der Gesamt-Mineralstickstoff-Anreicherung an Standorten des Alliario-Chaerophylletum temuli (A) und des Chaerophylletum bulbosi (B) in der Umgebung von Hohenheim.

#### b) Odnosi između akumulacije $NO_3-N$ i $NH_4-N$

S obzirom na to, da se ukupna akumulacija mineralnog dušika sastoji iz dviju komponenti ( $NO_3-N$  i  $NH_4-N$ ), valja pogledati kakvi su međusobni odnosi tih komponenti u tlima istraživanih zajednica (sl. 2. i 3). Istraživanja pokazuju da se pretežni dio ukupne akumulacije mineralnog dušika odvija kod obiju zajednica u obliku akumulacije  $NO_3-N$  (sl. 2), dok samo mali dio otpada na akumulaciju  $NH_4-N$  (sl. 3). Kod obje istraživane zajednice krivulje godišnjih tokova  $NO_3-N$ -akumulacije (sl. 2) gotovo slijede krivulje ukupne akumulacije mineralnog dušika u tlu (sl. 1).

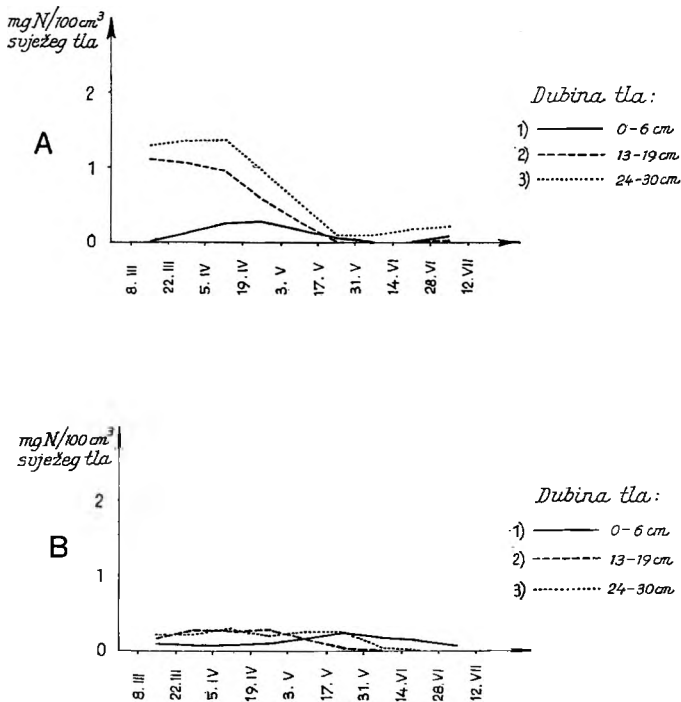


Sl. 2. Tok  $\text{NO}_3\text{—N}$ -akumulacije na staništima zajednica *Alliaro-Chaerophylletum temuli* (A) i *Chaerophylletum bulbosi* (B) iz okolice Hohenheima.

Abb. 2. Teil des Jahresganges der  $\text{NO}_3\text{—N}$ -Anreicherung an Standorten des *Alliaro-Chaerophylletum temuli* (A) und des *Chaerophylletum bulbosi* (B) in der Umgebung von Hohenheim.

Naprotiv, godišnji tok  $\text{NH}_4\text{—N}$ -akumulacije (sl. 3) se od toga znatno razlikuje. Akumulacija  $\text{NH}_4\text{—N}$  pokazuje najjači intenzitet u rano proljeće, dok kasnije opada ili čak sasvim prestaje. S porastom dubine tla ona raste, te je na istraživanim staništima najjača u dubini od 25–30 cm, a najslabija u površinskim slojevima tla (sl. 3). Na staništu asocijacije *Alliaro-Chaerophylletum temuli*  $\text{NH}_4\text{—N}$ -akumulacija je nešto veća (sl. 3:A) negoli kod druge istraživane zajednice (sl. 3:B), a isto su tako veće i oscilacije pojedinih njezinih vrijednosti u toku vegetacijske sezone, što je uvjetovano različitim stanišnim prilikama.





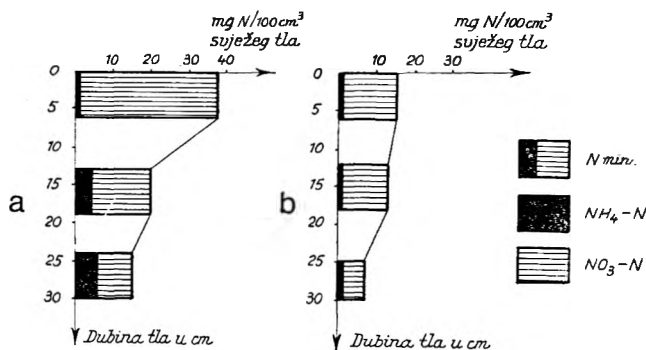
Sl. 3. Tok  $\text{NH}_4\text{-N}$ -akumulacije na staništima zajednica *Alliario-Chaerophylletum temuli* (A) i *Chaerophylletum bulbosi* (B) iz okolice Hohenheima.

