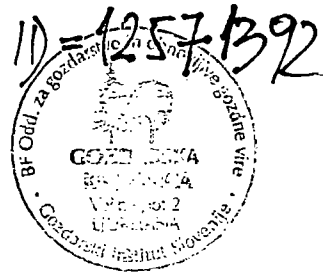


LM=9904



INŠTITUT  
za celulozo in papir  
Ljubljana p.o.

PREDELAVA ODPADNIH DREVESNIH SKORIJ  
V ORGANSKA GNOJILA

I. II. in III. del

Pogodbe: 219/1468-75  
219/2774-76  
219/5863-77

Financiranje: Raziskovalna skupnost Slovenije  
Industrija celuloze in papirja Slovenije  
Tovarna dušika Ruše

Oktober 1978

GOZDARSKA KNJIZNICA

K E

537



22006000123

UNIVERZA V LJUBLJANI

COBISS

## U V O D

Medtem ko se pri izdelavi nekaterih slabših vrst papirja in kartona tolerira določena vsebnost skorje v celulozi, se pri večini papirnih celuloz ter pri celulozi za nadaljnjo kemijsko predelavo ter pri časopisnih in finih papirjih zahteva popolna odstranitev skorje pred kuhanjem celuloze, oz. brušenjem lesovine. Glede na to, da vsebuje les 10 - 20 % skorje, računano na težo, predstavlja le-ta v celulozni in papirni industriji visok % odpadnega materiala, ki se do sedaj še ne izkorišča na ekonomičen način.

Naše tovarne celuloze dobivajo les v očiščenem, neočiščenem in delno očiščenem stanju. Zaradi različnih načinov in problemov čiščenja lesa ter drugih faktorjev, kot so vrsta lesa, starost, višina debla itd., je količina odpadne skorje variabilna. Za primer lahko navedemo, da znaša količina odpadne skorje samo v Tovarni celuloze in papirja "Djuro Salaj" v Krškem cca 40.000 ton letno, s predvidenim povečanjem proizvodnje pa bo znašala cca 100.000 ton letno. Največji delež v tej količini zavzema bukova skorja. Tudi v lesno predelovalni industriji se kopičijo ogromne količine odpadnih drevesnih skorij, vendar je pri tem treba poudariti, da je skorja decentralizirana, medtem ko je prednost celulozne industrije v tem, da je skorja koncentrirana na enem mestu.

Odstranjevanje, oziroma izkoriščanje odpadkov lesa postaja v sedanjem času vse bolj aktualno, s stališča ekonomičnosti in zaščite okolja. Od različnih načinov izkoriščanja drevesne skorje imajo prednost naslednje možnosti. (1, 2, 3, 4)

1. sežiganje ( proizvodnja energije)
2. kompostiranje (izdelava sredstva za izboljšavo tal)
3. proizvodnja plošč
4. proizvodnja aktivnega oglja

Vsi ti načini se odlikujejo po tem, da je možno skorjo predelati v večjih količinah in je možna kompleksna predelava vseh odpadkov. Pri izbiri načina pa je pomembna tudi ekonomska plat in drugi vidiki. Zato tečejo raziskovanja po svetu v raznih smereh, da bi se našle zadovoljive ekonomske rešitve. Medtem ko je n.pr. v Skandinaviji najbolj aktualna uporaba skorje za pridobivanje toplotne energije, v ČSSR za proizvodnjo plošč, v NDR za proizvodnjo aktivnega oglja, je na Poljskem na prvem mestu kompostiranje skorje. Do sedaj je bilo pri nas še najcenejše odvažanje skorje na bližnja odlagališča, ki pa so v bodoče s stališča varstva okolja vprašljiva.

Sežiganje skorje se je zdelo z energetskega stališča najprej zelo ugodno, vendar zaradi nizke kalorične vrednosti skorje, predvsem v primeru mokrega načina lupljenja, ni ekonomično, zaradi vedno ostrejših predpisov o varstvu okolja pa tudi problematično. Za sežiganje so potrebni visoki investicijski stroški in pokazalo se je, da je ekonomično šele takrat, če je na razpolago vsaj 20000 ton skorje letno (5, 6, 7). Na drugi strani pa je znano, da se predelava skorje v gnojilo s kompostiranjem izvrši pri sorazmerno majhnih investicijskih in obratovalnih stroških in da je učinkovito sredstvo za izboljšanje kvalitete tal.

Veliko pozornosti je posvečeno uporabi skorje za iverne plošče, za nadomestilo lesnega iverja. Pri tem načinu je nedostatek nizka jakost skorje in njena temna barva. Zato se izdelujejo plošče z vnosom do 50 % skorje.

Zelo ekonomičen način izkoriščanja skorje v celulozno-papirni industriji je proizvodnja aktivnega oglja, ki temelji na skorji kot nosilcu ogljika in ki obsega naslednje stopnje: ekstrakcijo, sušenje, koksanje in aktivacijo z vodno paro.

Manjše količine skorje se uporabljajo za pridobivanje strojil z ekstrakcijo z vodo, vendar je v sedanjen času vsled konkurence sintetičnih strojil proizvodnja strojil iz skorje majhna.

Razen teh načinov je znana uporaba skorje v metalurgiji, dalje kot adsorbent za čiščenje odpadnih voda, ena izmed možnosti pa je tudi pridobivanje proteinske hrane (3).

Mnogi primeri kažejo, da je izkoriščanje skorje kot gnojilo bolj koristen način kot njeno sežiganje (9, 10, 11). Zdrobljena in obogatena skorja je humusni material, ki vsebuje vse glavne in nekatere mikroelemente, ki so bistveni za rast rastlin (12, 13). Njena visoka ionska izmenjevalna kapaciteta povzroča počasno sproščanje hranil. Skorja ima tudi visoko propustnost zraka in vode. Nekatere vrste skorje, predvsem skorje iglavcev, vsebujejo določeno količino smolnih spojin in strojil, ki so v principu za tla in rastline toksične, ki pa se dovolj hitro pod vplivom glivic in bakterij v tleh razgradijo. Slaba stran surove skorje kot gnojila je pomanjkanje dušika in kisika pri visoki vsebnosti ogljika. Če se organizmi, ki razkrajajo organsko snov znajdejo v tej neveliki količini dušika in kisika, jih jemljejo iz tal. Zato je potrebno pred uvedbo skorje v tla izvršiti delno humifikacijo. Pod naravnimi pogoji poteka proces humifikacije skorje zelo počasi. Že dodatek dušika znatno olajša razvoj mikroorganizmov in uvedba primernih vrst mikroorganizmov znatno pospeši proces.

Kompostiranje je pospešena humifikacija organskih snovi na osnovi aerobnega biološkega procesa razkroja. Glavni strukturni elementi rastlin: celuloza, lignin in hemiceluloze nudijo osnovni vir ogljika in energije za metabolične procese mikrobiološke mikroflore.

Celuloza predstavlja zaradi svoje specifične fizikalne strukture določen odpor napram večini encimov in kemijskih reagentov ter kaže določene probleme pri razkroju v tleh in v kompostih. Celuloza je odporna napram večini mikroorganizmov, ki živijo v tleh. Seveda pa se hitro razkroji s specifičnimi organizmi kot so bakterije, glive, aktinomicete in nižje

živali. Za klasifikacijo organizmov, ki razkrajajo celulozo, so bili predloženi različni sistemi. Razdelimo jih lahko v število različnih skupin na osnovi morfoloških ali fizioloških razlik. En tak sistem obsega: 1. aerobne bakterije, 2. mixobakterije, 3. anaerobne bakterije, 4. aktinomicete, 5. nitaste glive, 6. višje glive, 7. protozoe, 8. insekte in druge živalske oblike. Mehanizem razpada celuloze z mikroorganizmi zavisi samo od narave organizma in pogojev razkroja. Aerobne bakterije in glive razkrcjijo celulozo popolnoma ter dajo samo  $\text{CO}_2$ , nekaj sluzastega materiala in znatno količino mikrobne celične substance. Anaerobne bakterije seveda razkroje celulozo ob tvorbi različnih organskih kislin (mlečna, očetna) in alkoholov (etilni).

Med obdajajočimi faktorji, ki vplivajo na naravo mikroorganizmov, vključenih pri razkroju celuloze, so najpomembnejši vlaga, reakcija, aeracija, temperatura in zadostna preskrba dušika in drugih hranilnih elementov.

Visoka vsebnost vlage (80 - 95 %) ugodno vpliva na razvoj anaerobnih bakterij in je neugodna za rast gliv in večine aktinomicet. Srednja vlaga je ugodna (50 - 75 %) za nitaste glive in aerobne bakterije, ki razkrajajo celulozo. Zelo nizka vlaga (10 % ali manj) popolnoma zaustavi aktivnost večine organizmov, ki razkrajajo celulozo.

Reakcija medija ima tudi znaten vpliv na naravo mikrobiološke populacije, ki je odgovorna za proces razkroja celuloze. Aerobne bakterije, ki pripadajo skupini Cytophaga, lahko rastejo pri pH 6,1 - 9,1, čeprav se druge bakterije, ki razkrajajo celulozo, lahko razvijajo pri pH 5,0 - 6,0. Aktinomicete rastejo pri pH 5,5 - 9,5, medtem ko se glive razvijajo v mnogo širšem območju pH (3,0 - 9,5). Neznatna alkalna reakcija (pH 7,5) je ugodna za rast bakterij, medtem ko je kislja reakcija bakterijam škodljiva in je ugledna glivam.

Aerobne bakterije, ki razkrajajo celulozo, imajo temperaturni optimum pri 20 - 23°C; anaerobni organizmi rastejo najbolje pri 27°C, termofilne bakterije in aktinomicete pri 50 - 65°C. Različne temperature lahko zato ugodno vplivajo na razvoj različnih skupin organizmov in tako modificirajo naravo in obseg procesa razkroja celuloze.

Preskrba s kisikom tudi vpliva na naravo mikroorganizmov, ki se razvijajo v danem substratu in ki razkrajajo celulozo, kakor tudi na hitrost njihove aktivnosti.

Hemiceluloze predstavljajo različne kemijske spojine, navadno sestavljene iz polisaharidov, ki dajejo pri hidrolizi enostavne sladkorje in poliuronide. Hemiceluloze napadajo različne bakterije in glivice. Zaradi razlik v kemijski sestavi različnih hemiceluloz obstojajo velike razlike v sposobnosti in hitrosti razkroja hemiceluloz in celuloze. Manani se hitro razkrojijo, podobno kot škrob, medtem ko so galaktani bolj odporni napram razkroju. Arabane in ksilane napadejo različni organizmi, nekoliko hitreje kot celulozo.

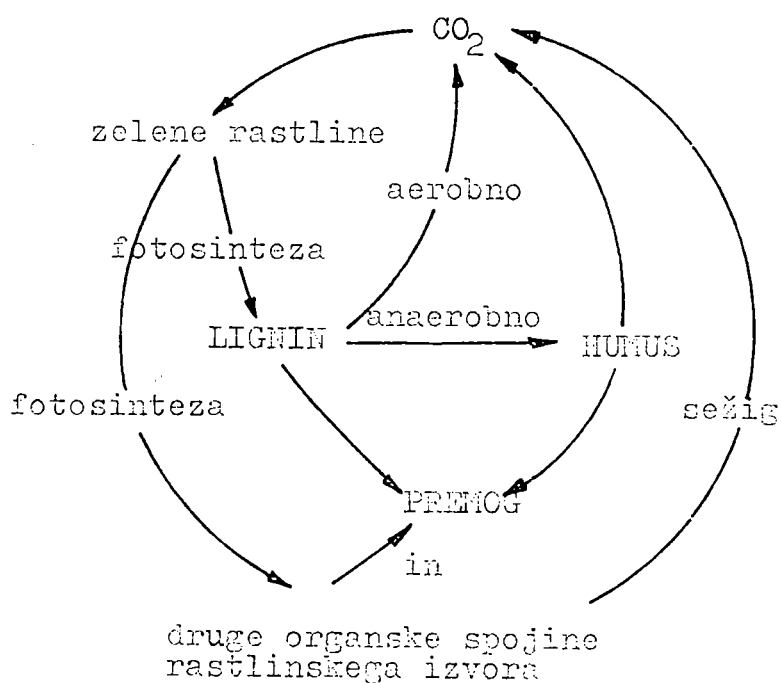
#### Mikrobiološka razgradnja lignina in nastanek humusa

Pri razkroju je lignin bolj odporen kot ogljikovi hidrati. Razumevanje mehanizma, po katerem se lignin biološko degradira, je znatno napredovalo kot rezultat biokemijskih raziskav v zadnjem desetletju. Napredek v študiju kemijske strukture lignina je omogočil opisati pomembne poteze metaboličnih poti, ki jih uporabljajo mikroorganizmi v degradaciji lignina. Narava humusa je manj dobro definirana kot lignin. Vendar je pri razkroju lignina znanih dovolj dejstev, tako da se mnoge poti nastanka humusa iz lignina in njegovih degradacijskih produktov lahko logično predpostavijo. Glavni organizmi, ki



degradirajo lignin, so glive belega trohnenja, ki pripadajo družini Basidiomycet. Specifični encimi, ki so često vključeni pri degradaciji lignina, so fenoloksidarne narave in vključujejo tironazo in lakazo. Ti encimi lahko vršijo tudi drugo funkcijo, t.j. detoksifikacijo snovi v jedru. Poleg gliv belega trohnenja so znane številne glive, ki pripadajo družinam Ascomycet in Fungi imperfecti, ki napadajo sam lignin ter bakterije tal, ki so brez dvoma aktivne v metabolizmu fragmentov in ligninske makromolekule.

Splošna shema, ki ilustrira verjetno zvezo med ligninom in humusom v naravnem ciklu organske biosinteze in razkroja je prikazana na sl. 1 (lit.14 str.772).



Sl. 1 Lignin in humus v domnevnem naravnem ciklu

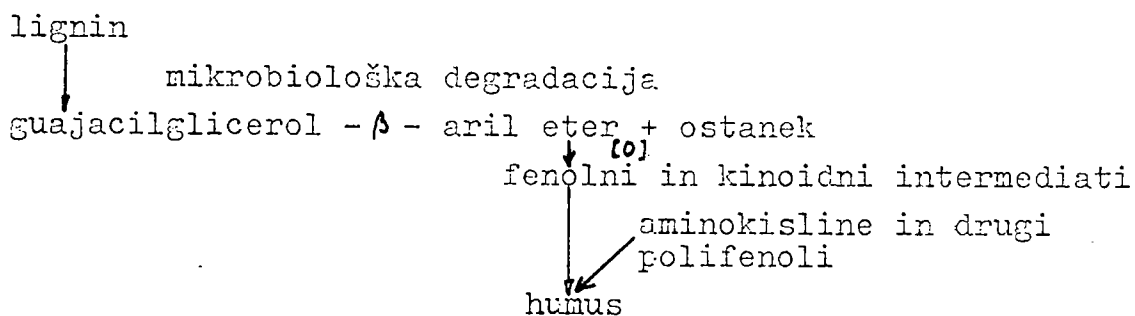
Začetne raziskave encimatske degradacije lignina so bile usmerjene k razlikovanju med različnimi učinki gliv rjavega in belega trohnenja na lesni substrat. Na splošno je bilo znano, da glive belega trohnenja lahko učinkovito razkrajajo lignin in celulozo, medtem ko je napad gliv rjavega trohnenja usmerjen prvenstveno proti celulozi.

Različni avtorji (Higuchi, Fukuzumi, Ishikawa) so študirali možne kemijske reakcije pri razkroju lignina in degradacijske produkte. Ugotovili so, da se najprej degradirajo oni deli ligninske makromolekule, ki vsebujejo največjo količino monomernih enot guajacilnega tipa, kar rezultira sproščanje  $\beta$ -O-4 dilignola. Ta spojina je primarni degradacijski produkt lignina, izpostavljenega mikroorganizmom, ki vsebujejo polifenoloksidazne sisteme encimov.

Različne fenilpropanoidne spojine so bile identificirane v kulturah gliv, ki izkoriščajo lignin kot edini vir ogljika. Te spojine verjetno nastanejo iz arilglicerol- $\beta$ -eterskih enot in so vmesne strukture v njegovi degradaciji v benzil derivate in končno v  $\text{CO}_2$  ali spojine Krebsovega cikla. Čeprav obstaja dober dokaz za pretvorbo guajacilglicerol- $\beta$ -aril eterskih enot v ligninu iglavcev v spojine, kot so vanilinska kislina, so metabolične poti, ki jih uporabljajo glive belega trohnenja v izkoriščanju teh benzil derivatov skoraj povsem teoretične. Da mikroorganizmi lahko izkoriščajo te produkte kot vir ogljika, mora biti vključeno cepljenje aromatskega obroča. Mnogi organizmi v tleh so zmožni degradirati aromatske substance, vendar so bakterije zmožne izkoriščati širše območje aromatskih spojin kot kvasi in glive.

Glavni pomen študija degradacije lignina je v zvezi z nastankom humusa. Izraz humus se ne nanaša na kemijsko spojino določene sestave, ampak na zbir temno obarvanih organskih komponent tal, izmed katerih so glavne humin, huminske in fulvo

kislina ter hımato-melaninska kislina. V začetnih stopnjah razgradnje mikroorganizmi izkoriščajo laže razgradljive snovi s tem, da jih pretvorijo v CO<sub>2</sub> ali jih vgrajujejo v svojo lastno strukturo. Bolj odporni materiali, posebno lignin, pa se akumulirajo in z izginjanjem drugih frakcij kmalu tvorijo pretežni del organskega ostanka. Ko razkroj napreduje, se postopno povečuje vsebnost te amorfne snovi v zemlji, ki se označuje kot humus. Humus ni enotna snov. Skrbni ekstrakcijski postopki so pokazali, da so v humusni frakciji majhne količine ogljikovih hidratov, aminokislin, maščob in drugih spojin. Največji del temno obarvanega amorfnega materiala je sestavljen iz visoko kompleksnih fenolnih polimerov. Raziskave mikrobiološke razgradnje lignina in njegove pretvorbe v huminske snovi predstavljajo enega najbolj kompleksnih in malo razumljivih bioloških problemov, kajti niti izhodni material, lignin, niti končni produkt, huminska kislina, nista točno definirana. Vir humusa je trden material, ki ostane po fragmentaciji ligninove makromolekule z mikroorganizmi po shemi (14):

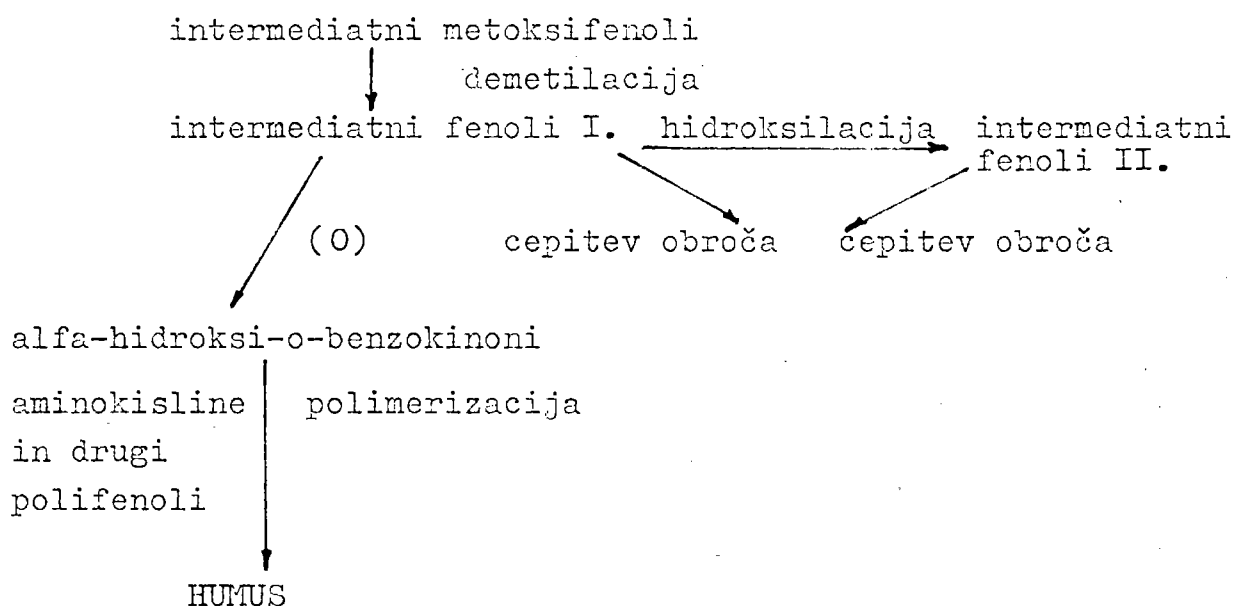


Sl. 2 Pretvorba preostalega razkrojjenega lignina v humus

Primarni degradacijski produkt lignina, izpostavljenega mikroorganizmom, ki vsebujejo polifenoloksidazne sisteme encimov, je guajacil glicerol - β - aril eter + ostanek. Z oksid-

dacijo ostanka nastanejo fenolni in kinoidni intermedijati, ki s polikondenzacijo z aminokislinami in drugimi polifenoli dajo humus.