Abb. 3. Teil des Jahresganges der  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anreicherung an Standorten des *Alliario-Chaerophylletum temuli* (A) und des *Chaerophylletum bulbosi* (B) in der Umgebung von Hohenheim.

### c) Bilanca mineralnog dušika

Pomnoži li se prosječna vrijednost ukupne  $N_{\text{min}}$ -akumulacije (odnosno  $\text{NO}_3\text{-N}$ - ili  $\text{NH}_4\text{-N}$ -akumulacije) u jednom tjednu s brojem tjedana u kojima su vršena mjerenja, dobiva se  $N_{\text{min}}$ -bilanca (odnosno  $\text{NO}_3\text{-N}$ - ili  $\text{NH}_4\text{-N}$ -bilanca) za dotično vremensko razdoblje. U našem slučaju to naravno vrijedi za razdoblje od 8. III do 12. VII 1966.

Slika 4. prikazuje vertikalni raspored  $N_{\text{min}}$ -bilance za obje istraživane zajednice, kao i odnose između  $\text{NO}_3\text{-N}$ - i  $\text{NH}_4\text{-N}$ -bilance. Usporede li se u tom pogledu obje istraživane zajednice, vidimo da je  $N_{\text{min}}$ -bilanca kod zajednice *Alliario-Chaerophylletum temuli* gotovo dvostruko veća u sva-



Sl. 4. Vertikalni raspored ukupne  $N_{\min}$ -bilance u tlu zajednica *Alliaro-Chaerophylletum temuli* (a) i *Chaerophylletum bulbosi* (b) iz okolice Hohenheima.

Abb. 4. Vertikale Abstufung der Mineralstickstoff-Bilanz in Böden des *Alliaro-Chaerophylletum temuli* (a) und des *Chaerophylletum bulbosi* (b) in der Umgebung von Hohenheim.

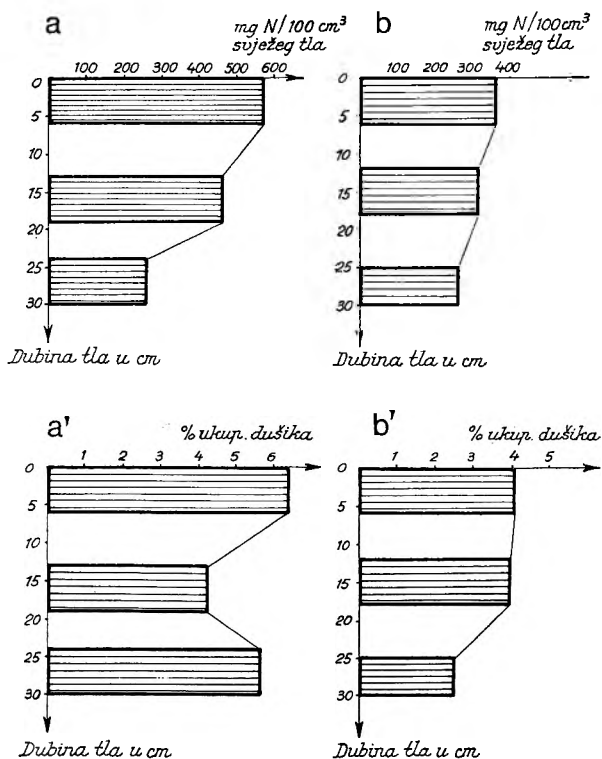
kom od istraživanih slojeva tla negoli kod zajednice *Chaerophylletum bulbosi*. Nadalje se primjećuje da vrijednosti  $N_{\min}$ -bilance s dubinom opadaju, i to mnogo brže kod prve istraživane zajednice, a polaganije kod druge. To se dovodi u vezu s razlikama u sastavu pojedinih slojeva tla, koje su kod zajednice *Alliaro-Chaerophylletum temuli* mnogo veće negoli kod zajednice *Chaerophylletum bulbosi*, gdje se sastav tla s dubinom vrlo malo mijenja.

$NO_3$ -N-bilanca sačinjava na istraživanim staništima pretežni dio bilance ukupnog mineralnog dušika (sl. 4). S porastom dubine tla i ona opada. Kod asocijacije *Alliaro-Chaerophylletum temuli* pokazuje, kao i ukupna  $N_{\min}$ -bilanca, dvostruko veće vrijednosti negoli kod asocijacije *Chaerophylletum bulbosi*.

$NH_4$ -N-bilanca predstavlja kod obje istraživane zajednice samo mali postotak ukupne  $N_{\min}$ -bilance. Ona s dubinom raste, kod zajednice *Alliaro-Chaerophylletum temuli* mnogo brže, a kod zajednice *Chaerophylletum bulbosi* znatno sporije, što je uvjetovano različitim aciditetom tla kod objiju zajednica (sl. 7). Naime, poznato je da što su pH-vrijednosti niže, to je i veće učešće  $NH_4$ -N-komponente u ukupnoj  $N_{\min}$ -akumulaciji. Vrijednosti pH kod zajednice *Alliaro-Chaerophylletum temuli* nalaze se u kiselom području i s dubinom opadaju (sl. 7:a), a kod zajednice *Chaerophylletum bulbosi* nalaze se u blizini neutralne tačke i s dubinom rastu (sl. 7:b).  $NH_4$ -N-bilanca površinskog sloja tla zajednice *Alliaro-Chaerophylletum temuli* iznosi 2,7% ukupne  $N_{\min}$ -bilance, a u dubini od 25–30 cm već preko 30%, dakle povećala se s dubinom 10 puta (sl. 4:a). Kod zajednice *Chaerophylletum bulbosi*  $NH_4$ -N-bilanca iznosi u površinskom sloju 7,3% ukupne  $N_{\min}$ -bilance, a u dubini od 25–30 cm 22,8%, s dubinom se dakle povećala samo 3 puta (sl. 4:b).

d) Odnos ukupne akumulacije mineralnog dušika  
prema količini ukupnog dušika u tlu

Slika 5:a' i b' prikazuje ukupnu bilancu mineralnog dušika, izraženu u postocima količine ukupnog dušika u tlu. Iz dijagrama je vidljivo da je taj postotak najveći u površinskim slojevima tla, gdje se nalaze i najveće količine ukupnog dušika u tlu (sl. 5:a, b). S dubinom postotak opada (sl. 5:a' i b'). Iznimka u tom pogledu postoji jedino kod zajednice *Alliario-Chaerophylletum temuli* u dubini tla od 24–30 cm, gdje je taj postotak opet nešto veći. Općenito je taj postotak nešto manji kod zajednice *Chaerophylletum bulbosi* (sl. 5:b') negoli kod zajednice *Alliario-Chaerophylletum temuli* (sl. 5:a').

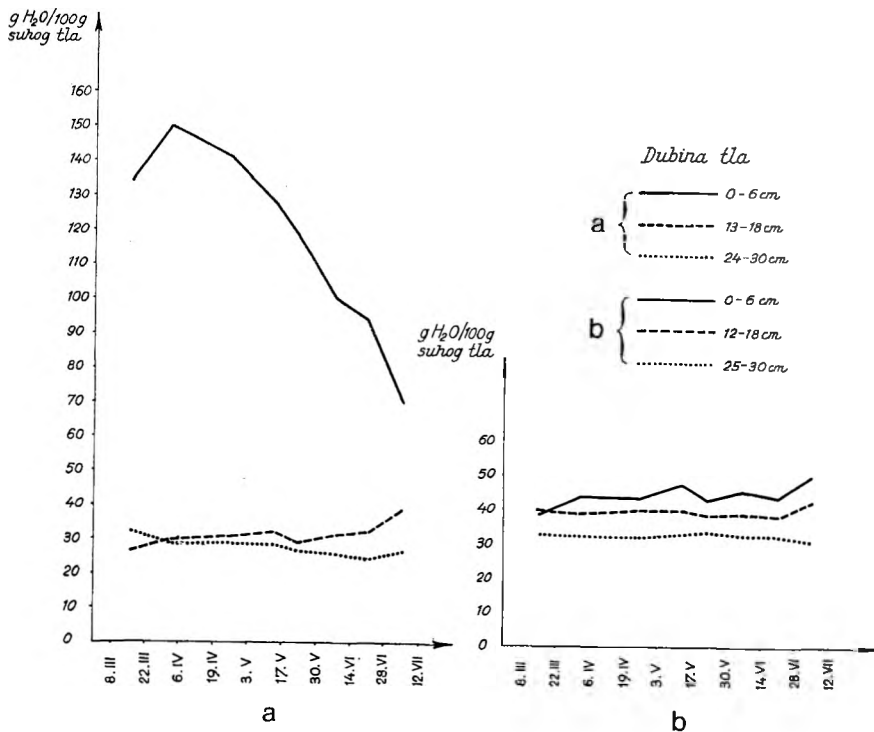


Sl. 5. Ukupni dušik u tlu (a,b) i  $N_{min}$ -bilanca, izražena u postocima ukupnog dušika (a',b') u tlu zajednica *Alliario-Chaerophylletum temuli* (a, a') i *Chaerophylletum bulbosi* (b,b') iz okolice Hohenheima.