Pred polimerizacijo pa se izvrši reakcija demetilacije, ki je vzrok za nizko vsebnost metoksila huminske kisline:



sl. 3 Pretvorba degradacijskih produktov lignina v humus

Kemijske karakteristike ostanka po degradaciji se znatno razlikujejo od naravnega lignina in če material postaja humus, se mora znižati njegova vsebnost metoksila, povečati pa se morata vsebnost karboksilnih skupin ter vsebnost dušika.

Primerjava vsebnosti funkcionalnih skupin huminske kisline in hipotetičnega lignina:

Skupine	Vsebnost skupin, milimoli/g	
	smrekov lesni lignin	huminska kislina
metoksilne	5,1	0,2
celokupne hidroksilne	6,2	5,1
fenolne hidroksilne	1,6	2,9
alkoholne hidroksilne	4,6	2,2
karbonilne	1,0	5,5
karboxilne	sledovi	8,6

Razumevanje mehanizma po katerem se lignin biološko degradira, je napredovalo kot rezultat biokemijskih raziskav v zadnjem desetletju ter obsežnih študij kemijske strukture lignina. Kljub temu narava humusa še vedno ni točno definirana.

Odstotek lignina, ki degradira v določenem času, je funkcija substrata, mikroorganizmov in zunanjih pogojev. Za hiter razkroj in pretvorbo v humus so potrebni naslednji faktorji:

1. nizka vsebnost lignina
2. primerna velikost delcev
3. ugoden pH
4. primerna vlaga in dostop zraka
5. pravilno razmerje C : N

Principi kompostiranja so opisani v lit. 15 do 17. Študij procesa kompostiranja in njegovi principi, tehnologija in status od leta 1960 do danes je prikazan v lit. 18. Pregled kompostiranja prikazuje lit. 19.

### Vrsta skorje

Na podlagi literaturnih podatkov je razvidno, da ima vrsta skorje velik vpliv na sposobnost kompostiranja (20, 21). Skorja lesa listavcev se kompostira lažje od skorje iglavcev, predvsem zaradi nižje vsebnosti ekstraktivnih substanc, ki imajo negativen vpliv na bioaktivnost, kakor tudi zaradi različne anatomske zgradbe. V literaturi najdemo največ podatkov za kompostiranje skorje iglavcev, nekaj za skorjo listavcev ter za mešane skorje iglavcev in listavcev (22 - 25).

### Vpliv dodatkov hranil

Znano je, da če se sveža skorja vnese v tla, se proizvodnja rastlin na takih tleh znatno zniža. Zaradi precej visokega razmerja C : N skorja navzema mineralni dušik iz tal in zato kaže rastlina deficit dušika. Primerna rešitev za preprečenje te situacije je kompostiranje z dodatkom dušikovih gnojil. Dodatek dušika pri kompostiranju se smatra kot metoda za znižanje C : N razmerja, kritje deficita N ter za pospešenje hitrosti razkroja (26). Tudi fosfor je bistvenega pomena za vse vrste bakterij in gliv, ki povzročajo razkroj. Metabolična vloga kalija ni povsem jasna, smatra se kot katalizator ali regulator. Efekt hranil na celulolitično aktivnost mikroorganizmov je opisan v lit. 27.

V literaturi 28 je raziskan vpliv kemijskih parametrov (dušika in drugih hranil) na hitrost kompostiranja skorje iz iglavcev in listavcev. Poskusi kompostiranja so bili izvršeni v respiracijskem aparatu, kjer je bila možna točna kontrola vsebnosti kisika in CO<sub>2</sub>. Namen študija je bil določiti optimalno dozo in vir dušika za kompostiranje. Določevali so

maksimalno porabo kisika v odvisnosti od dodane količine in vira dušika in ugotovili, da znaša optimalna količina N za skorjo iglavcev med 0,75 in 0,5 %, za skorjo listavcev pa 1 - 1,2 % N. Maksimalna poraba kisika je v primeru sečnine in  $\text{NH}_4\text{OH}$  mnogo višja kot pri ostalih virih dušika. Preverjena je bila tudi potreba po fosfatih kot drugem važnem hranilu med kompostiranjem, ker so bila mnenja različnih avtorjev različna. Opazili so, da ni razlike v porabi kisika, če so skorji dodani fosfati ali ne, zato se zdi dodatek fosfatov za kompostiranje skorje nepotreben.

#### Vpliv vlažnosti materiala

na potek kompostiranja je opisan v lit. 24, 29, kjer je ugotovljeno, da je hitrost razkroja večja pri večji vlažnosti in da znaša optimalna vlažnost 50 - 70 %. V literaturi 30 je raziskan vpliv fizikalnih parametrov, temperature, vsebnosti vlage in zračenja ter prikazani rezultati poskusov rasti. Poskusi so bili izvedeni v istem aparatu kot je opisan v lit. 28.

#### Vpliv velikosti delcev

na hitrost kompostiranja so preiskovali mnogi avtorji. Ugotovljeno je, da delci, ki so večji od 5 - 10 mm, povzročijo počasnejši razkroj, pri velikosti delcev, ki je manjša od 5 - 10 mm, pa je premajhna zračnost materiala. Drobljenje skorje do te velikosti delcev tehnično ni enostaven problem, posebno če je skorja mokra. Na tržišču obstoja več konstrukcij za ta namen, vendar ni na razpolago primerjalnih rezultatov (lit. 9, 31).

### Vpliv mikroorganizmov

Dolgotrajen proces pretvorbe skorje v humus se lahko skrajša z dodatkom mikroorganizmov. Za razkroj skorje potrebne bakterije se lahko vnašajo v obliki gotovega komposta kot cepiva, z uporabo bakterijskih preparatov: Eekomit, Biorott itd. ali z dodatkom odvečnega poživiljenega blata iz biološkega čiščenja odpadnih vod (20, 32, 33). Posebno začetni način se zdi za tovarne celuloze in papirja najbolj zanimiv, ker predstavlja višek tega blata tudi enega od odpadnih produktov. Postopek kompostiranja z uporabo aktivnega blata je patentiran v Poljski (34). Vpliv mikroorganizmov na proces humifikacije topolove skorje je bil raziskan v lit. 35 - 37. Lit. 38 opisuje degradacijo skorje z glivo *Aspergillus fumigatus*, ki izkorišča skorjo kot edini vir C in energije. Ta gliva degradira polimerne dele skorje v 4 dneh in z ekonomskim učinkom okoli 50 %. Razkroj lignina pod vplivom gliv belega trohnenja je prikazan v lit. 39 in 40.

### Izvedba kompostiranja

Proces kompostiranja se lahko izvrši na več načinov, toda vsak je varianta ali kompostiranja v kupih ali hitrega industrijskega kompostiranja (22, 41), ki je kontinuirna operacija z mehničnim mešanjem in prisilno aeracijo. Različne firme ponujajo različne izvedbe bioreaktorjev, ki se razlikujejo v 2 principih:

1. dinamični
2. statični postopek

Z uporabo bioreaktorja se doseže enakomernejši potek reakcije ob točni kontroli temperature in  $\text{CO}_2$  (20).



Za kompostiranje v kupih so bile ugotovljene optimalne dimenzije in oblike kupov, ki so pomembne predvsem zaradi zračenja materiala, ter zaradi vzdrževanja toplote, ki se razvije med kompostiranjem. Smatra se, da višina kupov ne sme biti večja od 1,5 do 2 m, širina 1,5 do 2 m, dolžina pa je lahko poljubna.

#### Uporabnost kompostov iz skorje

V literaturi so opisani številni poskusi določevanja uporabnosti komposta iz skorja za proizvodnjo rastlin. Kompost iz skorje se lahko uporablja kot alternativa za šoto pri gojenju krizantem in pelargonij v lončkih, dalje za begonije, ciklame in druge okrasne rastline (42 - 44). Med kompostiranjem se vsebnost lahko razkrojljivih in rast regulirajočih spojin zniža in večina dodanih hranil za rastline se veže v organske spojine. Zrel kompost se zato lahko uporablja kot medij rasti brez motenj za rast rastlin, in sicer brez ali z majhno uporabo hranil za rastline. Kompostirana skorja je tudi primerna za kondicioniranje tal, v rastlinjakih ali povsod tam kjer pravilno začetno gnojenje lahko izzove problem (21).

Obsežne raziskave kompostiranja so bile izvršene v Kanadi, Finski, Švedski, Norveški, Poljski, Italiji, Avstriji, ZDA, Avstraliji, itd. (9, 10, 11, 25, 45, 46, 47, 48, 49, 50). Študirali so vpliv kemijske sestave različnih vrst skorje, vpliv načina drobljenja in velikosti delcev, vpliv različnih dodatkov kemikalij in mikroorganizmov ter uporabnost produktov iz skorje. Te študije so pokazale, da je organsko gnojilo, dobljeno iz skorje, obetajoče dopolnilo v kmetijstvu in gozdarstvu, vendar mora biti vsak produkt preizkušen v kulturnih eksperimentih predno pride na tržišče.

Raziskave uporabnosti skorje za hortikulturene namene so pokazale, da se skorja v različnih oblikah lahko uporablja kot sredstvo za zaščito izgube vlage v drevesnicah, kot medij rasti, za siljenje čebulnic, kot sredstvo za izboljšavo tal in končno v komercialni kultivaciji gob. Uspešni rezultati priprave komercialnih kompostov so bili doseženi v Skandinaviji, ZDA, Britaniji, itd. V vseh teh primerih so močni dokazi uspešne uporabe, vendar obstajajo tudi občasna poročila o propadu rastlin, kar se lahko pripisuje prisotnosti toksičnih spojin v preparatih iz skorje (51). Nedvomno nekatere vrste skorje vsebujejo spojine znane fitotoksičnosti. Dolgo je znano, da ima večina dreves določeno stopnjo naravne zaščite proti glivam, ki povzročajo razkroj lesa. Ta odpornost je zaradi prisotnih substanc, ki so strupene za glive. Mnogo teh spojin, kot so pinosilvin, tujaplini, tanini in fenoli imajo širok spekter zaviranja. Toksičnost teh spojin ni omejena samo na glive, ampak lahko deluje tudi napram rastlinam in povzroči znaten požig korenin, omejeno rast in v mnogih primerih pogubo rastlin. Seveda se take molekule lahko denaturirajo s kemijskimi ali mikrobiološkimi sredstvi in številne študije so pokazale, da se v mešanem mikrobiološkem okolju ali s čistimi kulturami gliv vsi tipi skorje lahko do konca degradirajo. Zato bodoči napredek v večini hortikulturenih uporab skorje zavisi od razvoja uspešnih in doslednih metod, ki zagotavljajo uničenje vseh potencialno zavirajočih spojin in nastanek stabilnega humusnega končnega produkta, bogatega na snoveh, ki so koristne za rastline. To se doseže samo s kompostiranjem. Čeprav je večina študij pokazala, da je skorja težak substrat za kompostiranje, izgleda, da postane degradacija bolj učinkovita, če se dodajo skorji določeni mikroorganizmi, ki lahko degradirajo prisotne toksične substance ali če se dodajo mikroorganizmi, ki so odporni napram toksičnim substancam in lahko degradirajo glavne sestavine skorje.

Prisotnost fitotoksičnih spojin v sveži skorji so preiskovali mnogi avtorji. Lit. 52 opisuje izolacijo in karakterizacijo fenolnih spojin skorje salix alba, lit. 53 polifenolne ekstrakte ve skorje pinus radiala ter lit. 54 kromatografsko ločbo etanolnega ekstrakta skorje iz lesa sweetgum.

Lit. 55 opisuje preiskave kvantitativnih sprememb posameznih komponent skorje med degradacijo z uporabo standardnih metod kemije lesa. Kemijske spremembe skorje med kompostiranjem so prikazane tudi v lit. 56 in 57.

Iz literaturnega pregleda so razvidne možnosti, ki jih daje skorja kot sekundarna surovina. Lahko pričakujemo, da bo skorja kot kurivo in kot industrijska surovina prišla vse bolj do veljave in da bo njena uporaba ekonomična tudi v razmerah kot so pri nas. Za sedaj se zdi, da je najbolj racionalna njena uporaba za pogonsko peč žagarskega obrata, pri katerem je skladišče lesa s strojnim lupljenjem (58).

Najnovejša literatura (59) opisuje probleme in tendence pri izkoriščanju skorje v svetu. Pri izbiri postopka izkoriščanja, ki daje optimalno rešitev, je treba pregledati sledeče kriterije: količino odpadne skorje, lastnosti, teritorialne podatke, ekonomičnost postopka ter vprašanje zaščite okolja. Po Mühlbergu predstavlja sežiganje skorje postopek, ki izkorišča skorjo na najbolj racionalen način. Po Kubelki je velika prednost sežiganja skorje pred drugimi gorivi v tem, da se v dimnih plinih ne tvori  $SO_2$ . Temu nasproti so visoki investicijski in obratovalni stroški. S stališča masovnega izkoriščanja odpadne skorje je sežiganje najboljša alternativa tudi glede zaščite okolja.

V zvezi z reševanjem problema odpadne skorje v celulozno - papirni industriji je naš inštitut prevzel nalogo zbrati do sedaj razpoložljive literaturne podatke in izkušnje v zvezi

s kompostiranjem skorje ter na podlagi tega razviti priporočila in postopek za predelavo različnih vrst drevesne skorje v organsko gnojilo, prirejeno za naše razmere. Naloga, ki jo financira Raziskovalna skupnost Slovenije, je zanimiva za Tovarno celuloze in papirja "Djuro Salaj" v Krškem in Tovarno dušika Ruše kot proizvajalca umetnih gnojil.

Program raziskav troletne naloge je obsegal:

1. pregled literaturnih podatkov o kompostiranju
2. izdelava poskusnih kompostov iz bukove skorje
  - a) kemijska analiza bukove skorje
  - b) drobljenje in sejanje bukove skorje
  - c) priprava poskusnih kupov z različnimi dodatki kemikalij in mikroorganizmov
  - d) kontrola procesa kompostiranja
  - e) spremljanje razgradnje bukove skorje in določevanje fitotoksičnosti
  - f) testiranje uporabnosti kompostov na rastlinah
  - g) izbira najprimernejših dodatkov za kompostiranje na osnovi rezultatov.

## EKSPERIMENTALNI DEL

### Priprava poskusnih kupov z različnimi dodatki kemikalij

Za kompostiranje bukove skorje ni na razpolago specifičnih podatkov glede dodatkov kemikalij in pogojev.

Zato smo izvršili prvo serijo poskusov kompostiranja bukove skorje s ciljem določevanja najprimernejših dodatkov kemikalij na potek kompostiranja in sestavo kompostov ter določevanja potrebnega časa za kompostiranje. Raziskave so potekale v 2 smereh:

1. zasledovanje sprememb v kemijski sestavi v odvisnosti od dodatkov kemikalij in od časa kompostiranja.
2. testiranje fitotoksičnosti in uporabnosti kompostov

Poskusi kompostiranja so bili izvršeni na lokaciji tovarne "Djuro Salaj" v Krškem. Bukova skorja je bila zdrobljena in presejana skozi sito z odprtiniami 10 mm. V začetku julija 1975 smo postavili 19 poskusnih kupov skorje z dimenzijami 4 x 2 x 1,2 m. Poskusni kupi velikosti 10 m<sup>3</sup> so bili naloženi v plasteh po 30 cm. Skorja je bila prepojena z vodo do vsebnosti vlage okoli 50 do 60 % in dodane so bile kemikalije v obliki raztopin ali v trdni obliki. Tabela 1 kaže kemijsko sestavo uporabljene bukove skorje. Za skorjo je značilna visoka vsebnost pepela in ekstraktivov v primerjavi z lesom. Praktičnega pomena je primerjati skorjo s šoto, ki je običajno sredstvo za kondicioniranje tal in medij rasti. Oba materiala imata majhno količino hranil za rastline. Skorja ima seveda višjo vsebnost mikrohranil Ca, K, P, in Mg kot šota, kar zmanjša ali eliminira potrebo po dodatku teh elementov.

Tabela 1

## Kemijska sestava uporabljene bukove skorje

Ekstrakt v diklorometanu, % (T 5 os-73)	1,87
Pepel, % (T 15m-53)	11,5
Pentozani, % (T 223 os-71)	22,3
Lignin, % (T 222 os-74)	34,4
Holoceluloza (Klauditz), %	69,3
Lignin v holocelulozi, % (T 50 os-73)	4,7
Holoceluloza, kor. za lignin in pepel, %	54,6
Alfa celuloza v holocelulozi, % (ASTM : D 1103-60)	46,0

%-na sestava polisaharidov

ga	6,4
gl	60,3
ma	1,9
ar	7,1
xi	24,3

N, %	0,74
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	0,08
K <sub>2</sub> O . %	0,16

C, %	40,9
C : N	55,4

Na <sub>2</sub> O , %	0,05
CaO , %	3,30
MgO , %	0,17
Mn , µg/g	316,8
Fe , µg/g	819,1
Zn , µg/g	17,5
Cu , µg/g	9,33

Vsebnosti hranil za rastline v skorji smreke,  
bora in breze in v šoti (Sphagnum peat) rač.  
v g/m<sup>3</sup> (lit. 21)

Material	E l e m e n t				
	N	P	K	Ca	Mg
Smrekova skorja	440	70	340	1200	110
Borova skorja	310	25	120	395	25
Brezova skorja	575	35	230	230	70
Šota	450	2	14	150	20

Za kompostiranje so bile dodane različne vrste in količine hranil v obliki N in P, ki smo jih prejeli iz Tovarne dušika Ruše. Kot vir dušika smo uporabili sečnino s 46 % N, amon - nitrat s 35 % N ter amonsulfat z 21 % N. Kot vir fosforja pa smo dodajali superfosfat s 17 % P ter fosforitno moko - mikro - fos z 28 - 30 % skupnega P. Za regulacijo pH smo dodajali hi - dratizirano apno. Pri dveh poskusnih kupih smo razen kemikalij dodali kot cepivo gotov kompost Humus Burgo 30 (lit. 60), en kup pa je bil za primerjavo brez vseh dodatkov.