Abb. 5. Gesamtstickstoff (a,b) und Mineralstickstoff-Bilanz als Prozent des Gesamtstickstoffs berechnet (a',b') in Böden des *Alliario-Chaerophylletum temuli* (a,a') und des *Chaerophylletum bulbosi* (b,b') in der Umgebung von Hohenheim.

e) Ukupna akumulacija mineralnog dušika i vlažnost tla

Slika 6. prikazuje vlažnost tla kroz vrijeme od 8. III do 12. VII 1966. Usporedi li se krivulja vlažnosti tla u zajednici *Alliario-Chaerophylletum temuli* (sl. 6:a) s krivuljom ukupne akumulacije mineralnog dušika (sl. 1:A), vidimo da u rano proljeće, kad je vlažnost tla najveća, akumulacija mineralnog dušika pokazuje razmjerno niske vrijednosti. Što se više vlažnost tla približuje optimalnim vrijednostima, to su i vrijednosti ukupne akumulacije mineralnog dušika sve veće. Nastupom ljeta tlo se postepeno suši, pa i intenzitet mineralizacije dušika postaje sve slabiji. Kao što su velike razlike u vlažnosti tla između površinskog sloja i ostalih slojeva tla kod prve istraživane zajednice (sl. 6:a), tako su i velike razlike u intenzitetu mineralizacije dušika kod tih slojeva. Te se razlike dovode u vezu sa sastavom tla, površinski sloj je bogat humusom, što omogućuje i povoljniji režim vlage u tlu, a naravno i jači intenzitet akumulacije mineralnog dušika.



Sl. 6. Vlažnost tla na staništima zajednica *Alliario-Chaerophylletum temuli* (a) i *Chaerophylletum bulbosi* (b) iz okolice Hohenheima.

Abb. 6. Wassergehalt des Bodens an Standorten des *Alliario-Chaerophylletum temuli* (a) und des *Chaerophylletum bulbosi* (b) in der Umgebung von Hohenheim.

Slika 6:b pokazuje vlažnost tla u zajednici *Chaerophylletum bulbosi*. Tu su vrijednosti mnogo niže, a i razlike među njima su mnogo manje kroz cijelu vegetacijsku sezonu. Isto to vrijedi i za intenzitet akumulacije mineralnog dušika (sl. 1:B). Manja kolebanja u vlažnosti tla kroz vegetacijsku sezonu mogu se dovesti u vezu s jačom zasjenjenosti staništa putem šumskog drveća.

f) Odnos ukupne akumulacije mineralnog dušika  
prema reakciji tla

Slika 7. pokazuje, kako se kreće reakcija tla u različitim dubinama tla kod obje istraživane zajednice. Kod prve zajednice pH se od slabo bazičnog kreće s dubinom prema kiselom području (sl. 7:a), dok se kod druge zajednice u sva tri sloja kreće u bazičnom području, čije vrijednosti s dubinom sve više rastu (sl. 7:b). Na istraživanim staništima ne može se primijetiti neka izravna ovisnost intenziteta akumulacije mineralnog dušika o reakciji tla. Utjecaj reakcije tla može se primijetiti jedino u pogledu odnosa  $\text{NO}_3\text{-N}$ - i  $\text{NH}_4\text{-N}$ -akumulacije. Što je niža pH-vrijednost, to je veće učešće  $\text{NH}_4\text{-N}$ -komponente u ukupnoj akumulaciji mineralnog dušika, a što je pH-vrijednost viša, to je veće učešće  $\text{NO}_3\text{-N}$ -komponente. To se lijepo vidi kod zajednice *Alliario-Chaerophylletum temuli*. Tu se sa dubinom pH-vrijednosti smanjuju, a ujedno se postotak  $\text{NH}_4\text{-N}$ -komponente u ukupnoj bilanci mineralnog dušika povećava (od 2,7% na 30%).

dubina tla /Bodentiefe/	a	b
0 - 6 cm	7,1	7,5
12 - 19 cm	6,1	7,7
24 - 30 cm	5,4	7,9

Sl. 7. Aciditet tla kod zajednica *Alliario-Chaerophylletum temuli* (a) i *Chaerophylletum bulbosi* (b) iz okolice Hohenheima.

Abb. 7. Bodenazidität (pH) des *Alliario-Chaerophylletum temuli* (a) und des *Chaerophylletum bulbosi* (b) in der Umgebung von Hohenheim (einmalige Bestimmung).

### Z a k l j u č a k

U okviru ovih istraživanja uspoređivana je ukupna akumulacija mineralnog dušika u tlu, mjerena pod stanišnim uvjetima kod dviju nitrofilnih biljnih zajednica u okolici Stuttgart-Hohenheima. Istraživana su staništa zajednica *Alliario-Chaerophylletum temuli* i *Chaerophylletum bulbosi*. Istraživanja su pokazala ove rezultate:

1. Ukupna akumulacija mineralnog dušika pod stanišnim uvjetima pokazuje na staništima različitih nitrofilnih biljnih zajednica i različit intenzitet. Taj intenzitet zavisi o fizičko-kemijskim svojstvima tla, temperaturi,

vlazi i reakciji tla, a na ruderalnim staništima i o antropo-zoogenom utjecaju.

2. Tok ukupne akumulacije mineralnog dušika u vegetacijskoj sezoni pokazuje na staništima obiju istraživanih zajednica najjači intenzitet u površinskim slojevima tla u toku mjeseca svibnja.

3. Staništa obiju istraživanih zajednica pokazuju i znatne razlike u intenzitetu akumulacije mineralnog dušika s obzirom na vertikalani raspored u tlu. Najjača je akumulacija u površinskim slojevima tla, a s dubinom postepeno ili naglo opada. U zajednici *Alliario-Chaerophylletum temuli* razlike među pojedinim slojevima tla u tom su pogledu mnogo veće negoli kod zajednice *Chaerophylletum bulbosi*, što je ovisno prvenstveno o sastavu tla dotičnih slojeva.

4. Akumulacija mineralnog dušika odvija se na istraživanim staništima pretežno u obliku akumulacije  $\text{NO}_3\text{-N}$ , što je uvjetovano reakcijom tla.

5. N-bilanca u tlu istraživanih biljnih zajednica pokazuje dvostruko veće vrijednosti kod zajednice *Alliario-Chaerophylletum temuli* negoli kod zajednice *Chaerophylletum bulbosi*.

6. Izrazi li se ukupna bilanca mineralnog dušika u obliku postotaka količine ukupnog dušika u tlu, zapaža se da je taj postotak najveći u površinskim slojevima tla obiju zajednica, gdje se nalazi i najveća količina ukupnog dušika u tlu.

7. Optimalne vrijednosti vlage u tlu pogoduju pojačanju intenziteta  $N_{\text{min}}$ -akumulacije. Što se više te vrijednosti udaljuju od optimuma, to je i intenzitet  $N_{\text{min}}$ -akumulacije sve slabiji.

8. Uzevši u obzir sve navedene rezultate ovih istraživanja, može se utvrditi znatno bolja opskrba dušikom na staništu zajednice *Alliario-Chaerophylletum temuli* negoli kod zajednice *Chaerophylletum bulbosi*.

#### Literatura — Schrifttum

- Ellenberg, H., 1963: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in kausaler, dynamischer und historischer Sicht. Stuttgart.
- Ellenberg, H., 1964: Stickstoff als Standortsfaktor. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 77, 82—92.
- Oberdorfer, E., 1957: Süddeutsche Pflanzengesellschaften, Jena.
- Runge, M., 1965: Untersuchungen über die Mineralstickstoff-Nachlieferung an nordwestdeutschen Waldstandorten. Flora 155, 353—386.
- Walter, H., 1960: Grundlagen der Pflanzenverbreitung. 1. Teil. Standortlehre. 2. Aufl. Stuttgart.
- Walter, H., 1963: Über die Stickstoffansprüche (die Nitrophilie) der Ruderalpflanzen. Mitteil. d. flor.-soz. Arbeitsgem. N. F. 10, 56—69.
- Zöttl, H., 1958: Die Bestimmung der Stickstoffmineralisation im Waldhumus durch den Brutversuch. Z. Pflanzenernährg., Düngg., Bodenkd. 81, 35—50.
- Zöttl, H., 1960: Dynamik der Stickstoffmineralisation im organischen Waldbodenmaterial. I. Beziehung zwischen Bruttomineralisation und Nettomineralisation. Plant and soil 13, 166—182.
- Zöttl, H., 1965: Anhäufung und Umsetzung von Stickstoff im Waldboden. Ber. Dtsch. Bot. Ges. 78, 167—180.

## ZUSAMMENFASSUNG

UNTERSUCHUNGEN ÜBER DIE MINERALSTICKSTOFF-ANREICHERUNG AN STANDORTEN DER NITROPHILEN PFLANZENGESellschaften IN SÜDDEUTSCHLAND

Ljerka Marković-Gospodarić

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Zagreb und dem Botanischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule in Stuttgart-Hohenheim)

Im Rahmen dieser Untersuchungen wurde die Mineralstickstoff-Anreicherung an Standorten zweier nitrophilen Pflanzengesellschaften in der Umgebung von Stuttgart-Hohenheim untersucht.

Ziel der vorliegenden Untersuchungen ist es zu zeigen, ob die grösseren Unterschiede in dem Mineralstickstoffangebot an Standorten verschiedener nitrophiler Pflanzengesellschaften bestehen, oder nicht. Gleichzeitig wurde der Jahresgang der Mineralstickstoff-Anreicherung untersucht.