Količine kemikalij, podane v kg/10 m<sup>3</sup> skorje, so bile naslednje:

Št.kupa	D o d a t k i
1	sečnina 20 kg + superfosfat 20 kg + apno 5 kg
2	sečnina 20 kg + superfosfat 20 kg + apno 5 kg + Humus Burgo (lit.60)
3	sečnina 20 kg + fosforitna moka 20 kg + apno 5 kg
4	sečnina 20 kg + fosforitna moka 20 kg + apno 5 kg + Humus Burgo
5	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 26 kg + apno 10 kg
6	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 10 kg + apno 10 kg
7	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 26 kg + fosforitna moka 20 kg + apno 5 kg
8	sečnina 20 kg + apno 10 kg
9	-
10	sečnina 70 kg
11	superfosfat 20 kg
12	sečnina 20 kg + superfosfat 20 kg
13	sečnina 20 kg + fosforitna moka 20 kg
14	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 26 kg
15	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 40 kg
16	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> + fosforitna moka 20 kg
17	sečnina 20 kg
18	fosforitna moka 20 kg
19	sečnina 20 kg + apno 5 kg

Ti dodatki so bili izbrani iz literaturnih podatkov.



Kot je že bilo v uvodu omenjeno, je kompostiranje aerobni biološki razkrojni proces, ki pretvori biološko razgradljivo trdno snov v stabilen humusni material. Najpomembnejše v procesu je razvoj toplote med razkrojem materialov. Ta biološka termogeneza lahko dvigne temperaturo kompostne zmesi na 65 - 75°C, ki je dovolj visoka, da uniči seme plevela in večino patogenih mikroorganizmov.

Zato smo pri naših poskusih kompostiranja stalno kontrolirali temperaturo, in sicer v začetku 1 x tedensko do 3 mesecev, nato pa 1 x mesečno do 1 leta. Paralelno smo jemali vzorce za določevanje vlage, ki smo jo določevali istočasno. Glede na določeno vsebnost vlage smo vzdrževali konstantno vlago v kupih med 50 in 55 %. Po literaturnih podatkih se da delno ugotavljati pretvorbo oziroma stopnjo zrelosti kompostov s sledečimi analizami: z določevanjem sproščenega CO<sub>2</sub>, z določevanjem razmerja C : N ter s poskusi uporabnosti na rastlinah. Razen stopnje zrelosti je za oceno kvalitete komposta potrebno podati vsebnost pepela, vlage, celokupnega dušika, fosforja, kalija ter pH.

Za spremljanje procesa kompostiranja smo želeli uporabiti metode, ki bi čim boljše karakterizirale pretvorbo skorje v humusni material. Kot je znano, je celoten rezultat stopnje kompostiranja stabilizacija organske snovi v odpadku (lit. 13, str. 41). Obseg stabilizacije je relativen v tem, da material ni popolnoma stabiliziran, to je da postane inerten. Končna stabilizacija organske snovi naj bi dala končne produkte CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O in mineralni pepel. Vendar se to ne izvrši v konvencionalnem kompostiranju, niti ni zaželeno v pogledu uporabnosti produkta. Koristnost komposta zavisi od nadaljnjega razkroja v tleh. Zelena stopnja stabilnosti je ona, pri kateri material ne povzroča težav pri skladiščenju. Problem pri kompostiranju je določiti, kdaj se doseže ta točka. Rešitev tega problema je privlačevala mnoge raziskovalce. Študije so

pokazale, da se temna barva kompostnega materiala doseže veliko prej, predno je dosežena potrebna stopnja stabilnosti. Enako velja tudi za razvoj vonja po zemlji, ki je značilen za aktinomicete. Parametri stabilnosti poleg izgleda in vonja so končni padec temperature, količina razkrojljive in odporne organske snovi v materialu, dvig redox potenciala, navzem kisika in škrobni test. Druge karakteristične spremembe, ki se izvršijo, so dvig pH, padec C : N razmerja zaradi sprostitve CO<sub>2</sub> itd.

Princip določevanja razkrojljive in odporne organske snovi po Rolle - in Orsonicovi metodi je določitev količine oksidanta, ki sestoji iz obdelave vzorca z raztopino kalijevega bikromata v prisotnosti žveplene kisline. Določitev redox potenciala temelji na dejstvu, da prisotnost razkrojljivih organskih substanc vodi do intenzifikacije mikrobiološke pretvorbe, ki nadalje vodi do prirastka navzema kisika in spremljajočega padca redox potenciala.

Metoda določitve škroba - škrobni test (po Lossinu) temelji na predpostavki, da je vsebnost razkrojljive organske snovi tem manjša, čim bolj je napredovala stopnja razkroja. Značilno za vse teste, razen za one, ki zavisijo od temperaturnega nivoja je, da so relativni. Merjenje redox potenciala še vedno ni dovolj natančno in je podvrženo raznim motnjam in napakam. Uspeh škrobnega testa zavisi od univerzalne prisotnosti škroba v odpadku ali kompostu.

Pri našem eksperimentalnem delu smo iskali kemijske analize, ki bi nam čim boljše karakterizirale pretvorbo skorje v humus. Na podlagi teh analiz smo želeli določiti stopnjo zrelosti kompostov. Potek kompostiranja smo zasledovali z določevanjem vsebnosti pepela, organske snovi, pH, vsebnosti celokupnega oz. oksidirajočega ogljika, vsebnosti celokupnega dušika in stopnje humificiranosti. Vzorce za te analize smo odvzeli 1 x mesečno do 6 mesecev kompostiranja, nato pa še po 1 letu.

Jemanje vzorcev in nekatere analize je izvršil laboratorij Tovarne celuloze in papirja "Djuro Salaj" v Krškem, nekaj analiz laboratorij Tovarne dušika Ruše, ostale analize pa naš Inštitut. Testiranje uporabnosti je bilo izvršeno na Višji agronomski šoli Maribor in v TDR ter na Inštitutu za tla in prehrano rastlin v Ljubljani.

#### Analitske metode

Priprava vzorcev za analizo	lit. 61, str. 7
Vsebnost vlage	lit. 61, str. 23
pH (1N KCl)	lit. 61, str. 37
Celokupni dušik (po Kjeldahlu)	lit. 61, str. 162
Oksidirajoči ogljik (po Kurmiesu)	lit. 62
Pepel	lit. 63, str. 19
Stopnja humificiranosti (po Springerju)	lit. 61, str. 58

Rezultati poskusov kompostiranja so podani v tabelah 2 do 9 in diagramih 1 do 5. Tabela 2 prikazuje razvoj temperature v posameznih kupih v odvisnosti od časa kompostiranja. Diagram 1 - odvisnost temperature od časa kaže, da se najintenzivnejša reakcija izvrši po 1 tednu; ko je bila dosežena najvišja temperatura  $53^{\circ}\text{C}$  pri kupu št. 2. Po enem mesecu kompostiranja so se temperature znižale na  $35 - 40^{\circ}\text{C}$ , po 2 mesecih na  $30^{\circ}\text{C}$ , enaka je bila tudi po 3 mesecih, rakar se je temperatura dvignila, ker so bili kupi premetani cziroma prezračeni. Za tem je sledil znaten padec temperature, ki se je dvignila šele spomladi z dvigom zunanje temperature.

V tabelah 3 do 9 so prikazani rezultati kemijskih analiz kompostov, in sicer takoj po pripravi kupov, po 1, 2, 3, 4, 6 in po 12 mesecih kompostiranja.

Po dobljenih podatkih, ki so razvidni tudi iz diagramov 2 do 5, v katerih niso podani rezultati vseh poskusnih kupov, ampak samo št. 2, 10 in 13, ki so bili pripravljene ali z vsemi dodatki ali samo z dodatkom N oz. P ter vrednosti za poskusni kup brez vseh dodatkov št. 9, lahko sklepamo, da so določene razlike med posameznimi poskusi, in sicer v odvisnosti od dodanih kemikalij pri ostalih konstantnih pogojih. Napredovanje razkroja skorje v odvisnosti od časa kompostiranja se najbolj odraža v zvišanju vsebnosti pepela, v povprečju od 11,5 % pri izhodni skorji do 27,3 % po enem letu kompostiranja (diagram 2) kar pomeni, da se je vsebnost organskih snovi znižala na okoli 72,7 %. Vsebnost oksidirajočega ogljika je precej variirala, vendar kaže trend padanja s časom kompostiranja. pH vrednosti kompostov so precej visoke (diagram 3), tako da izgleda da dodatek apna pri kompostiranju bukove skorje ni potreben. pH vrednosti posameznih poskusnih kupov v začetku rastejo, nakar kažejo tendenco padanja s časom kompostiranja. Razmerje C : N (diagram 4) se je po 3 mesecih kompostiranja znižalo od 55,4 pri izhodni bukovi skorji na 21 - 37, po šestih mesecih na 23 - 33,8, po enem letu pa na 20,4 do 38,2. Pri vseh kupih se je povečala stopnja humificiranosti (diagram 5). Spremembe v kemijski sestavi v odvisnosti od časa kompostiranja so prikazane v tabeli 10.

Tabela 2

Spreminjanje temperature poskusnih kupov v odvisnosti od časa kompostiranja

Tem. zraka °C:	26	23	22	15	3	-3	4	10	24	18	26	33
Datum :	18.7. 1975	6.8. 1975	2.9. 1975	8.10. 1975	5.11. 1975	17.12. 1975	7.1. 1976	24.2. 1976	31.3. 1976	30.4. 1976	19.5. 1976	10.6. 1976
St. kupa	T°C	T°C	T°C	T°C	T°C	T°C	T°C	T°C	T°C	T°C	T°C	T°C
1	54	38	32	45	26	-2		6	13	20	41	41
2	58	38	31	44	20	-3		4	14	17	42	41
3	48	-	29	39	13	-4		5	14	17	38	
4	44	36	25	35	14	-6		5	13	18	38	38
5	48	-	29	36	15	-5		4	15	17	38	
6	52	37	27	36	13	-5		5	12	16	36	
7	56	-	31	44	20	-5		5	15	19	40	
8	52	-	33	43	15	-4		6	14	19	37	
9	47	36	33	41	15	-5		4	13	17	34	
10	53	34	31	38	12	-3		6	13	17	40	40
11	49	35	31	41	13	-3		5	14	17	36	
12	53	-	33	48	24	2		8	16	18	37	41
13	51	-	32	42	17	0		7	14	18	38	
14	51	-	32	41	16	-2		7	16	18	46	44
15	54	-	34	44	22	2		8	16	17	42	40
16	52	-	34	44	19	6	11	8	17	16	41	
17	50	-	31	41	25	-4		5	14	18	38	
18	49	-	34	44	25	11	10	11	20	18	42	44
19	51	-	35	45	35	19	17	19	26	30	45	54

Tabela 3

Kemijska sestava poskusnih kupov takoj po pripravi

Št. kupa	Suhota	pH <sub>KCl</sub>	Vsebnost pepela	Celokupna vsebnost organskih substanc	Oksidira= joči ogljik	Celokupni ogljik	Celokupni dušik	Razmerje C : N	Stopnja humifici= ranosti
	%		%	%	%	%	%		
1	49,8	7,0	10,5	89,5	39,00	35,69	0,96	40,6	15,19
2	51,8	6,65	16,0	84,0	33,12	33,40	1,02	32,5	15,28
3	47,2	7,28	9,6	90,4	37,62	-	0,62	60,7	11,46
4	48,5	6,98	12,7	87,3	32,34	-	0,97	33,3	13,54
5	48,4	6,90	9,8	90,2	38,60	-	0,58	66,5	12,04
6	51,9	7,07	17,8	82,2	33,97	-	0,82	41,4	17,28
7	50,6	6,73	9,2	90,8	39,0	-	0,66	59,0	11,84
8	49,4	7,25	13,0	87,0	30,94	-	0,86	35,9	17,26
9	51,8	7,00	9,4	90,6	41,50	38,05	0,50	83,0	12,38
10	47,9	6,91	15,5	84,5	34,75	34,81	1,15	30,2	12,46
11	50,7	6,30	18,6	81,4	36,72	34,15	0,88	41,7	13,89
12	49,2	6,68	10,5	89,5	40,89	38,96	0,74	55,2	15,28
13	48,4	6,82	12,0	88,0	38,34	35,99	1,11	34,5	17,10
14	51,3	6,51	17,9	82,1	35,42	33,35	1,17	30,3	18,03
15	51,8	6,10	8,0	92,0	41,37	39,58	1,02	40,5	16,31
16	49,6	6,89	12,3	87,7	40,64	37,24	0,94	43,2	17,14
17	48,4	6,88	9,4	90,6	40,81	-	0,87	46,9	12,14
18	48,8	7,08	11,5	88,5	38,64	-	0,73	49,5	16,05
19	50,3	6,82	10,7	89,3	39,62	-	1,12	35,4	14,15

Tabela 4

Kemijska sestava poskusnih kupov po 1 mesecu kompostiranja

Št. kupa	Suhota %	pH <sub>KCl</sub>	Vsebnost pepela %	Celokupna vsebnost org. substanc, %	Oksidirajoči ogljik, %	Stopnja humifi- ciranosti
1	43,1	6,90	16,4	83,6	37,45	17,27
2	43,9	6,88	14,6	85,4	39,54	16,00
3	43,5	6,82	10,6	89,4	42,19	14,86
4	43,8	6,87	22,0	78,0	32,05	18,31
5	45,5	6,50	12,6	87,4	43,54	11,55
6	45,8	6,80	20,9	79,1	37,89	19,82
7	44,6	6,80	14,6	85,4	41,15	13,78
8	44,9	7,29	14,7	85,3	31,29	17,44
9	44,3	7,05	12,0	88,0	34,47	18,26
10	41,3	6,60	11,2	88,8	43,98	16,00
11	44,9	5,98	10,7	89,3	42,77	17,22
12	41,6	6,65	12,6	87,4	41,51	18,44
13	44,0	6,68	10,4	89,6	41,46	12,58
14	45,6	6,20	19,5	80,5	34,55	17,96
15	43,9	6,21	10,2	89,8	46,28	15,53
16	44,0	6,75	13,2	86,8	39,28	17,07
17	43,3	7,00	10,0	90,0	42,71	12,77
18	44,7	7,02	10,3	89,7	42,59	14,51
19	42,3	7,05	10,6	89,4	42,17	14,66

Tabela 5

Kemijska sestava poskusnih kupov po 2 mesecih kompostiranja

Št. kupa	Suhota %	pH <sub>KCl</sub>	Vsebnost pepela %	Celokupna vsebnost organ.substanc, %	Oksidirajoči ogljik, %	Stopnja humificiranosti
1	45,4	7,17	17,0	83,0	36,94	18,70
2	46,3	7,25	18,5	81,5	32,70	19,75
3	44,8	7,33	14,4	85,6	32,37	18,77
4	44,8	7,20	17,4	82,6	29,73	18,75
5	47,0	7,17	18,9	81,1	35,16	18,20
6	47,1	7,21	18,5	81,5	35,99	19,69
7	47,4	7,22	17,6	82,4	33,43	19,67
8	48,3	7,30	19,4	80,6	32,34	18,10
9	47,9	7,05	14,2	85,8	36,94	18,23
10	47,3	7,08	18,8	81,2	35,40	20,72
11	46,6	6,81	23,4	76,6	35,56	20,01
12	44,6	6,92	13,8	86,2	42,35	19,43
13	44,3	6,98	14,8	85,2	37,64	17,77
14	46,5	6,80	15,9	84,1	36,03	19,46
15	44,9	6,98	12,1	87,9	42,67	16,60
16	45,5	6,90	11,7	88,3	36,99	18,23
17	44,9	7,10	16,5	83,5	37,48	18,21
18	48,4	7,10	13,1	86,9	39,07	17,11
19	43,6	7,21	12,4	87,6	41,31	15,11



Tabela 6

Kemijska sestava poskusnih kupov po 3 mesecih kompostiranja

št. kupa	pH <sub>KCl</sub>	Vsebnost pepela, %	Celokupna org. substanc, %	Oksidirajoči ogljik, %	Celokupni ogljik, %	Celokupni dušik, %	Hazmerje C : N	Stopnja humi-ficiranosti
1	7,21	19,3	80,7	32,28	36,77	1,39	23,2	21,76
2	7,21	20,9	79,1	32,08	36,54	1,52	21,1	21,80
3	7,22	20,9	79,1	32,59		1,33	24,5	20,42
4	7,20	23,0	77,0	31,12		1,36	22,9	19,87
5	7,11	14,5	85,5	35,17		1,28	27,5	16,83
6	7,32	16,5	83,5	35,40		1,43	24,7	18,81
7	7,21	18,9	81,1	36,39		1,28	28,4	22,15
8	7,29	25,5	74,5	32,33		1,33	23,5	20,88
9	7,32	16,3	83,7	38,26	37,95	1,19	32,1	21,14
10	6,97	20,0	80,0	34,95	37,10	1,06	32,9	23,83
11	7,07	18,9	81,1	37,23	38,26	1,05	35,5	22,94
12	7,00	15,1	84,9	42,16	41,85	1,39	30,3	21,77
13	6,90	20,8	79,2	31,55	31,24	1,44	21,9	19,97
14	6,95	14,2	85,8	40,21	38,58	1,09	36,9	19,12
15	6,96	11,8	88,2	43,62	41,82	1,50	29,1	19,27
16	6,88	15,0	85,0	41,96	40,33	1,40	29,9	17,69
17	6,85	17,6	82,4	40,65		1,82	22,3	16,73
18	7,05	13,6	86,4	41,83		1,12	37,3	17,64
19	6,98	16,5	83,5	40,70		1,54	26,4	19,01

Tabela 7

Kemijska sestava poskusnih kupov po 4 mesecih kompostiranja

št. kupa	pH <sub>KCl</sub>	Vsebnost pepela %	Celokupna vsebnost organskih substanc, %	Oksidirajoči ogljik %	Celokupni dušik, %	Razmerje C : N	Stopnja humifi- ciranosti
1	7,48	22,7	77,3	36,48	1,07	34,1	23,99
2	7,30	20,3	79,7	34,11	1,06	32,2	22,39
3	7,42	16,6	83,4	36,55	0,99	36,9	20,72
4	7,33	17,5	82,5	33,23	0,82	40,5	22,13
5	7,32	15,5	84,5	37,66	0,96	39,2	20,63
6	7,40	18,2	81,8	38,56	0,83	46,4	20,88
7	7,42	20,0	80,0	32,64	1,10	29,4	22,00
8	7,58	20,9	79,1	34,99	0,84	41,6	21,63
9	7,40	16,5	83,5	38,01	0,78	48,7	19,91
10	7,42	19,5	80,5	34,18	1,22	28,0	24,55
11	7,20	18,4	81,6	37,93	0,88	43,1	22,51
12	7,33	13,6	86,4	46,85	1,19	39,4	20,90
13	7,15	12,9	87,1	38,76	1,08	35,9	22,30
14	7,35	19,5	80,5	36,91	0,77	47,9	24,53
15	7,18	22,3	77,7	34,34	1,17	29,3	25,05
16	7,40	16,6	83,4	37,11	0,99	37,5	21,98
17	7,40	13,7	86,3	41,46	1,03	40,2	23,31
18	7,38	16,6	83,4	41,50	0,91	45,6	20,93
19	7,55	14,6	85,4	40,58	1,27	31,9	23,01