Die Untersuchungen wurden von Oktober 1965 bis August 1966 im Botanischen Institut der Landwirtschaftlichen Hochschule in Stuttgart-Hohenheim auf Anregung von Herrn Professor Dr. Heinrich Walter durchgeführt, und durch ein zehnmonatliches Stipendium der Alexander von Humboldt-Stiftung ermöglicht.

Dem Herrn Professor Dr. Heinrich Walter danke ich vielmals für den gewährten Arbeitsplatz, für die Anregung zu dieser Arbeit und für viele nützliche Ratschläge während der Arbeit. Grossen Dank schulde ich auch Herrn Dr. Michael Runge für die Einführung in die Arbeitsmethodik und für die kollegiale Hilfe während der Untersuchungen.

Die Mineralstickstoff-Anreicherung wurde von 8. III bis 12. VII 1966 an Standorten zweier nitrophiler Pflanzengesellschaften gemessen. Es handelt sich um die Assoziationen *Alliario-Chaerophylletum temuli* und *Chaerophylletum bulbosi*.

Der Bestand der ersten Assoziation befindet sich in einer menschlich stark beeinflussten Parkanlage im südlichen Teil des Botanischen Gartens in Hohenheim. Hier wurden während einiger Jahre die Komposthaufen (Zweigreste und Laubstreu) gelagert. Der Standort ist mässig feucht und schattig. Die Assoziation ist als *Urtica dioica*-Facies entwickelt, die *Urtica*-Individuen werden etwa 2 m hoch. Die floristische Zusammensetzung dieser Assoziation ist im krotischen Text erwähnt. Der oberste Horizont des Bodens stellt eine 12 cm dicke Schicht von lockerem, schwarz-braunem, amorphem Humus dar, der mit Zweig- und Ast-Resten vermischt und stark durchwurzelt ist. Danach folgt in der Tiefe von 12 bis 24 cm ein graubrauner humoser bröckeliger Lehm, ebenfalls stark durchwurzelt. Noch tiefer, von 24 cm an, kommt ockerbrauner dichter toniger Lehm mit grösseren graubraunen Flecken vor, durchwurzelt und ziemlich dicht gelagert.

Die andere untersuchte Pflanzengesellschaft, das *Chaerophylletum bulbosi*, befindet sich auf einem weniger vom Menschen beeinflussten Standort im Körschtal (südlich von Hohenheim). Es handelt sich um

einem Waldsaum (*Fraxinus excelsior*-Wald), ganz in der Uferzone des Körsch-Baches. Dieser Standort ist schattiger als bei der ersten Assoziation, und besitzt einen braunen Wald-Boden. Der Körsch-Bach ist stark mit Abwässern verunreinigt, die möglicherweise bei Hochwasser zur Eutrophierung des Standorts beitragen. Die floristische Zusammensetzung dieser Assoziation ist in dem kroatischen Text erwähnt. Dominierende Arten des Bestandes sind *Urtica dioica* und *Chaerophyllum bulbosum*, deren Höhe 1—1,5 m erreicht. Der oberste Bodenhorizont ist dunkel-(grau-) brauner krümmeliger lockerer Lehm, stark durchwurzelt und mit unregelmässiger Grenze in die nächste Schicht übergehend. In einer Tiefe von 12 bis 25 cm folgt mittel-(grau-)brauner, bröckeliger, dichter Lehm, durchwurzelt und auch mit unregelmässiger unterer Grenze. Unter 25 cm folgt dunkel-ockerbrauner, dichter, durchwurzelter Lehm.

Die Mineralstickstoff-Anreicherung wurde an den erwähnten Standorten im Zeitraum von 8. III bis 12. VII 1966 in zweiwöchigen Abständen gemessen. Die Bodenproben wurden in mehreren Einstichen aus den untersuchten Bodenhorizonten ausgegraben, jeweils gut gemischt, von den lebenden Wurzeln befreit und in kleine Polyäthylen-Beutel gefüllt, die anschliessend zugeknotet wurden. Danach wurden sie in den entsprechenden Bodenhorizonten eingegraben und dort 6 Wochen lang gelagert. Nach dieser »Standorts-Bebrütung« wurden die akkumulierten Mineralstickstoffmengen als  $\text{NO}_3\text{-N}$  und  $\text{NH}_4\text{-N}$  ermittelt. Nitrat wurde nach der 2,4-Xylenol-Methode bestimmt, Ammoniak nach Conway.

Von beiden Standorten wurde die Mineralstickstoff-Anreicherung in drei Bodentiefen untersucht (1:0—6 cm, 2:12—18 cm, bzw. 13—19 cm, 3:25—30 cm).