Tabela 8

Kemijska sestava poskusnih kupov po 6 mesecih kompostiranja

Št. kupa	pH <sub>KCl</sub>	Vsebnost pepela, %	Celokupna vsebnost org. substanc, %	Oksidirajoči ogljik, %	Celokupni dušik, %	Razmerje C : N	Stopnja humificiranosti
1	7,10	20,80	79,20	37,35	1,56	23,9	21,53
2	7,08	20,22	79,78	37,00	1,46	25,2	25,47
3	7,12	17,43	82,57	37,59	1,40	26,8	25,53
4	6,98	23,92	76,08	34,00	1,21	28,1	24,73
5	7,00	17,59	82,41	37,02	1,28	28,9	21,46
6	6,98	19,54	80,46	37,10	1,26	29,4	25,20
7	7,15	18,36	81,64	36,80	1,35	27,2	24,10
8	7,22	19,75	80,25	36,57	1,24	29,5	18,84
9	7,05	18,82	81,18	36,44	1,21	30,1	18,66
10	7,00	15,66	84,34	39,24	1,70	23,1	19,12
11	6,80	21,41	78,59	36,59	1,22	29,9	20,58
12	6,85	16,10	83,90	41,55	1,57	26,5	18,18
13	6,90	22,38	77,62	34,69	1,44	24,1	18,19
14	6,95	18,90	81,10	35,97	1,20	29,9	22,93
15	6,77	14,76	85,24	41,46	1,46	28,4	23,92
16	6,95	16,54	83,46	39,69	1,19	33,3	20,98
17	6,85	15,73	84,27	38,45	1,54	24,9	24,04
18	7,00	15,66	84,34	37,53	1,11	33,8	21,84
19	7,05	15,85	84,15	38,17	1,50	25,4	21,45

Tabela 9

Kemijska sestava poskusnih kupov po 1 letu kompostiranja

Št. kupa	pH	KCl	Vsebnost pepela, %	Celokupna vsebnost org. substanc, %	Oksidirajoči ogljik, %	Celokupni dušik, %	Razmerje C : N	Stopnja humifi- ciranosti
1	7,25		17,36	82,64	35,74	1,41	25,3	25,00
2	6,82		27,26	27,74	32,81	1,47	22,3	23,42
3	7,12		12,87	87,13	40,23	1,06	38,0	20,62
4	7,00		25,99	74,01	32,96	1,38	23,9	21,73
5	7,09		16,90	83,10	40,44	1,32	30,6	18,16
6	6,81		11,07	88,93	42,85	1,06	40,4	19,41
7	7,02		29,68	70,32	30,40	1,33	22,8	21,19
8	7,15		13,66	86,34	37,43	1,08	34,6	21,22
9	6,82		21,97	78,03	36,38	1,13	32,2	17,87
10	6,95		22,07	77,93	37,40	1,83	20,4	24,24
11	6,58		22,94	77,06	35,90	1,22	29,4	24,55
12	6,92		22,57	77,43	39,79	1,65	24,1	22,60
13	6,92		18,48	81,52	40,38	1,68	24,0	24,25
14	7,03		23,74	76,26	33,80	1,33	25,4	19,79
15	6,91		17,94	82,06	36,64	1,19	30,8	19,58
16	6,70		14,78	85,22	42,27	1,24	34,0	19,73
17	6,92		20,59	79,41	40,03	1,54	26,0	20,54
18	7,18		17,25	82,75	35,91	0,94	38,2	20,45
19	7,29		14,69	85,31	39,07	1,27	30,8	20,62

Tabela 10

Spremembe v kemijski sestavi bukove skorje v odvisnosti od časa kompostiranja

Št. kupa	Čas kompo- stiranja (mesecev)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
pH <sub>KCl</sub>	0	7,00	6,65	7,28	6,98	6,90	7,07	6,73	7,25	7,00	6,91	6,30	6,68	6,82	6,51	6,10	6,89	6,88	7,08	6,82
	1	6,90	6,88	6,82	6,87	6,50	6,80	6,80	7,29	7,05	6,60	5,98	6,65	6,63	6,20	6,21	6,75	7,00	7,02	7,05
	2	7,17	7,25	7,33	7,20	7,17	7,21	7,22	7,30	7,05	7,08	6,81	6,92	6,98	6,80	6,98	6,90	7,10	7,10	7,21
	3	7,21	7,21	7,22	7,20	7,11	7,32	7,21	7,29	7,32	6,97	7,07	7,00	6,90	6,95	6,96	6,88	6,85	7,05	6,98
	4	7,48	7,30	7,42	7,33	7,32	7,40	7,42	7,58	7,40	7,42	7,20	7,33	7,15	7,35	7,18	7,40	7,40	7,38	7,55
	6	7,10	7,03	7,12	6,98	7,00	6,98	7,15	7,22	7,05	7,00	6,80	6,85	6,90	6,95	6,77	6,95	6,85	7,00	7,05
	12	7,25	6,82	7,12	7,00	7,09	6,81	7,02	7,15	6,82	6,95	6,58	6,92	6,92	7,03	6,91	6,70	6,92	7,18	7,29
Vsebnost pepela, %	0	10,5	16,0	9,6	12,7	9,8	17,8	9,2	13,0	9,4	15,5	18,6	10,5	12,0	17,9	8,0	12,3	9,4	11,5	10,7
	1	16,4	14,6	10,6	22,0	12,6	20,9	14,6	14,7	12,0	11,2	10,7	12,6	10,4	19,5	10,2	13,2	10,0	10,3	10,6
	2	17,0	18,5	14,4	17,4	18,9	18,5	17,6	19,4	14,2	18,8	23,4	13,8	14,8	15,9	12,1	11,7	16,5	13,1	12,4
	3	19,3	20,9	20,9	23,0	14,5	16,5	18,9	25,5	16,3	20,0	18,9	15,1	20,8	14,2	11,8	15,0	17,6	13,6	16,5
	4	22,7	20,3	16,6	17,5	15,5	18,2	20,0	20,9	16,5	19,5	18,4	13,6	12,9	19,5	22,3	16,6	13,7	16,6	14,6
	6	20,8	20,2	17,4	23,9	17,6	19,5	18,4	19,8	18,8	15,7	21,4	16,1	22,4	18,9	14,8	16,5	15,7	15,7	15,9
	12	17,4	27,3	12,9	25,9	16,9	11,1	29,7	13,7	21,9	22,1	22,9	22,6	18,5	23,7	17,9	14,8	20,6	17,3	14,7
Razmerje C : N	0	40,6	32,5	60,7	33,3	66,5	41,4	59,0	35,9	83,0	30,2	41,7	55,2	34,5	30,3	40,5	43,2	46,9	49,5	35,4
	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3	23,2	21,1	24,5	22,9	27,5	24,7	28,4	23,5	32,1	32,9	35,5	30,3	21,9	36,9	29,1	29,9	22,3	37,3	26,4
	4	34,1	32,2	36,9	40,5	39,2	46,4	29,4	41,6	43,7	28,0	43,1	39,4	35,9	47,99	29,3	37,5	40,2	45,6	31,9
	6	23,9	25,2	26,8	28,1	28,9	29,4	27,2	29,5	30,1	23,1	29,9	26,5	24,1	29,9	28,4	33,3	24,9	33,8	25,4
	12	25,3	22,3	38,0	23,9	30,6	40,4	22,8	34,6	32,2	20,4	29,4	24,1	24,0	25,4	30,8	34,0	26,0	38,2	30,8
Stopnja humificira- nosti	0	15,2	15,3	11,5	13,5	12,0	17,3	11,8	17,3	12,4	12,5	13,9	15,3	17,1	18,0	16,3	17,1	12,1	16,0	14,1
	1	17,3	16,0	14,9	18,3	11,6	19,8	13,8	17,4	18,3	16,0	17,7	18,4	12,6	17,9	15,5	17,1	12,3	14,5	14,7
	2	18,7	19,8	18,8	18,8	18,2	19,7	19,7	18,1	18,3	20,7	20,0	19,4	17,8	19,5	16,6	18,2	18,2	17,1	15,1
	3	21,8	21,8	20,4	19,9	16,8	18,8	22,2	20,9	21,1	23,8	22,9	21,8	19,9	19,1	19,3	17,7	16,7	17,6	19,0
	4	23,9	22,9	20,7	22,1	20,6	20,9	22,0	21,6	19,9	24,5	22,5	20,9	22,3	24,5	25,0	21,9	23,3	20,9	23,0
	6	21,5	25,5	25,5	24,7	21,5	25,2	24,1	18,8	18,7	19,1	20,6	18,2	18,2	22,9	23,9	20,9	24,0	21,8	21,5
	12	25,0	23,4	20,6	21,5	18,2	19,4	21,2	21,2	17,9	24,2	24,5	22,6	24,2	19,8	19,6	19,7	20,5	20,4	20,6

DIAGRAM 1

Odnosnost temperature od časa kompostiranja

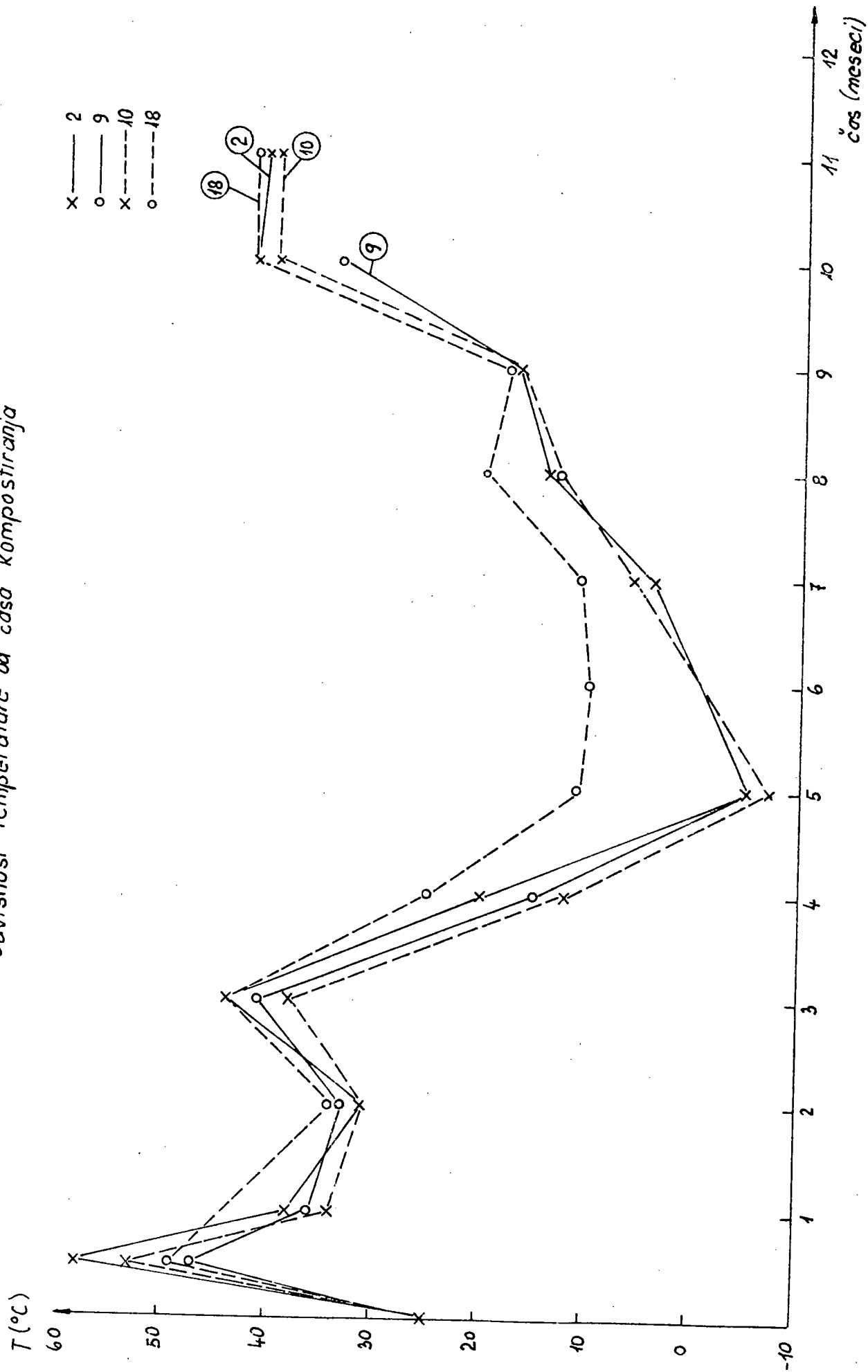
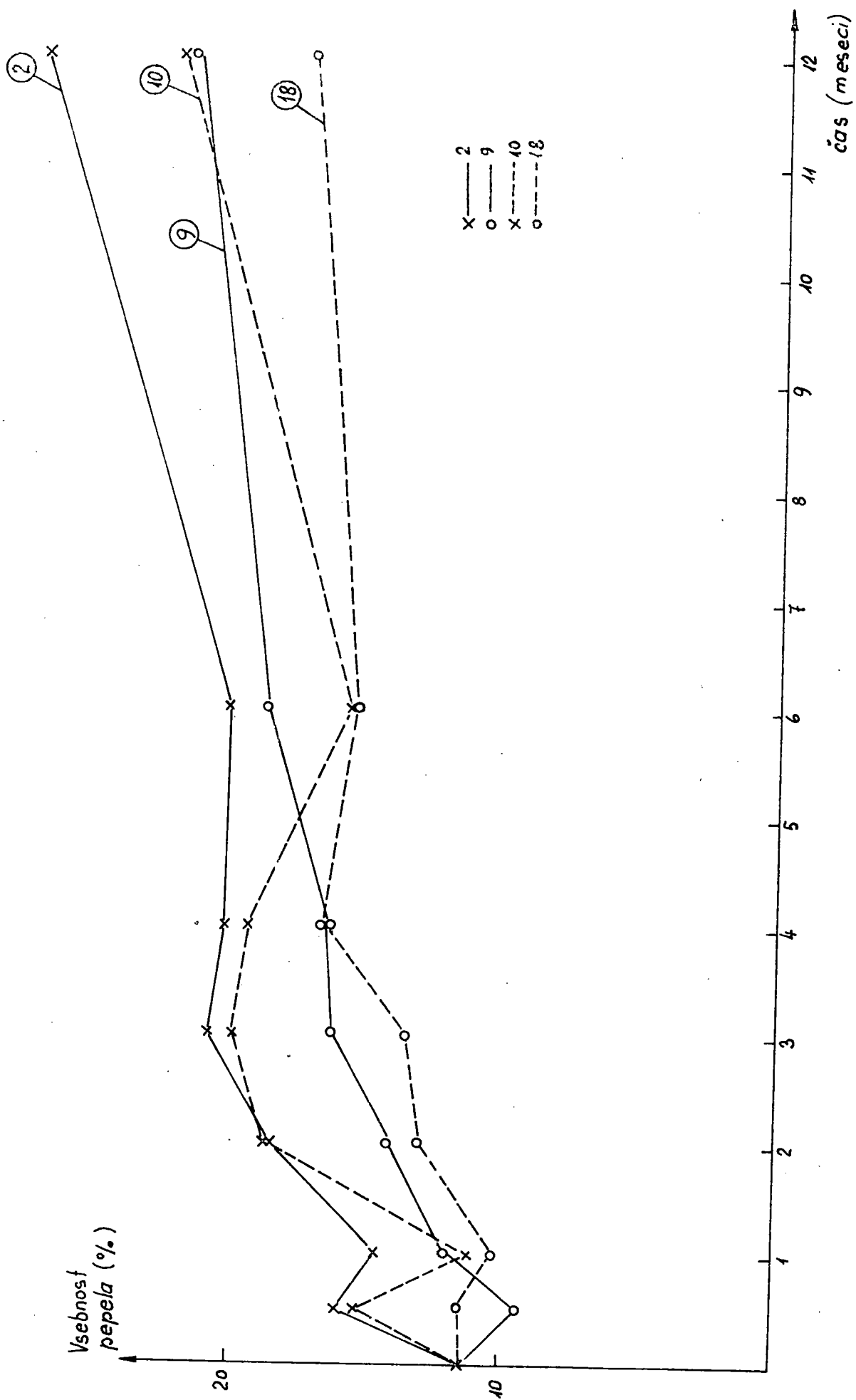
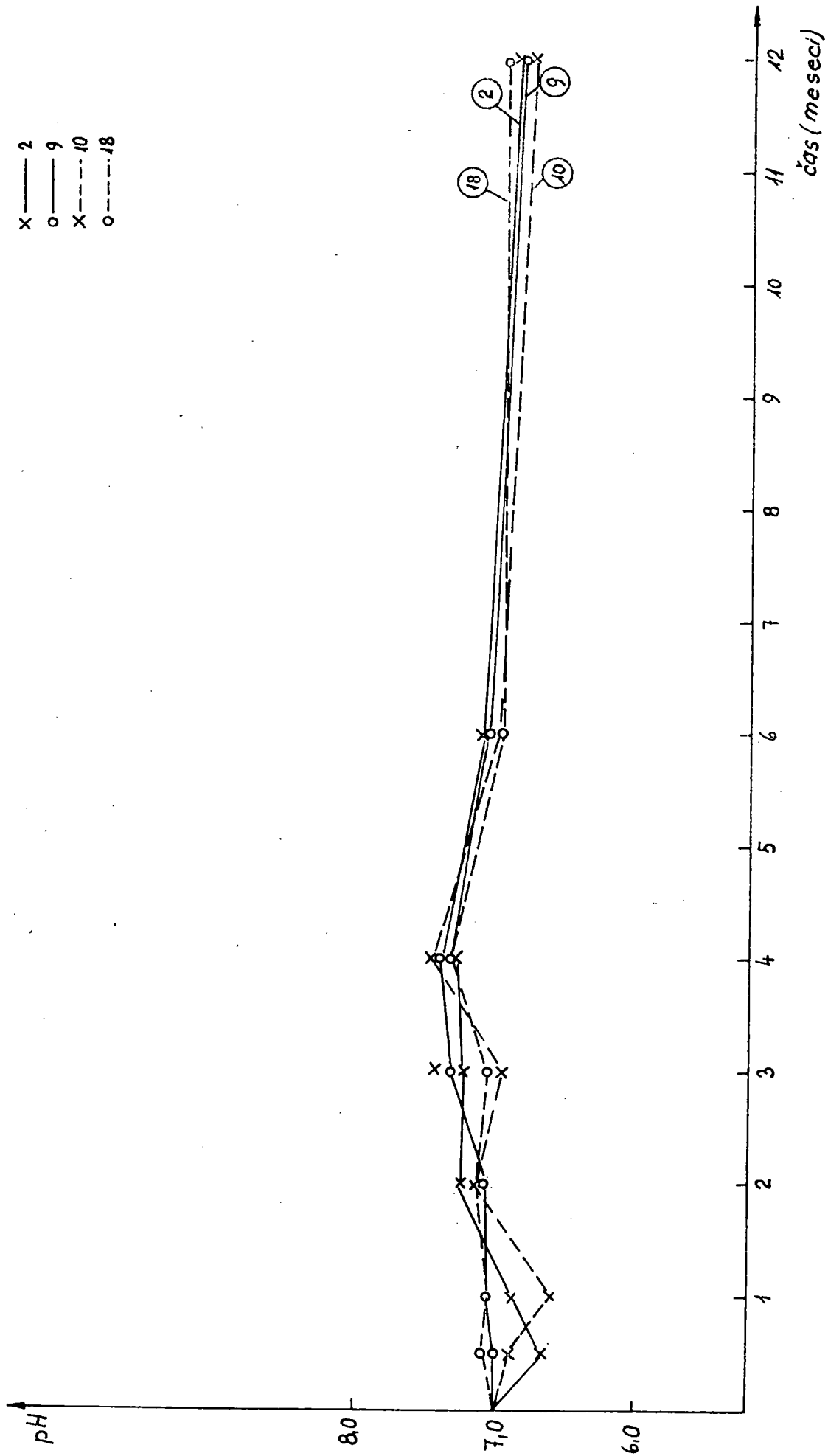