Die Untersuchungen zeigen folgende Ergebnisse:

1. Die Gesamt- $N_{\min}$ -Anreicherung ( $N_{\min}$  = Mineralstickstoff) unter den Standortverhältnissen zeigt auf Standorten verschiedener nitrophiler Pflanzengesellschaften eine unterschiedliche Intensität (Abb. 1). Die Intensität der Anreicherung hängt von der Zusammensetzung des Bodens, seiner Feuchtigkeit, Temperatur und Azidität ab, auf den ruderalen Standorten damit auch von den anthropogenen Einflüssen.

2. Die Abbildung 1 zeigt einen Teil des Jahresganges der Gesamt- $N_{\min}$ -Anreicherung auf den Standorten des *Alliario-Chaerophylletum temuli* (A) und des *Chaerophylletum bulbosi* (B). Man sieht, dass die  $N_{\min}$ -Anreicherung nach dem Winter in den wärmeren Frühjahrs-Monaten ansteigt und zu den warmen aber trockenen Sommermonaten hin wieder absinkt. Das Maximum der  $N_{\min}$ -Anreicherung zeigen beide untersuchten Standorte im Mai.

Die  $N_{\min}$ -Anreicherungskurve verläuft bei der ersten untersuchten Pflanzengesellschaft (Abb. 1:A) steiler als bei der zweiten. Es ist möglich, dass das mit den stärkeren jahreszeitlichen Änderungen von Wassergehalt und Temperatur des Bodens in Zusammenhang steht, was wiederum durch die offenere Lage des *Alliario-Chaerophylletum temuli* be-



dingt ist. Der Standort des *Chaerophylletum bulbosi* ist schattiger, die Wassergehalts- und Temperatur-Schwankungen im Boden sind hier viel schwächer, und der Jahresgang der  $N_{\min}$ -Anreicherung ist auch entsprechend einförmiger (Abb. 1:B).

3. In der vertikalen Abstufung der Gesamt- $N_{\min}$ -Anreicherung zwischen beiden untersuchten Standorten zeigen sich ebenfalls Unterschiede.

In den obersten Bodenschichten ist die  $N_{\min}$ -Anreicherung am stärksten. Das ist beim *Alliario-Chaerophylletum temuli* (Abb. 1:A) ganz deutlich, aber bei dem *Chaerophylletum bulbosi* etwas weniger deutlich (Abb. 1:B). Nämlich, bei dem *Chaerophylletum bulbosi*-Standort zeigt die  $N_{\min}$ -Anreicherung in der Bodentiefe von 12 bis 18 cm einige Zeit höhere Werte, als in der obersten Schicht. Aber wenn man alle Gesamt- $N_{\min}$ -Anreicherungswerte in den einzelnen Bodenschichten summiert, dann ist die  $N_{\min}$ -Anreicherung auch im *Chaerophylletum bulbosi* in der obersten Bodenschicht am stärksten.

Mit der zunehmenden Tiefe sinkt die  $N_{\min}$ -Anreicherung ab. Dabei sind die Unterschiede in der Höhe der  $N_{\min}$ -Anreicherung zwischen den verschiedenen Bodentiefen bei der ersten untersuchten Pflanzengesellschaft (Abb. 1:A) viel grösser, als bei der zweiten (Abb. 1:B). Das könnte im Zusammenhang mit den grösseren Unterschieden in der Zusammensetzung einzelner Bodenschichten des *Alliario-Chaerophylletum temuli* stehen.

4. Wenn wir die  $N_{\min}$ -Anreicherung auf ihre zwei Komponenten ( $\text{NO}_3\text{-N}$ - und  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anreicherung) aufteilen, dann sehen wir, dass an den untersuchten Standorten der nitrophilen Pflanzengesellschaften vorwiegend  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Stickstoff akkumuliert wird (Abb. 2). Bei den beiden untersuchten Pflanzengesellschaften folgen die Kurven der  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Anreicherung (Abb. 2) den Kurven der Gesamt- $N_{\min}$ -Anreicherung (Abb. 1).

Im Gegensatz dazu ist die  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anreicherung an den untersuchten Standorten ziemlich gering (Abb. 3). Mit der zunehmenden Tiefe nimmt sie auf beiden untersuchten Standorten stärker oder schwächer ab. In den tieferen Bodenschichten ist sie in den kühleren und feuchteren Frühjahrs-Monaten am stärksten, später nimmt sie ab. Der Jahresgang der  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anreicherung unterscheidet sich daher stark vom Jahresgang der  $\text{NO}_3\text{-N}$ -Anreicherung. Die jahreszeitlichen Unterschiede sind beim *Alliario-Chaerophylletum temuli* (Abb. 3:A) wieder viel grösser, als beim *Chaerophylletum bulbosi* (Abb. 3:B), was von den Unterschieden in den Standortverhältnissen abhängt.

5. Wenn man den Mittelwert der Gesamt- $N_{\min}$ -Anreicherung (bzw.  $\text{NO}_3\text{-N}$ - oder  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Anreicherung) in einer Woche mit der Zahl der Wochen, in denen die Messungen gemacht wurden, multipliziert, so bekommt man die  $N_{\min}$ -Bilanz (bzw.  $\text{NO}_3\text{-N}$ - oder  $\text{NH}_4\text{-N}$ -Bilanz) für den entsprechenden Zeitabschnitt, in unserem Fall also für die Zeit vom 8. III bis zum 12. VII 1966.

Die Abbildung 4 zeigt die vertikale Abstufung dieser Gesamt-N<sub>min</sub>-Bilanz, sowie die Verhältnisse zwischen den NO<sub>3</sub>-N- und NH<sub>4</sub>-N-Bilanzen. Mit der zunehmenden Tiefe nimmt die Gesamt-N<sub>min</sub>-Bilanz auf den beiden untersuchten Standorten ab, beim *Alliario-Chaerophylletum temuli* etwas steiler, als beim *Chaerophylletum bulbosi*. Das steht in Zusammenhang mit den Unterschieden in der Zusammensetzung des Bodens. Beim *Alliario-Chaerophylletum temuli* ist die Gesamt-N<sub>min</sub>-Bilanz in jeder untersuchten Bodenschicht fast doppelt so gross, wie beim *Chaerophylletum bulbosi* (Abb. 4).

Die NO<sub>3</sub>-N-Bilanz macht auf den untersuchten Standorten den Hauptteil der Gesamt-N<sub>min</sub>-Bilanz aus. Mit zunehmender Bodentiefe nimmt sie ab (Abb. 4). In jeder untersuchten Bodenschicht ist sie beim *Alliario-Chaerophylletum temuli* doppelt so gross, wie beim *Chaerophylletum bulbosi*.

Die NH<sub>4</sub>-N-Bilanz nimmt mit zunehmender Bodentiefe zu, ganz beträchtlich bei dem *Alliario-Chaerophylletum temuli*, viel geringer beim *Chaerophylletum bulbosi*. Dieser Unterschied steht möglicherweise mit der Bodenazidität im Zusammenhang. Die pH-Werte bei der ersten Pflanzengesellschaft liegen im sauren Bereich und nehmen mit zunehmender Tiefe weiter ab (Abb. 7:a), bei der zweiten liegen sie in der Nähe des Neutralpunktes und nehmen mit der Tiefe zu (Abb. 7:b). Je niedriger der pH-Wert ist, um so mehr vergrössert sich der NH<sub>4</sub>-N-Anteil des Gesamt-N<sub>min</sub>. Beim *Alliario-Chaerophylletum temuli* vergrössert sich dieser Anteil von 2,7% in der obersten Bodenschicht auf 30% in der Bodentiefe vom 25 bis 30 cm, d. h. 10 mal mehr (Abb. 4:a). Bei dem *Chaerophylletum bulbosi* steigen die pH-Werte mit zunehmender Tiefe und der NH<sub>4</sub>-N-Anteil steigt langsamer, von 7,3% in der obersten Bodenschicht auf 22,8% in der Tiefe von 25 bis 30 cm, d. h. nur 3 mal (Abb. 4:b).

6. Die Gesamt-N<sub>min</sub>-Bilanz, in Prozenten des Gesamt-Stickstoffs des Bodens berechnet (die Mengen des Gesamt-Stickstoffs im Boden der untersuchten Standorte sind auf der Abbildung 5:a, b dargestellt!), zeigt, dass dieser Prozent in der obersten Bodenschicht beider untersuchten Standorte am grössten ist (Abb. 5:a', b'). Man sieht auch, dass der prozentuale Anteil bei dem *Alliario-Chaerophylletum temuli* viel grösser ist, als beim *Chaerophylletum bulbosi*.

7. Auf der Abbildung 6 ist der Wassergehalt des Bodens an den untersuchten Standorten dargestellt. Der Vergleich der Kurven aus den Abbildungen 6 und 1 zeigt, dass in der Zeit der optimalen Bodenfeuchtigkeit auch die N<sub>min</sub>-Anreicherung sehr intensiv ist. Je extremer die Feuchtigkeitswerte des Bodens sind (Minimum oder Maximum), desto schwächer ist die Intensität der N<sub>min</sub>-Anreicherung.

8. Nach den Ergebnissen dieser Untersuchungen ist die Mineralstickstoff-Versorgung des *Alliario-Chaerophylletum temuli* wesentlich höher als die des *Chaerophylletum bulbosi*. Ob sich dieses durch Vergleich von nur 2 Standorten gewonnene Ergebnis verallgemeinern lässt, müssen weitere Untersuchungen zeigen.