DIAGRAM 2  
 Odvisnost vsebnosti pepela od časa kompostiranja



### DIAGRAM 3

Odvisnost pH od časa kompostiranja

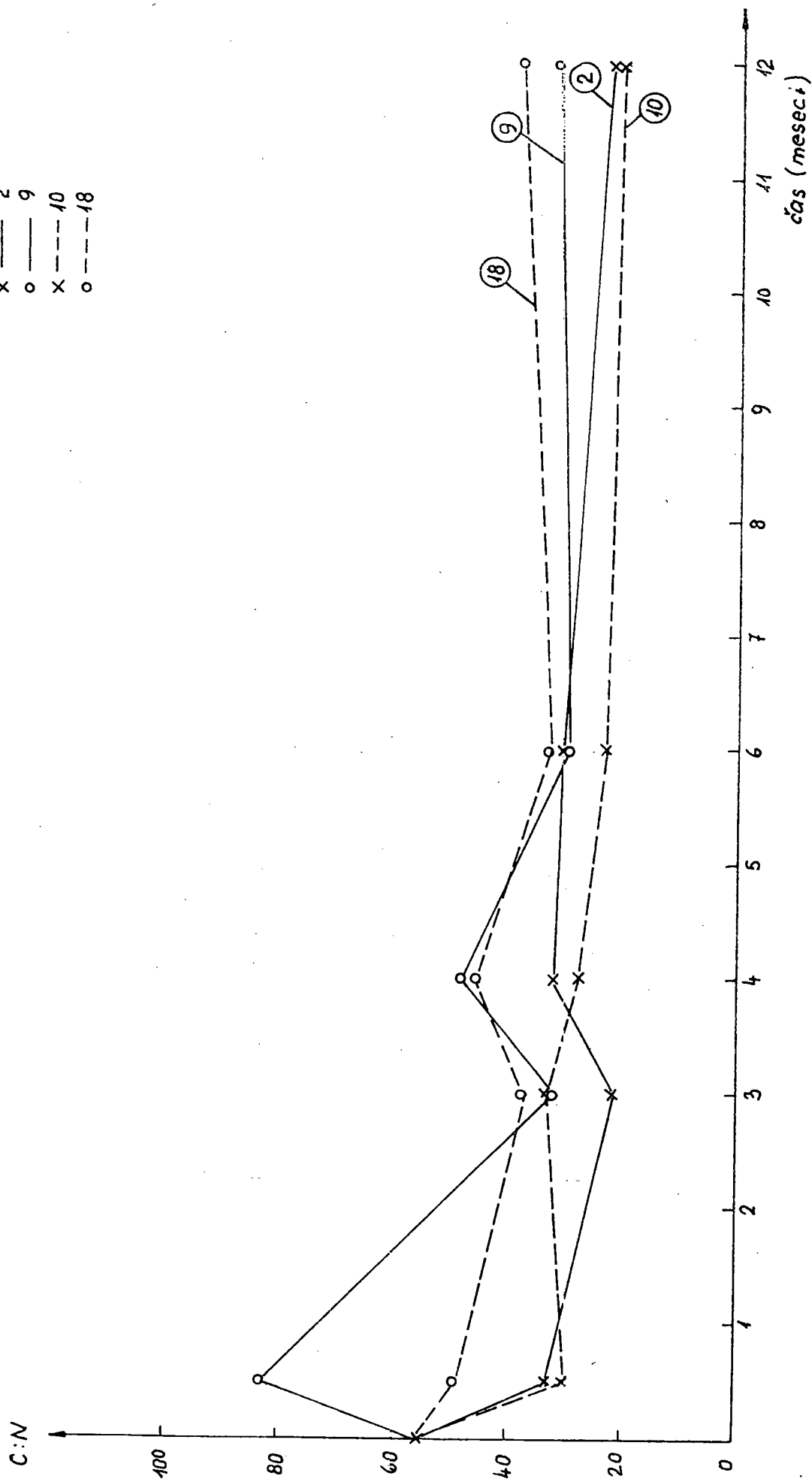




# DIAGRAM 4

Odvisnost C:N razmerja od časa kompostiranja

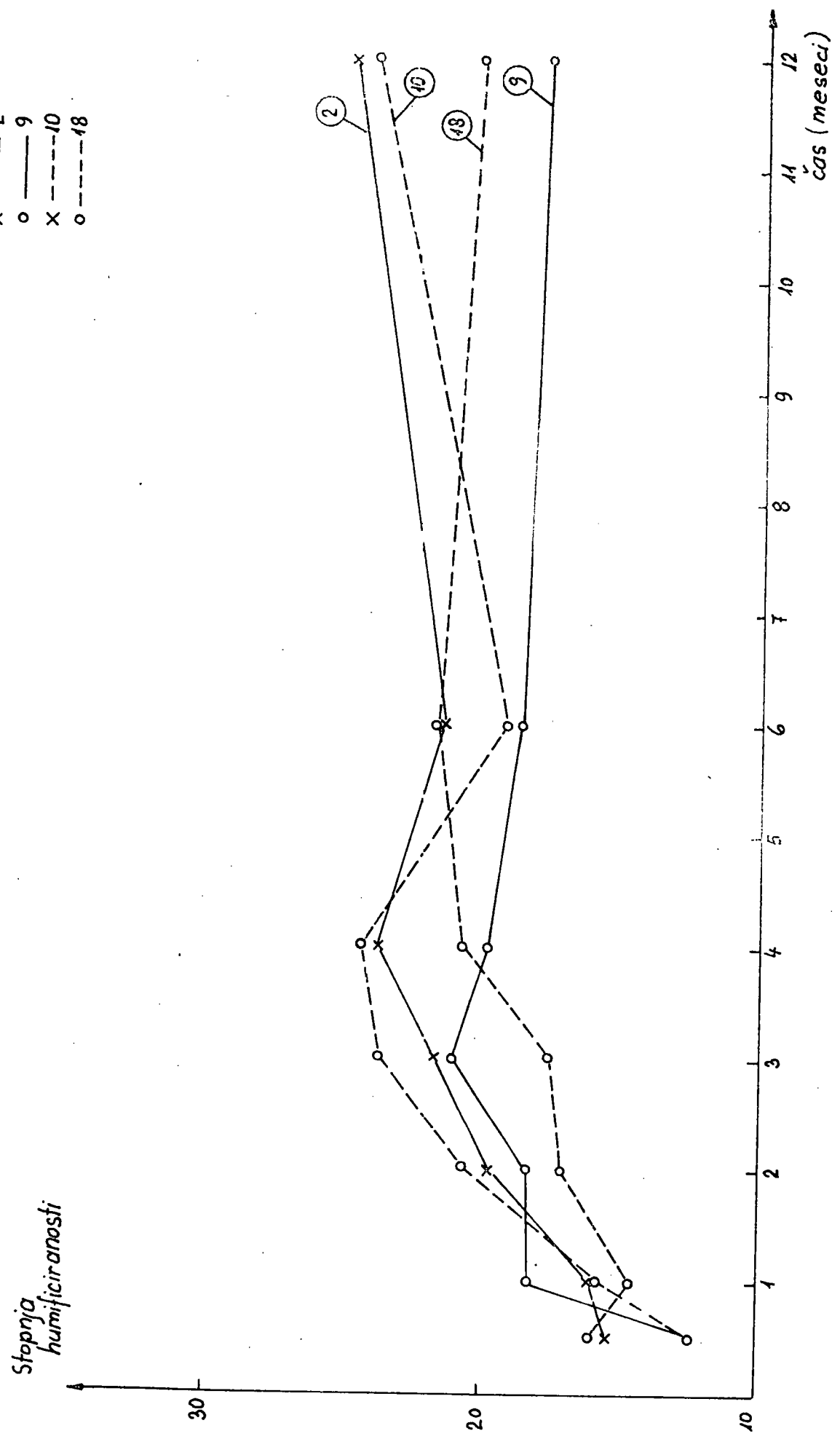
- x — 2
- o — 9
- x - - - 10
- o - - - 18



# DIAGRAM 5

Odvisnost stopnje humificiranosti od časa kompostiranja

- X — 2
- o — 9
- X - - - 10
- o - - - 18



Izvršili smo tudi primerjavo med povprečno sestavo naših poskusnih kompostov iz bukove skorje po enem letu kompostiranja in dvema komercialnima produktoma iz skorje (tabela 11).

Tabela 11

Kemijske karakteristike kompostov iz skorje

Vrsta skorje:	Bor + Breza	Topola (Humus Burgo 80 Italija)	Bukev
Vlaga, %	55	50 - 55	42 - 55
Pepel, %	-	15 - 25	11,1-27,3
pH	6,5	7 - 7,5	6,6 - 7,2
N, %	2,1	1,4 - 1,6	0,9 - 1,6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , %	0,06	0,2 - 0,4	0,02-0,07
K <sub>2</sub> O, %	0,06	0,5 - 0,7	0,04-0,06
Cel. C, %	30-38	34 - 33	30,4-40,3
C : N	14-17	21-27	20,4-33,2

Iz priloženih rezultatov v tabelah in diagramih je razvidno, da so tekom kompostiranja nastale določene spremembe v kemijski sestavi, kar potrjuje pretvorbo osnovne skorje v humusno substanco. Ker pa uporabljene kemijske analize ne dajo 100 % potrditve dobrega humusa, je bilo potrebno, da se poleg teh kemijskih analiz poslužimo tudi preizkusov s testnimi rastlinami, ki naj bi potrdile vrednost nastalega humusa.

Čeprav se po kemijski sestavi vzorci kompostov iz bukove skorje bistveno ne razlikujejo od komercialnih kompostov, je vprašanje njihove uporabnosti seveda pomembnejše. Možnosti izkoriščanja komposta iz skorje ne zavisijo samo od njegovih kemijskih karakteristik, ampak tudi od fizikalnih, kot so poroznost, volumska teža, ionska izmenjevalna kapaciteta, vodna kapaciteta itd. ki jih v okviru tega dela naloge še nismo zajeli.

Na Višji agronomski šoli v Mariboru so bili izvršeni poskusi določevanja fitotoksičnosti in mikrobiološke aktivnosti kompostov po 3 in 6 mesecih kompostiranja. Ugotovljeno je, da so bili po 3 mesecih kompostiranja komposti sterilni, kajti nobeden od 19 vzorcev ni povzročil razkrajanja iz jute, bombaža in staničevine, po posebnem postopku navlažene tkanine v petrijevkah. Pod istimi pogoji je hlevski gnoj, star kompost in "Humovit" povzročil po 3 tednih znaten razkroj tkanin, kar je služilo kot komparacija o mikrobiološki aktivnosti. (64). Vegetacijski test v petrijevkah s solato in krešo je vodil do ugotovitev, da so komposti št. 1, 5, 7, 10, 12 in 17 fitotoksični, v tej fazi razvoja.

Po 6 mesecih kompostiranja pa je isti test s tkanino pokazal, da je večina vzorcev tkanine v navlaženih kompostih pričela kazati znake razkrajanja. Vrstni red intenzivnosti razkroja po št. vzorcev:

3, 5, 10, 11, 12, 13, 16	(močno razkrojena tkanina)
1, 2, 4, 7, 15, 14, 18, 19	(srednje močno razkrojena tkanina)
6, 8, 9, 17,	(slabo razkrojena tkanina).

Na vzorcih kompostov po 6 mesecih kompostiranja je bil izvršen tudi test kalivosti v petrijevkah z zeljem in krešo. Zelje je vzkalilo po 4 do 6 dneh v vseh petrijevkah, kmalu za tem tudi kreša. Vendar se rastline, ko so dosegle višino 3 - 4 cm, niso več dalje razvijale. Zasedovanje pH vrednosti kompostov,

določenih v destilirani vodi je pokazalo, da pri posameznih vzorcih pH vrednosti nihajo, v večini primerov se pH vrednosti s časom kompostiranja znižajo, vendar so še nad optimalno mejo. Zato bo potrebno omejiti izbor kombinacij na dodatke s kislimi komponentami, sicer pri pojavih fitotoksičnosti ni jasno, kaj jo povzroča. Bodisi previsoka pH- vrednost ali nerazkrojeni produkti v kompostu in skorji.

Dosedanje zasledovanje sprememb v kompostih iz bukove skorje vodi do zaključka, da je potrebno 4 do 6 mesecev za snovne spremembe in mikrobiološko aktivnost, ki dopušča uporabo humusa za nadaljnje oplemenitenje in proizvodnjo humusnih tržnih gnojil v Tovarni dušika Ruše.

Glede na stopnjo fitotoksičnosti so pozitivno ocenjeni vzorci kompostov (po padajočem vrstnem redu) :  
15, 18, 11, 16, 14, 12, 13.

V Tovarni dušika Ruše so bili po 1 letu kompostiranja izvršeni praktični poskusi s kompostirano skorjo in substrati, pripravljenimi iz kompostirane skorje. Za te poskuse je bilo izbranih 10 vzorcev komposta na osnovi rezultatov kemijskih analiz, in sicer: št. 1, 2, 4, 10, 12, 14, 15, 16, 18 in 19. V vse navedene vzorce je bila posejana vrtna kreša, ki je vzklila in rastla v vseh vzorcih do višine cca 5 cm, naprej se ni razvijala. Najbolje je uspevala v vzorcih št. 15, 16, 19. V vzorcih št. 14 in 18 je uspevala nekoliko slabše, še slabše v vzorcih št. 4, 10 in 12, najslabše v št. 1 in 2.

V mešanici kompostirane skorje in vrtno zemlje v razmerju 1 : 1 so bili dobljeni enaki rezultati kot pri samih kompostih. Ti poskusi so bili izvedeni v laboratoriju. V vrtnarskem centru pa so bili nastavljeni poskusi na prostem, s substrati, pripravljenimi iz kompostirane skorje, humificirane zemlje, šote in peska na različnih kulturah.

Vzorci so bili naslednje sestave :

- 1 A : 100 % kompostirane skorje št. 1
- 1 B : 50 % kompostirane skorje št. 1 in  
50 % humificirane zemlje
- 2 A : 70 % kompostirane skorje št. 2 in  
30 % humificirane zemlje
- 2 B : 30 % kompostirane skorje št. 2 in  
70 % humificirane zemlje in peska
- 10 A : 40 % kompostirane skorje št. 10 in  
60 % humificirane zemlje in peska
- 12 A : 30 % kompostirane skorje št. 12 in  
70 % humificirane zemlje in peska
- 14 A : 30 % kompostirane skorje št. 14 in  
70 % humificirane zemlje in peska
- 15 A : 60 % kompostirane skorje št. 15 in  
40 % humificirane zemlje in peska
- 16 A : 20 % kompostirane skorje št. 16 in  
80 % šote, humificirane zemlje in peska
- 18 A : 10 % kompostirane skorje št. 18 in  
90 % šote, humificirane zemlje in peska
- 19 A : 15 % kompostirane skorje št. 19 in  
85 % šote, humificirane zemlje in peska
- 20 A : 100 % torbon
- 21 : 100 % navadne vrtne zemlje.

Analiza substratov je bila naslednja:

Tabela 12

Analiza pripravljenih organskih substratov iz kompostirane skorje

A n a l i z a	organski substrati na bazi kompostirane skorje							Vrtna zemlja 21	
	1 A	2 B	14 A	15 A	16 A	18 A	19 A		20 A
N	1,0	0,8	1,3	0,7	0,7	0,8	0,8	0,8	0,28
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,02	0,04	0,03	0,05	0,07	0,1	0,05	0,3	0,016
K <sub>2</sub> O	0,04	0,03	0,0	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,017
pH v H <sub>2</sub> O	7,8	7,25	7,25	7,2	6,35	5,9	6,3	6,05	7,2
vлага	66,4	46,3	44,0	53,1	46,8	46,5	44,5	51,9	-
K.w g/100 g a.s.	388,9	166,8	166,8	202,1	221,3	236,3	194,5	247,3	-

V poskusne grede so bile vsajene sadike: solate, ohrovta, rdeče pese, rdečega zelja, begonije semperflora, lubelije, portulak in semena kumar in korenja. Poskus je bil nastavljen 25.VI.1976 v času suše in vročine. Poskusne grede so bile vsak dan zalite in čez teden dni so se začele kazati vidne razlike v rasti sadik. Najlepše so začele rasti sadike v vzorcih 12A, 16A, 18A, 19A in 20A. V primerjavi z rastjo sadik v vrtni zemlji - vzorec 21, so rastle veliko hitreje. V vzorcih 1B, 2A, 10A in 2B so bile enake kot v zemlji - vzorcu št. 21. V vzorcih št. 1A, 14A in 15A pa so rastline uspevale veliko slabše kot v vrtni zemlji - št. 21. V 100 % kompostu iz skorje (vzorec št. 1) rastline niso rastle, po dveh mesecih so ostale enako velike kot v času sajenja.

Dne 12.08.1976 je bilo potrebno zelenjavo zaradi prebujne rasti odstraniti. Določene so bile teže nekaterih sadik. Ugotovljeno je, da je rdeča pesa najbolj uspevala v vzorcu št. 19A, a rdeče zelje v 2B, ohrovt je uspeval slabše v substratih kot v vrtni zemlji. Kumare so izredno dobro rastle v substratu št. 19A.

Rože so uspevale najbolj v vzorcih št. 16A, 20A, 18A in 19A. Poskusi so pokazali, da sadike v sami kompostirani skorji živijo, vendar se slabo razvijajo. Nadalje je ugotovljeno da je za razvoj sadik potreben slabo kisli substrat (pH okoli 6) in dovolj velika vodna kapaciteta. Najboljši substrati so vsebovali 10 - 20 % kompostirane skorje, ostalo pa je bila šota za znižanje pH vrednosti in povečanje vodne kapacitete ter humificirana zemlja.

Vzporedno s temi testi so bili na našem Inštitutu na vzorcih kompostov po enem letu kompostiranja izvršeni poleg kemijskih analiz še poskusi določevanja kalivosti in rasti zimske solate NANSEN. Kalivost semena je bila 70 %.



V zaboječke 30 x 30 x 15 cm smo dali po 4 kg komposta. V to smo posadili po 50 semen solate. Kalivost in razvoj rastlinic smo primerjali med seboj in z vrtno prstjo. Vse zaboječke smo zalivali z enako količino vode. Sprva smo imeli vse pokrite s PVC folijo. Ko smo določili kalivost in smo začeli opazovati rast sadik, smo zaboječke odkrili. Poskus je trajal 30 dni. Zaboječke smo imeli na prostem. Vrste kompostov za poskus kalivosti smo izbrali po kemijskih dodatkih, ki smo jih dodajali skorji za kompostiranje in po celokupnem številu bakterij, ki smo jih izolirali iz kompostov.

Št. komposta	Število vskaljenih semen				
	16.8.1978	18.8.1976	20.8.1978	23.8.1978	27.8.1976
2	21	25	25	25	25
5	2	7	9	9	9
10	9	14	15	16	16
11	12	16	17	17	17
15	8	12	12	13	13
16	20	28	28	28	31
17	23	31	31	31	31
vrtna prst	5	9	10	11	12

Kompostiranje skorje je napredovalo do neke stopnje. To so nam pokazali makro in mikroskopski pregledi kompostov. Izolirali smo zelo veliko različnih vrst bakterij (determinacije nismo opravili) in drugih višjih organizmov (n.pr. predstavnike iz rodu Colembola, Nemathodes, Olygochaeta), ki potrebujejo za svoj življenjski prostor kvalitetnejšo podlago.

Ta poskus je bil ponovljen na vseh 19 vzorcih kompostov. Od 25 nasajenih semen s 70 %-no kalivostjo je bilo po 3 tednih število vskaljenih semen sledeče:

<u>Št. komposta</u>	<u>število vskaljenih semen (5.11.1976)</u>
1	13
2	12
3	16
4	9
5	7
6	13
7	13
8	8
9	13
10	14
11	11
12	10
13	9
14	5
15	7
16	10
17	12
18	12
19	17
Zemlja	8

Boljšo kalitev smo opazili v kompostih št. 3, 6, 9, 19, malo slabšo v št. 1, 2, 7, 10, 17 in 18. Slaba kalitev je bila v 4, 5, 8, 14 in v zemlji.

Rast rastlinic je bila v vseh kompostih slaba. Sejanke niso napredovale iz heterogenega stadija. V vrtni prsti je tudi vzkalilo malo semen, vendar so se rastline normalno razvijale.

Za kaljenje potrebuje seme sprva dovolj vlage in toplote, to ima v vsakem od naših kompostov, za nadaljno rast pa potrebuje še primerno hranilno vrednost podlage. Izgleda, da komposti tega še nimajo (humifikacija še ni dovolj napredovala) ali pa vsebujejo prav ti komposti snovi, ki zavirajo rast.

Testiranje uporabnosti poskusnih kompostov iz bukove skorje po 1 letu kompostiranja je bilo izvršeno tudi na Inštitutu za tla in prehrano rastlin, na agronomskem oddelku Biotehniške fakultete v Ljubljani.

Uporabnost kompostov za izboljšanje rasti tal so preverjali v umetnih pogojih rasti v lončnem poskusu v fitotronu s testno rastlino pasja trava (*Dactylis glomerata*). Rezultati poskusa na fitotronu so podani v prilogi tega elaborata.

Priloga:

dr. F. Lobnik in T. Vidrih:

Uporabnost odpadnih snovi papirne industrije za rastlinsko proizvodnjo.

Iz rezultatov kemijskih analiz, kakor tudi iz rezultatov testiranja na rastlinah, v laboratoriju in na prostem, je razvidno, da so določeni poskusni kupi, ki so bili pripravljani z različnimi dodatki hranil, pokazali določene prednosti na nekaterih kulturah, medtem ko so za nekatere kulture toksični. Izgleda torej, da še ni bila dosežena točka, kjer bi bili komposti iz bukove skorje napram večini rastlin nevtralni. Iz rezultatov pa se vidi, da se s podaljševanjem časa komposti počasi približujejo tej točki. To nam je narokovalo nadaljevanje poskusov kompostiranja v smeri določenih mikroorganizmov, ki bi razgradnjo skorje pospešili ter v smislu optimizacije glede vrste in količine dodanih kemikalij.

Poskusi kompostiranja v laboratorijskem merilu z dodatki mikroorganizmov

Z velikimi poskusnimi kupi v Krškem smo dobili določene podatke, iz katerih smo zaključili, da poleg dodatkov anorganskih substanc, N in P, igrajo veliko vlogo tudi mikrobiološki dodatki. To nas je vodilo do tega, da ponovimo poskuse v laboratorijskem merilu s substanco 2 kg a.s. Ker na Inštitutu nismo imeli tozadevnih izkušenj, smo<sup>se</sup> skupaj s Tovarno celuloze in papirja "Djuro Salaj" v Krškem domenili, da pritegnemo k sodelovanju Tehnološki fakultet v Zagrebu - oddelek za vrenje, kjer so se že dolgo časa ukvarjali in se še ukvarjajo z raziskovanjem vpliva določenih mikroorganizmov na lignin, posebno na lignin sulfonsko kislino (Ca ali Mg sol). V dogovoru z njimi smo dobili njihovo študijo o teh mikroorganizmih (lit. 65), razen tega tudi cepivo, katero smo uporabili pri naših laboratorijskih poskusih. V teh poskusih smo želeli določiti vpliv dodatka mikroorganizmov ter vpliv količine hranil N in P na razkroj bukove skorje. Priprava samih poskusov je bila sledeča: bukovo skorjo, ki smo jo dobili iz Krškega, smo pri nas na Inštitutu zmleli in presejali skozi sito z odprtini cca 5 mm in oblikovali 4 kupe po 2 kg a.s. snovi v zabojčke. Pri kupu kjer nismo dodali cepiva, smo kemikalije raztopili v vodi in dobro vmešali v maso z uravnano vlago na 70 %, medtem ko smo za kupe, katerim smo dodajali cepivo, pred dodatkom kemikalij  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  in cepiva uravnali pH z dodatkom  $\text{HNO}_3$  konc. na 6,6. Po dodajanju mikroorganizmov, ki smo jih predhodno suspendirali v vodnem mediju smo maso dobro premešali zaradi čimboljše porazdelitve kemikalij in cepiva. Količina skorje je bila v vseh poskusih enaka ( 2000 g a.s. skorje), dodatki pa so bili sledeči :

- 1) 800 g  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  + 95 ml cepiva I., vlaga 70 %, pH 6,6
- 2) 400 g  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  + 95 ml cepiva I., vlaga 70 %, pH 6,6
- 3) 100 g  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  + 95 ml cepiva I., vlaga 70 %, pH 6,6
- 4) 100 g  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ , vlaga 70 %, pH 6,6

Poskusne zaboječke smo prenesli v prostor s temperaturo 19-24°C. Potek kompostiranja smo zasledovali z merjenjem T in pH, na začetku vsak dan, nato pa v časovnih presledkih 1 - 2 mesecev. Vzorce za kompletno kemijsko analizo smo vzeli takoj po premešanju, nato pa vsaka 2 meseca. Vlago smo vzdrževali konstantno, zračenje pa je bilo 1 x tedensko.

Pri teh poskusih smo dodali kot cepivo najprej kvase, katerih naloga je bila degradirati sladkorno in delno ligninsko substanco. Po 14 dneh smo material v zabojih razdelili na dve polovici, en del pa smo pustili kompostirati naprej, v drugi del pa smo dodali drugo cepivo (bakterije in kvase), katero naj bi dokončalo degradacijo lignina in raznih spojin fenolnega tipa, ki povzročajo zaviranje razkroja.

Za cepljenje kompostov smo uporabljali cepiva, ki so jih pridobili v Zagrebu z izolacijo posameznih sojev mikroorganizmov iz komposta (izvor iz bukove skorje). Imeli so tovarniško pridelan kompost različne starosti, mešali so ga s sulfitno odpadno lužnico. Opazovali so razkroj podlog v razmaku 10 dni pri temperaturi 26 do 36°C. Hkrati so jemali vzorce filtrata komposta, ki so jih uporabili za začetno cepivo, selekcijo, izolacijo in izbor mikroorganizmov.

Prvo cepivo je vsebovalo mešano kulturo kvasovk vrst *Trichosporon fermentans* in *Trichosporon cutaneum* (genus *Trichosporon*, fam. *Cryptococcaceae*). Drugo cepivo je mešana kultura bakterij in kvasovk (80 : 20). V kulturi bakterij so prisotne vrste iz rodu *Pseudomonas* (vrsta *Pseudomonas putida striata*), *Arthobacter* (vrsti *Arthobacter terregenes* in *Arthobacter citreus*) in iz rodu *Chromobacterium* (vrsta *Chromobacterium violaceum*). Med kvasovkami pa so zopet prisotne vrste iz rodu *Trichosporon*.

Razvoj temperature v poskusnih kupih in spreminjanje pH s časom kompostiranja podajamo v tabeli 13. Pri tem poskusu nismo ugotovili nobenih bistvenih temperaturnih sprememb ali sprememb pH. Temperatura kompostov je sledila temperaturi prostora. Po teh dveh parametrih - pH in temperatura ne moremo sklepati na kakšno reakcijo humifikacije oziroma kompostiranja. Verjetno je tudi zelo pomembna velikost kupa oziroma količina skorje, ki jo želimo kompostirati, da je kompostiranje močnejše.

Rezultati kemijskih analiz vzorcev komposta so prikazani v tabeli 14. Oznake vzorcev 1A, 2A in 3A pomenijo poskusne kupe, pripravljene z dodatkom cepiva I. in II., vzorec 6 pa je poskusni kup, pripravljen naknadno, in sicer z dodatkom cepiva, izoliranega in vzgojenega iz poskusnih kupov 1, 2, 3 in z dodatkom  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  ob uravnavi pH na 6,6 .

Tabela 13

Razvoj temperature in pH v odvisnosti od časa kompostiranja

T prostora	22°C	23°C	19.5°C	17.5°C	21.5°C	23.5°C	20.5°C
Vzorec t (°C) (H <sub>2</sub> O)	9.12.76	10.12.76	11.12.76	12.12.76	13.12.76	20.12.76	27.12.76
	pH	T	pH	T	pH	T	pH
1	21,5 6,7	23 6,7	24 6,8	20 6,8	19,5 6,7	19,5 6,8	18 6,7
2	25 6,6	26 6,6	23,5 6,6	21 6,7	20,5 6,7	21 6,7	19 6,9
3	27 6,1	28,8 5,9	27,5 6,4	23,5 6,4	22 6,4	20,5 6,2	18,5 6,4
4	28,5 6,3	30 6,0	28 6,4	22,5 6,4	22 6,4	21 6,3	19 6,5
T prostora	21°C	24,5°C	20,2°C	22,5°C	19,0°C	20°C	22°C
Vzorec	30.12.76	6.01.77.	4.II.77.	11.3.77.	6.04.77.	6.05.77.	24.06.77.
	T	T	T	T	T	T	T
	pH	pH	pH	pH	pH	pH	pH
1	19,5 6,8	21 6,7	19,7 7,0	20 7,0	17 -	21 7,0	22 7,1
2	20,5 6,8	20,5 6,7	19,5 7,1	20,3 7,2	17 -	21 7,5	22,5 6,4
3	20,5 6,4	20,5 6,5	19,3 6,7	21 7,0	17 -	21 7,2	22,5 7,3
4	20,5 6,6	21,5 6,6	20,8 7,0	22 7,3	17,5 -	21 7,2	22,5 6,6
1A	19,5 6,8	21,5 6,8	18,9 7,2	20,5 7,0	17 -	21 6,9	21,5 6,9
2A	19 6,8	21,5 6,8	19,2 7,2	21 7,2	17 -	21,5 7,1	22 7,0
3A	19,5 6,4	22,0 6,5	20,0 6,8	21,5 7,1	17 -	21 7,1	22,5 7,1
6	- -	- -	- -	19,5 -	17,5 -	21,5 7,2	22 7,1

Tabela 14

Kemijska sestava laboratorijskih poskusnih kompostov  
iz bukove skorje z dodatkom mikro-  
organizmov

V z o r e c	1	2	3	4	1A	2A	3A	6	
pH	I.	5,95	5,76	5,32	5,39				
	II.	6,00	5,81	5,67	5,73	5,79	5,80	5,75	
	III.	6,35	6,00	5,91	5,97	6,25	6,06	5,77	6,12
	IV.	5,37	5,51	5,35	5,32	5,40	5,51	4,93	5,45
	V.	6,31	6,01	5,05	5,35	6,12	6,02	5,17	6,34
	VI.	5,55	5,50	5,00	5,15	5,60	5,60	5,50	5,65
pepel, %	I.	18,40	13,20	10,70	9,60				
	II.	27,70	22,07	10,75	10,92	24,27	21,00	21,10	
	III.	21,10	15,25	11,60	11,35	19,80	14,79	12,18	17,33
	IV.	24,39	17,33	19,20	13,59	23,31	19,20	13,00	21,22
	V.	25,39	20,52	14,15	13,47	25,10	19,59	13,33	21,17
	VI.	25,39	21,57	14,69	14,65	25,54	21,90	14,00	23,42
Oksid. C, %	I.	38,40	42,20	44,39	45,63				
	II.	39,07	39,69	46,50	44,62	38,02	40,39	45,92	
	III.	37,61	37,26	45,27	44,89	42,60	41,12	44,01	38,34
	IV.	35,65	40,96	44,29	44,77	36,42	39,32	44,55	39,17
	V.	34,98	37,34	43,74	46,50	35,18	37,62	44,43	37,70
	VI.	36,02	37,34	42,65	43,05	34,55	37,50	45,47	35,14
Stopnja humifi= cirano= sti	I.	10,05	9,68	9,72	9,54				
	II.	7,64	8,38	9,37	7,82	7,39	3,08	7,77	
	III.	8,10	7,96	11,0	11,33	8,34	3,25	12,36	10,35
	IV.	9,49	9,60	10,89	11,85	9,55	10,10	11,87	8,30
	V.	9,75	10,04	13,96	13,26	10,75	9,88	13,80	8,69
	VI.	10,25	12,72	14,63	15,78	11,32	13,05	14,17	10,57
N <sub>2</sub> , %	I.	3,91	2,50	1,31	1,23				
	II.	3,75	2,92	1,54	1,63	3,85	3,37	1,59	
	III.	4,84	3,06	1,63	1,64	4,69	2,51	1,82	4,00
	IV.	3,67	2,52	1,79	1,69	3,77	2,67	1,72	3,30
	V.	4,69	3,09	1,72	1,70	4,84	2,95	1,57	3,76
	VI.	3,86	3,33	1,32	1,35	3,97	2,95	1,62	3,75

/Oznake vzorcev/  
 I. december 1976  
 II. februar 1977  
 III. april 1977  
 IV. junij 1977  
 V. avgust 1977  
 VI. december 1977



Razen tega smo skušali na nekaterih vzorcih komposta ugotavljati vsebnost fenolov v primerjavi z izhodno skorjo. V ta namen so bile izvršene zaporedne ekstrakcije vzorcev komposta v heksanu, benzenu, etru, alkoholu in vodi ter določena vsebnost fenolnih kislin. (Lit. 67, stran 288). Ekstrakt v heksanu zajame maščobe, olja, voske, benzen estre hidrksikislin, eter, flavanoide in druge barvne snovi, ekstrakt v alkoholu, ekstrakt v alkoholu zajame tanine in flobafene, vodni ekstrakt pa ogljikove hidrate in tanine. Ker smo s temi analizami želeli ugotavljati vpliv dodatka mikroorganizmov na vsebnost fenolov v kompostu, smo izbrali naslednje vzorce: 1, ki je bil cepljen s cepivom I, 1A, ki je bil cepljen s cepivom I in II, 6, ki je bil cepljen s cepivom izoliranim iz 1, 2, 3 ter vzorec 4, ki je bil pripravljen brez cepiva. Rezultati teh določitev so podani v tabeli 15.

Tabela 15

Vsebnost ekstraktivov in fenolnih kislin v bukovi skorji in vzorcih kompostov

Ekstrakt, %	skorja- bukev	1	1A	4	6
heksan	0,70	0,84	0,80	1,03	1,02
benzen	0,58	0,52	0,45	0,62	0,66
eter	0,20	0,10	0,12	0,33	0,14
alkohol	1,95	1,66	1,71	1,33	1,76
voda	3,32	23,66	21,76	7,67	11,43
fenolne kisline,%	0,24	0	0	0	0

Dalje smo hoteli na istih laboratorijskih vzorcih komposta kvalitativno ugotavljati razgradnjo lignina ter vsebnost fenolnih OH skupin pod vplivom mikroorganizmov s pomočjo UV in IR absorpcijske spektrofotometrije. UV spektri preparatov lignina so bili obsežno študirani in služijo pri študiju sprememb strukture lignina (lit. 39, 40, 66). S pomočjo diferencialne UV spektrofotometrije se lahko določijo proste fenolne OH skupine z  $\Delta \epsilon$  metodo. Spektrofotometrična določitev teh skupin temelji na batokromnem premiku UV spektra, kar se zgodi pri ionizaciji. Razlika v spektru spojin v kislini in ionizirani obliki nudi informacijo glede prisotnih ionizirajočih skupin (lit. 67). Metoda IR absorpcijske spektrofotometrije preparatov lignina tudi omogoča določevanje sprememb strukture razgradnje lignina.

Za določitve UV in IR spektrov lignina so bili izbrani vzorci kompostov predhodno ekstrahirani z 1 %-nim NaOH 1 uro pri 90°C (lit. 67). Dobljeni alkalni ekstrakti so bili svetlo rjave barve, medtem ko je bil vzorec 4 temnejši. V izoliranih ekstraktih je bila najprej določena vsebnost organske substance po nevtralizaciji do pH = 7,0 s H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> oz. H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> in sicer na dva načina: kot KPK in kot žaroizguba. Dobljene so sledeče vrednosti:

Vzorec	1	1A	4	6
KPK, 100 mg O <sub>2</sub> /l	2126	2164	3800	2552
žaroizguba mg/l	2420	2280	4000	2640

Za pripravo UV in IR spektrov so bili nevtralizirani vzorci, ki so vsebovali precej soli (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> in Na<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>) razredčeni v razmerju 1 : 500. UV absorpcijski spektri so bili posneti v območju 210 do 400 m $\mu$  (diagram 6). Spektri so bili posneti v Zagrebu. Pričakovati je bilo glavno absorpcijo v področju 260 do 280 m $\mu$ . Zaradi velike količine soli pa je ta vrh premaknjen v področje 330 do 370 m $\mu$ .

Močnejši vrh v tem področju nam prikazuje le vzorec 1A, medtem ko so pri ostalih vzorcih vrhovi preslabi, verjetno zaradi prenizke koncentracije analizirane substance. Lahko tudi dodamo, da je na vseh štirih vzorcih izvršena tudi reakcija z beta-naftil aminom (za dokaz lignina), ki je bila negativna pri vzorcih 1, 1A in 6, medtem ko je pri vzorcu 4 bila opažena delna reakcija.

IR absorpcijski spektri vzorcev kompostov so razvidni iz diagrama 7. Po literaturnih podatkih (lit. 66) se absorpcija pri  $2,90 \mu$  pripisuje prisotnosti OH skupin, ki se lahko klasificirajo kot alifatske ali kot fenolne OH skupine. Absorpcija pri  $6,24 \mu$  in  $6,66 \mu$  kaže na prisotnost aromatskih obročev v ligninu, medtem ko je prisotnost aromatske eterske strukture prikazana z absorpcijo pri  $7,88 \mu$ . Iz diagrama 7 je razvidno, da pri vzorcih 1 in 4 dobimo karakteristične vrhove, medtem ko vzorca 1A in 6 kažeta tendenco padanja na valovni dolžini  $7,88 \mu$ . V valovnih krivuljah IR nimamo naglašanih vrhov prostih fenolnih OH skupin. Vsi vzorci, razen št. 4, prikazujejo izmeno krivulje, ki je karakteristična za ligninsko strukturo. Največjo tendenco razgradnje lignina kaže vzorec 1A. Vzorec 4 ima popolnoma slično krivuljo kot Ca-lignosulfonat, kar pomeni da pri tem ni prišlo do razgradnje ligninske molekule.

Iz vseh teh kvalitativnih analiz smo lahko zaključili ali imajo dodatki cepiv kakšen vpliv ali sploh ne. Delno je bil učinek cepiv več ali manj prikazan že z ostalimi analizami (pepel, oksidirajoči ogljik, stopnja humificiranosti).

V večji meri se bomo problemu razgradnje lignina s pomočjo mikroorganizmov posvetili pri poskusih kompostiranja v večjem merilu. Testiranje uporabnosti enega izmed zgoraj opisanih poskusnih kompostov (vzorec 2) je bilo izvršeno poleg že prej omenjenih vzorcev komposta. Rezultati tega poskusa so razvidni v prilogi (vzorec je označen s št. 6 v poskusu na fitotronu).

Diagram 6

UV absorpcijski spektri vzorcev komposta

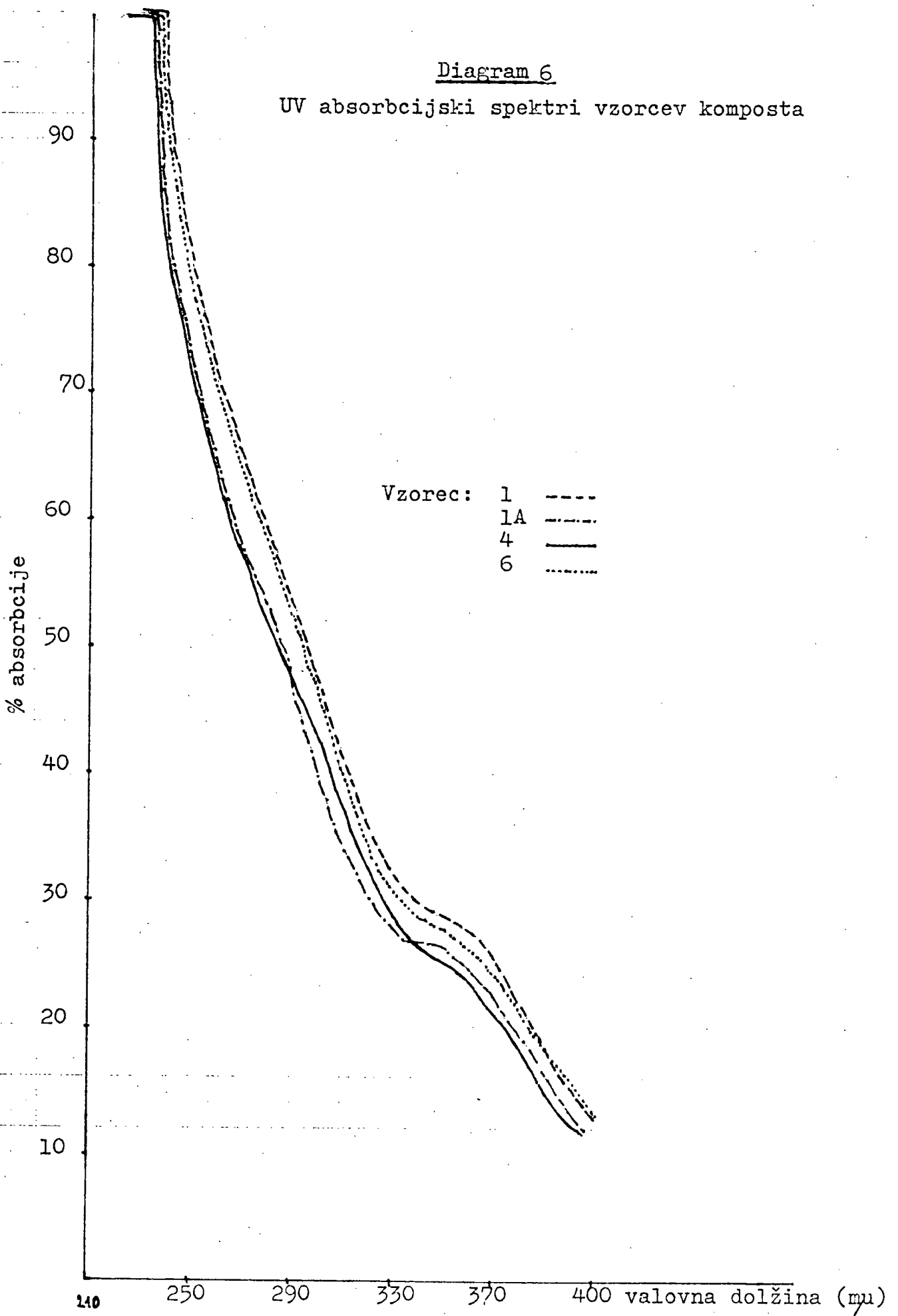
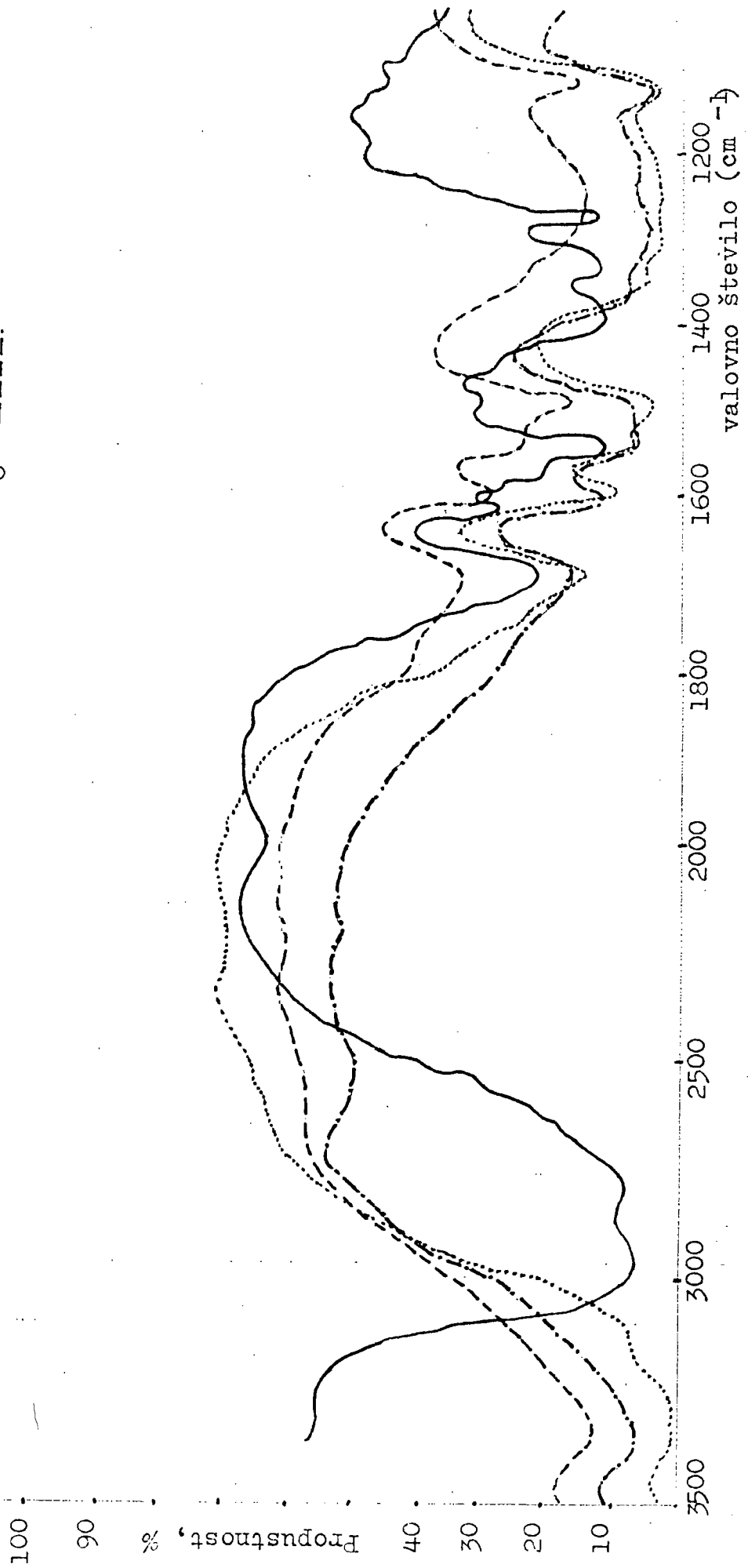


Diagram 7

IR absorpcijski spektri vzorcev komposta

Vzorec : 1 .....  
1A .....  
4 .....  
6 .....



Poskusi kompostiranja v večjem merilu v letnem in zimskem času z dodatkom mikroorganizmov

Iz dobljenih rezultatov v laboratoriju se da delno že zaključiti, da je z dodatkom mikroorganizmov šel razkroj bukove skorje dlje kot brez dodatka. Zato smo se odločili, da izvedemo večji poskus v kupih à 4 m<sup>3</sup>, kjer smo skušali potrditi laboratorijske poskuse. Za kupe, katere smo cepili z mikroorganizmi, smo dobili cepivo iz Zagreba. Kot cepivo smo uporabili mešano kulturo kvasnic in bakterij (lit. 65). To cepivo so pripravili s selekcije mikroorganizmov iz filtrata kompostov iz bukove skorje, postavljenih v Krškem.

Med kvasnicami sta dva soja TRICHOSPORON fermentans in TRICHOSPORON cutaneum pokazala največje porabo organske snovi iz sulfitne odpadne lužnice. Organska snov v odpadni sulfitni lužnici pa so sladkorji, hlapne kisline, furfural, metanol in nekaj SO<sub>2</sub>. Karakteristike teh dveh sojev so naslednje:

Familia : Cryptococcaceae

Genus : Trichosporon

Species : Trichosporon fermentans in T. cutaneum

## Fermentativna in oksidativna razgradnja ogljikovih spojin:

Ogljikove spojine	Fermentacija		Asimilacija	
	Trichosp fermentans	Trichosp. cutaneum	Trichosp. fermentans	Trichosp. cutaneum
Glukoza	+	-	+	-
D-galaktoza	+	-	+	+
L-sorboza	Heksoze in njeni derivati	-	+	+
Salicin		-	-	+
Metil-D glukozid		-	-	+
Saharoza		-	-	+
Maltoza		-	-	+
Laktoza	Disaharidi	-	-	+
Celobioza		-	-	+
Trehaloza		-	-	+
Melibioza		-	-	+
Rafinoza	Trisaharidi	-	-	+
Melecitoza		-	-	+
Škrob topni		-	-	-
Inulin	Polisaharidi	-	-	-
D-xiloza		-	+	+
D-arabinoza	Pentoze in njeni derivati	-	-	+
L-arabinoza		-	-	+
D-riboza		-	-	+
L-ramnoza		-	-	+
Etanol		-	+	-
Glicerol		-	+	+
Ribitol		-	+	+
Galaktitol	Alkoholi	-	-	+
D-manitol		-	+	-
D-glucitol		-	+	+
Eritritol		-	-	+
Inozitol		-	-	+
DL-mlečne kisline			-	+
Citronska kislina	Kisline	-	+	-
Jantarna kislina		-	+	+

Bakterije, ki so bile vzgojene za cepivo, so pokazale veliko razgradnjo kalcijevega lignosulfonata kot edini izvor ogljika v gojišču. Te bakterije so: *Pseudomonas putida* (striata), *Chromobacterium violaceum* (janthinum), *Arthrobacter terrengens* in *Arthrobacter citreus*.

Adaptacija in selekcija mešane kulture kvasnic in bakterij je bila opravljena v aparaturi za kontinuirno vzgojo mešane kulture (sl. 4). Skozi aparaturo so spuščali različne koncentracije odpadne sulfitne lužnice in Ca-lignosulfonata ob dodajanju različnih koncentracij diamonijevega fosfata.

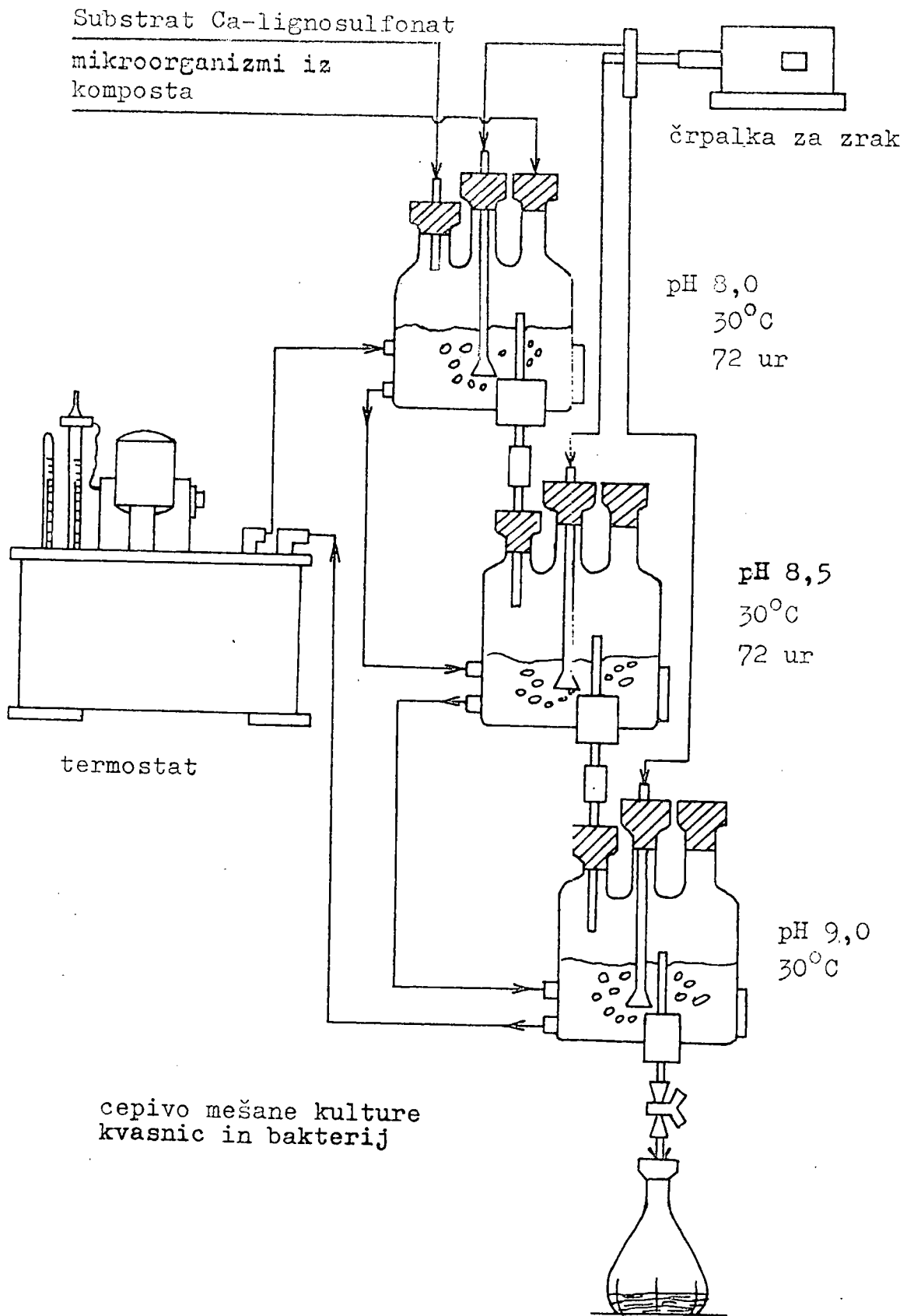
Ca-lignosulfonat je bil izdelan iz sulfitne lužnice bukovega lesa (firma Carl Roth). Kemijska sestava je naslednja:

50 % C	5,2 % Ca
5,3% H	6,3 % S
10 % OCH <sub>3</sub>	

Kot izvor N in P je bil dodajan diamonijev fosfat, za uravnavanje pH pa so uporabili raztopino amoniaka.

Filtrat kompostov je bil kot začetno cepivo za selekcijo, adaptacijo in izolacijo mikroorganizmov. S to metodo so ugotovili, kateri mikroorganizmi najbolj razgrajujejo lignosulfonat.





Slika 4. Aparatura za kontinuirno vzgojo podkulture

Cepivo iz mešanice mikroorganizmov pa so pripravljali v laboratorijskem fermentatorju.

Z uporabo cepiva pri kompostiranju bukove skorje smo želeli skrajšati čas kompostiranja. Za mešano kulturo mikroorganizmov smo se odločili zaradi tega, ker so pokazali veliko aktivnost do lignosulfonata in izolirani so iz naših kompostov.

Poleg tega cepiva smo želeli preizkusiti tudi vpliv dodatka humusne plasti iz bukovega gozda kot cepiva.

Težja je bila odločitev glede dodatka kemikalij. Na osnovi najnovejših izsledkov iz literature o vplivu dodatkov za kompostiranje (lit. 23) smo ne glede na rezultate naših poskusov v prvem letu, katerih cilj je bil določiti optimalne dodatke kemikalij, za postavitev novih poskusnih kupov izbrali kot hranilo v obliki  $N_2$  sečnino (46 % N), dodatek fosfatov pa smo izpustili, pravtako dodatek apna. Kot je znano, morajo za vzdrževanje reprodukcije in izvršitev razkroja vsi mikroorganizmi imeti minimalno preskrbo vseh elementov, iz katerih je sestavljena njihova celična snov. Razen tega potrebujejo minimalno količino določenih elementov, ki vstopajo v metabolično aktivnost organizmov kot vir energije ali sestavine encimov. Potrebne količine variirajo od elementa do elementa in v nekoliko konstantnem razmerju ene od druge. Ravnotežje je posebno pomembno glede makrohranil, ki so potrebna v velikih količinah, n.pr. C in N. Eno izmed pomembnejših ravnotežij pri kompostiranju je C : N razmerje. Optimalno območje pri večini odpadkov pade v območje 20 : 1 ali 25 : 1. Čim bolj je C : N razmerje odmaknjeno od optinuma, posebno v gornjem območju, tem počasneje napreduje proces. Vendar dejanska gornja meja za posamezne uporabe zavisi od stopnje dostopnosti C. Če je C prisoten v obliki, ki je močno odporna napram napadu bakterij, je majhne vrednosti (lit. 13). Da bi študirali

vpliv dodatka dušika in določili optimalno količino dušika za kompostiranje bukove skorje, smo v naših poskusih v večjem merilu dodali 2 različni količini  $N_2$  v obliki sečnine, tako da smo uravnali začetno razmerje C : N na 30 : 1 in 20 : 1. Enake količine  $N_2$  so bile dodane tudi pri kupih, katerim smo dodali cepivo. Za primerjavo je bil postavljen en poskusni kup brez vseh dodatkov.

Dodatki pri kompostiranju, podani v  $kg/4 m^3$  skorje, so bili sledeči:

<u>Št. kupa</u>	<u>D o d a t k i</u>
SK 1	22,7 kg sečnine
SK 2	3,6 kg sečnine
SK 3	-
SK 4	22,7 kg sečnine + 15 kg humusne plasti
SK 5	3,6 kg sečnine + 15 kg humusne plasti
SK 6	3,6 kg sečnine + 2 litra cepiva (Zagreb)
SK 7	22,7 kg sečnine + 2 litra cepiva (Zagreb)

Kemikalije so bile raztopljene v vodi in dodane pri formiranju kupov v plasteh, prav tako je bilo dodano cepivo. Vlaga je bila uravnana na cca 60 %. Velikost kupov je bila 2 x 2 x 1 m.

Dodatki kemikalij so bili izračunani na osnovi izhodnega razmerja C : N v skorji (43,3) in glede na nasipno težo a.s. skorje ( $300 kg/m^3$ ).

Za C in N razmerje 30 : 1 znaša potrebna količina  $N_2$  1,09 %, glede na to, da vsebuje skorja 0,76 %  $N_2$ , je potrebno dodati še 0,33 %  $N_2$ . Če je vir dušika sečnina s 46 % N, znaša potrebna količina sečnine 0,72 %.

Za C : N razmerje 20 : 1 znaša potrebna količina  $N_2$  1,63 %, potrebno je dodati 0,87 %  $N_2$  ali 1,39 % sečnine.

Poskusni kupi so bili postavljeni pri nas na Inštitutu na senčni strani. Te kupe smo pustili kompostirati celo leto. Temperaturo in pH smo merili občasno, vzorce za kemijske analize pa smo jemali do prve polovice leta enkrat mesečno, nato pa v presledku 3 mesecev. Poskusni kupi so bili zračeni prva dva meseca na vsakih 14 dni, nato pa enkrat mesečno. Razvoj temperature v poskusnih kupih v odvisnosti od časa kompostiranja je podan v tabeli 16.

Zanimivo je bilo opazovati, kako so kupi začeli zmrzovati. Kupi SK 4, SK 5, SK 6 in SK 7 so zmrznili v globino 1 - 3 cm. Pod to ledeno skorjo pa so bili lepo vlažni in temperatura skorje + 2°C. Kupi SK 1, SK 2 in SK 3 so zmrznili 15 cm globoko. Temperatura se je zadrževala od 0°C do + 2°C. Zaledeneli del kompostov se je tudi močno osušil. Januarja 1978 se je ledeni del skorje povečal in sicer v kupih SK 4, SK 5, SK 6 in SK 7 na 10 cm globine, v SK 1, SK 2 in SK 3 pa 20 cm. Z merjenjem temperature smo še nadaljevali, vendar le občasno.



Da bi določili, kako poteka kompostiranje v zimskem času, smo 27. januarja 1973. postavili nove poskusne kupe iz bukovve skorje. Skorja je bila vlažna, zmleta in presejana. Temperatura v skorji je bila + 15°C, temperatura zraka pa + 2°C. Postavili smo 3 kupe v velikosti cca 2 m x 2 m x 1 m. Dodatki pri kompostiranju, podani v kg/4 m<sup>3</sup>, so bili naslednji:

<u>Št. kupa</u>	<u>Dodatki</u>
K 1	-
K 2	22,7 kg sečnine
K 3	22,7 kg sečnine + 10 litrov cepiva (Zagreb)

Kot cepivo je bilo uporabljeno gosto cepivo iz mešanice mikroorganizmov (kvasnic in bakterij), ki so ga pripravili v Zagrebu.

Poskusne kupe smo postavili na sončno stran in vsakih 14 dni smo jih premešali. Spremljali smo razvoj temperature v odvisnosti od časa kompostiranja (tabela 17).

Pri tem poskusu smo opazili hitro rast temperature v kupu K 3, ki smo mu dodali cepivo. Po enem mesecu kompostiranja je temperatura dosegla višek, potem pa je začela padati. Takoj, ko smo opazili padeč temperature, smo kup dobro premešali in temperatura se je spet dvignila. Temperatura v kupu K 2 je tudi začela kmalu naraščati. Ni dosegla enakih vrednosti kot v K 3, vendar nam je tudi pokazala, da potekajo v kupu določeni procesi. Kup K 1 je bil postavljen iz same bukovve skorje brez vseh dodatkov. Temperatura v tem kupu je bila enaka zunanji temperaturi, le v poletnem času je bila za nekaj °C višja kot v okolici, kar je razumljivo, ker so bili kupi na soncu. V jesenskem času pa je začela temperatura ravno v tem kupu močno naraščati in je močno presegla temperature v K 2 in K 3.

Tabela 17

Razvoj temperature v poskusnih kupih v odvisnosti  
od časa kompostiranja  
(zimski kupi)

Št. kupa	K 1	K 2	K 3	
Datum	Temperatura °C			T zraka, °C
8.02.1978	12	31	31	
20.02.1978	9	30	40	- 4
3.03.1978	12	32	43	
prezračeno				
7.03.1978	13	24	34	
9.03.1978	12	28	39	+ 14
13.03.1978	18	34	44	0
23.03.1978	14	29	36	14
29.03.1978	14	32	32	
4.04.1978	17	36	34	
prezračeno				
15.04.1978	16	24	26	
junij 1978	28	32	32	
julij 1978	40	34	34	
avgust 1978	34	36	36	
oktober 1978	32	22	21	20

Po teh rezultatih lahko sklepamo, da se kompostiranje skorje začne hitreje z dodatkom cepiva in sečnine, v kupu brez vseh dodatkov pa je minilo 3 mesecev, da smo lahko opazili neko aktivnost, oziroma naraščanje temperature.

### Spremljanje razgradnje bukove skorje

Pri raziskavah poskusnih kupov, pripravljenih z dodatkom mikroorganizmov, smo se odločili, da bomo poleg običajnih analiz, ki smo jih uporabili za kontrolo procesa kompostiranja pri prejšnjih poskusih, kontrolirali proces razgradnje skorje oz. pretvorbe v humus v dveh frontah:

- A. kemijske spremembe
- B. uporabnost dobljenega komposta kot gnojila za poskusne rastline.

Pri kemijskih raziskavah smo izhajali iz dejstva, da je skorja sestavljena iz lignina, holoceluloze in pepela. Torej glavni del raziskave bomo posvetili tem trem komponentam v skorji. Predno pa se posvetimo temu delu, moramo najprej ugotoviti samo sestavo osnovnih vzorcev. Zavedati se moramo, da je osnovni material skorja zelo neenakomerna tako v frakcijah kot v sestavi. Zaradi tega smo določili frakcijsko sestavo posameznih vzorcev in odločili smo se, da bomo za analize jemali samo frakcije izpod  $1 \text{ mm}^2$ , ker smo smatrali, da bomo na ta način lahko dobili najbolj reprezentativne vzorce, ki so tudi po sestavi bolj iz skorje kot pa iz lesa. Da bi bila bolj jasna slika sprememb vseh glavnih sestavin v skorji, smo v te analize vključili logično primerjalne sestavine: bukov les, šoto in star kompost, ki je bil star okoli 4 leta.



A. Kemijske spremembe

Vzorci za kemijske analize smo jemali na poskusnih kupih, pripravljenih v zimskem času ( $K_1$ ,  $K_2$ ,  $K_3$ ) v časovnih presledkih 1 meseca, vzorci poskusnih kompostov v letnem času ( $SK_1$ - $SK_7$ ) pa so bili odvzeti po enem letu kompostiranja.

Predhodno smo določili frakcijski sestav kompostov in primerjalnih substanc. (tabela 10)

Tabela 18

Frakcijski sestav poskusnih kompostov in primerjalnih substanc

Datum:	6.03.1978			31.03.1978			14.04.1978			5.05.1978			25.05.1978			19.06.1978			13.07.1978			11.08.1978		
Oznaka vzorca	K 1	K 2	K 3	K 1	K 2	K 3	K 1	K 2	K 3	K 1	K 2	K 3	K 1	K 2	K 3	K 1	K 2	K 3	K 1	K 2	K 1	K 1	K 2	K 3
<u>Frakcije, %</u>																								
2,5 mm	40,9	43,5	30,6	56,3	40,7	36,2	48,5	27,1	29,3	45,2	24,4	36,0	40,3	33,4	36,0	43,5	39,1	33,0	43,3	41,1	39,1	37,7	37,0	31,3
2,0 mm	3,9	8,2	10,6	9,2	7,5	8,0	8,8	8,1	7,5	10,8	6,1	6,0	7,5	6,6	7,0	9,5	8,4	7,3	9,4	7,3	8,0	8,8	7,7	6,5
1,6 mm	8,8	8,0	8,2	7,2	7,3	9,7	10,4	7,8	6,3	8,7	6,0	5,3	6,9	6,3	5,6	8,0	7,4	6,8	7,5	6,3	6,7	9,2	6,7	6,0
1,25 mm	3,8	6,2	4,6	7,0	7,4	6,4	10,4	8,9	7,2	8,8	7,0	4,9	6,7	5,4	5,6	9,7	10,3	8,2	11,7	9,5	8,7	12,2	10,9	10,8
1,0 mm	8,0	8,5	8,6	7,0	13,0	11,3	8,8	23,9	12,2	11,7	14,1	13,4	13,0	12,7	11,9	8,6	10,1	9,6	6,5	8,5	8,9	10,0	8,9	8,4
0,8 mm	14,0	6,4	17,2	5,2	9,5	8,3	12,8	21,9	10,4	5,9	11,2	10,0	8,5	11,1	10,3	7,4	7,7	8,9	5,9	8,0	7,7	7,0	7,7	8,2
pod 0,8 mm	13,0	18,0	18,0	9,3	13,3	16,3			24,4	5,9	29,5	24,7	14,8	24,0	22,5	12,0	18,2	25,1	11,3	18,3	19,2	13,9	20,5	29,0

Oznaka vzorca	S K 1	S K 2	S K 3	S K 4	S K 5	S K 6	S K 7	Stari kompost	Šota	Les	Skorja
<u>Frakcije, %</u>											
2,5 mm	40,0	47,7	53,3	52,5	30,0	44,2	38,0	38,3	52,8		
2,0 mm	8,9	8,1	8,0	6,8	10,8	7,7	8,7	4,5	4,2		
1,6 mm	7,3	6,9	6,1	5,1	10,1	6,6	9,2	3,7	3,7		
1,25 mm	6,3	8,8	7,2	6,7	11,5	9,7	7,9	3,7	3,4		
1,0 mm	13,0	8,2	7,4	6,0	10,8	7,5	21,3	5,9	10,9		
0,8 mm	9,4	6,9	6,0	5,8	10,1	7,2	0,2	6,8	4,7		
pod 0,8 mm	12,	13,2	10,6	15,0	15,7	16,6	15,2	36,0	20,0		

Na prvi pogled vidimo, da imamo zelo velik delež frakcije iznad  $2,5 \text{ mm}^2$ , kar v večini slučajev odgovarja lesni snovi. Dalje je razvidno tudi, da je frakcija nad  $1 \text{ mm}^2$  visoka (okoli 50 %), kar je tudi odločno preveč, ker se vsi ti veliki delci težko razkrojijo in je zato čas kompostiranja dolg. Delno pa drži, da se s staranjem komposta povečuje delež fine frakcije. Razen tega pa je tudi razlika v kompostih  $K_1$ ,  $K_2$  in  $K_3$ .  $K_2$  in  $K_3$  imata več fine frakcije v primerjavi s  $K_1$ . Vsled te neenakosti po frakcijah in po sestavi, smo jemali za analize frakcijo pod  $1 \text{ mm}^2$ , da se na ta način izognemo neenakosti vzorcev. Na vseh vzorcih smo izvršili sledeče določitve:

1. Topnost v lugu
2. Lignin
  - a) vsebnost celokupnega lignina v izhodni substanci
  - b) vsebnost lignina v netopnem ostanku po alkalni ekstrakciji
  - c) spektralna analiza lignina v topnem delu
3. Holoceluloza
  - a) vsebnost celokupne holoceluloze v izhodni substanci
  - b) vsebnost celokupne holoceluloze v netopnem ostanku po alkalni ekstrakciji
  - c) analiza obeh holoceluloz na vsebnost lignina in pepela
4. Vsebnost pepela v izhodni substanci

Za potrditev dobljenih analiz smo izvršili določene kemijske analize, ki naj bi potrdile stopnjo pretvorbe skorje v humus. Te analize so bile sledeče:

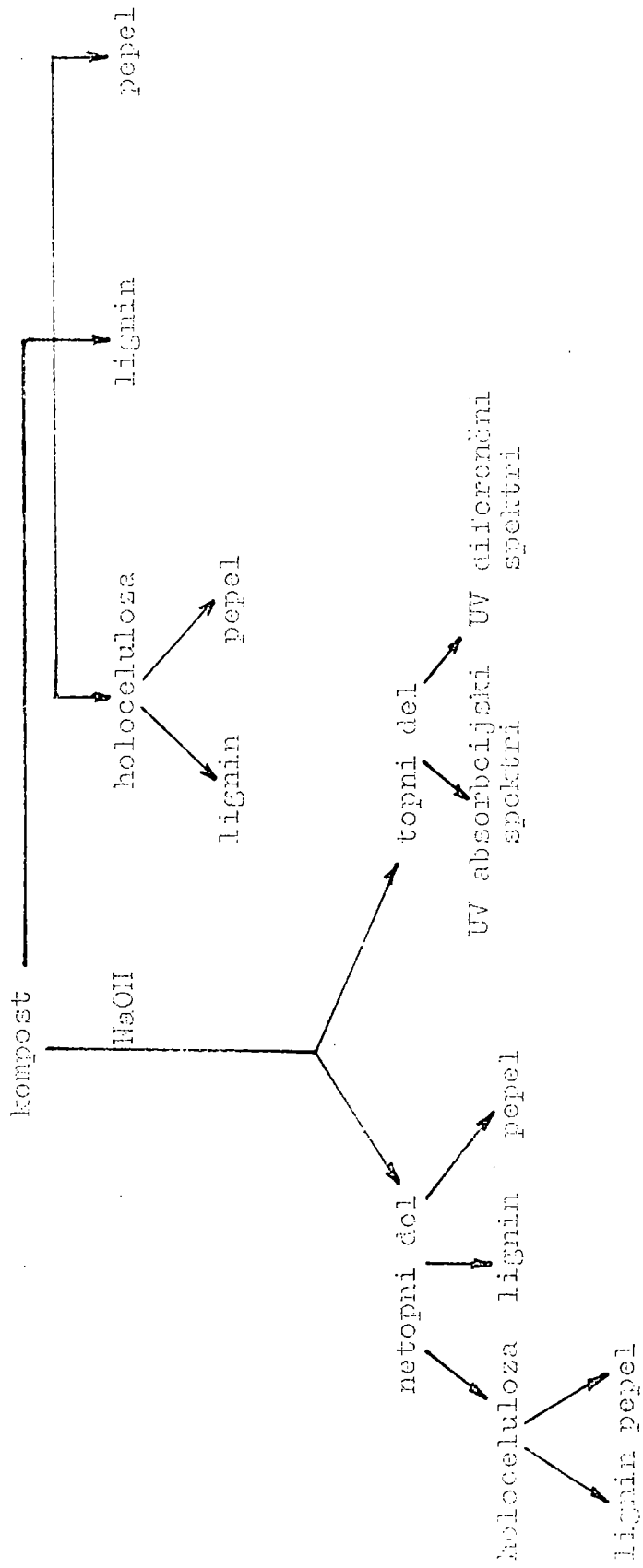
pH v KCl

oksidirajoči ogljik

stopnja humifikacije

Vsebnost  $N_2$

Analitska shema je prikazana na sl. 5



Slika 5: Pregled kemijskih komponent v zaporedju določitev

### Topnost v lugu

Ker je po literaturnih podatkih znano, da je topnost v lugu neke vrste merilo za stopnjo razgradnje skorje oz. lesa, bodisi vsled kemijskega ali vsled mikrobiološkega vpliva, smo v našem primeru vzeli 10 g skorje ali komposta, dodali 2 g NaOH in 150 ml H<sub>2</sub>O in segrevali 6 ur pod povratnim hladilnikom. Po končanem kuhanju smo pustili določen čas stati, da se je netopen del usedel, nato smo oddekantirali netopen del od topnega. V topnem delu smo odvzeli določen del, ga posušili do suhega in nato še sežgali ter določili pepel. Na ta način smo določili vsebnost organske substance v topnem delu. Netopen del smo oprali in posušili in ta nam je služil za nadaljnje analize.

Tabela 19 kaže topnosti kompostov in primerjalnih substanc v lugu. Na prvi pogled je razvidno, da se topnosti kompostov ne razlikujejo mnogo, gibljejo se med 30 in 40 %. Izstopa edino šota, kjer je topnost 52 %. Zanimivo je tudi, da ima sama skorja večjo topnost kot pa komposti. Iz tega se da zaključiti, da pri biološkem razkroju prihaja do določene polimerizacije nekaterih substanc, odnosno kar je bolj sprejemljivo, da se del hemiceluloz s kratkimi verigami popolnoma degradira in na ta način ostane večji del netopnih substanc, samo s časom pa se ponovno večajo topne substance. Zelo male razlike so vidne med poskusnimi komposti K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> in K<sub>3</sub>. S časom se povečuje topnost posebno pri K<sub>3</sub>, topnosti kompostov K<sub>2</sub> in K<sub>3</sub> so malenkostno večje od K<sub>1</sub>. To bi bile glavne karakteristike topnosti, ki nam še ne pokaže nobene prave zakonitosti. Vsled tega smo se odločili določevati vsebnost lignina in holoceluloze v preostanku ter na drugi strani poskušati določiti spremembo ligninske konfiguracije vsled učinka mikroorganizmov v alkalnih ekstraktih z absorpcijskimi spektri ter vsebnost OH skupin z diferenčnimi spektri.

Tabela 19

Topnosti poskusnih kompostov in primerjalnih substanc v lugu  
(Vsebnost čiste organske substance v % na a.s.snov)

Oznaka vzorca :	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>
6.03.1978	35,3	35,4	30,1
31.03.1978	33,3	33,8	36,8
14.04.1978	33,0	28,4	31,5
5.05.1978	34,3	33,3	29,5
25.05.1978	34,7	29,8	33,7
19.06.1978	32,5	24,9	34,4
13.07.1978	36,3	35,4	37,0
11.07.1978	28,8	32,8	36,6

Oznaka vzorca :	SK <sub>1</sub>	SK <sub>2</sub>	SK <sub>3</sub>	SK <sub>4</sub>	SK <sub>5</sub>	SK <sub>6</sub>	SK <sub>7</sub>	star kompost	šota	les	skorja
Julij 1978	35,1	33,7	28,8	35,7	40,0	36,4	33,1	38,6	52,0	31,3	39,8

## Lignin

Najnovejši pregled kemije skorje daje potrdilo o konfuziji okrog problema lignina iz skorje, ki obstaja v večini literature. To je rezultat prisotnosti v ekstrahirani skorji (predvsem iz iglavcev) znatnih količin fenolnih polimerov z mnogo nižjo vsebnostjo metoksila kot ga ima lesni lignin. Te snovi se ekstrahirajo z razredčenimi alkalijami. Obe snovi se določita kot Klasonov lignin. Nekateri avtorji se označili v alkalijah topne polimere kot "fenolne kisline" in so smatrali, da so strukturno v zvezi z lesnim ligninom. Vendar se pojavlja naraščajoče ujemanje pri prominentnih raziskovalcih na tem področju (Kurth, Higuchi, Saiga, Hata, Hergert): ekstrahirana skorja dejansko vsebuje pravi lignin, ki v bistvu izvira iz koniferil, p-kumaril ali sinapil predhodnikov. Skorja tudi vsebuje fenolne polimere, ki so strukturno v zvezi s kondenziranimi tanini (lit. 14, str. 31). Za določitev vsebnosti lignina skorje so bili uporabljeni različni postopki. Hoben ni popolnoma zadovoljiv, zaradi pomanjkanja primernih metod za izolacijo fenolnih kislin, popolnoma prostih primesi lignina. Ker ekstrahirana skorja sestoji primarno iz 3 komponent, polimernih ogljikovih hidratov, polimernih polifenolov (fenolne kisline) in lignina, je možno določiti relativno količino treh frakcij z določevanjem holoceluloze in standardnega v 72 % žvepleni kislini netopnega lignina pred in po kvantitativni ekstrakciji z 1 % NaOH pri 100°C. V 72 %-ni žvepleni kislini netopen ostanek po alkalni ekstrakciji se smatra, da predstavlja pravo vsebnost lignina v skorji. Vsebnost fenolne kisline se lahko izračuna z odštevanjem % v kislini netopnega ostanka alkalno ekstrahirane skorje, preračunano na originalno neekstrahirano snov, od v 72 %-ni kislini netopnega ostanka originalne skorje (lit. 63).

Na osnovi teh literaturnih podatkov ter na osnovi predhodnih poskusov alkalne ekstrakcije smo izvršili določitve celokupnega lignina ali boljše rečeno netopnega ostanka v 72 %-ni  $H_2SO_4$  v poskusnih kompostih in primerjalnih substancah pred in po alkalni ekstrakciji. Izračunane so tudi vrednosti "pravega" lignina ter fenolnih kislin (tabele 20, 21).

Če primerjamo vsebnosti lignina pred ekstrakcijo z vrednostni skorje in lesa, lahko zaključimo, da % teh zelo naraste, kar da vedeti, da je pri samem razkroju bila degradirana holoceluloza odnosno hemiceluloze. Čim starejši je kompost, tem večji je prispevek lignina. Precej viden je tudi porast vsebnosti lignina pri poskusnih vzorcih  $K_1$ ,  $K_2$  in  $K_3$ , kjer sta  $K_2$  in  $K_3$  precej slična in imata višje vrednosti kot  $K_1$ . Pri letnih kupih pa vidimo največji porast vsebnosti lignina pri  $SK_2$  in  $SK_7$ . Če pogledamo vsebnosti lignina po alkalni ekstrakciji, vidimo, da so te vrednosti skoraj konstantne, odstopata le les in šota, ki imata zelo nizko vrednost. Iz teh dveh podatkov je bila določena vsebnost pravega lignina in topnega lignina, oziroma fenolnih kislin (tabela 21). Iz tabele so razvidne velike razlike v topnosti v primerjavi z lesom oziroma skorjo. S staranjem kompostov se povečuje tudi količina topnega lignina. Maksimalno vrednost ima šota, zelo izstopa kompost  $SK_2$ , medtem ko so vrednosti za  $SK_3$  praktično slične skorji, iz česar bi se dalo zaključiti, da pri teh ni bilo nogoče nobenega razkroja. Predvsem pa nas zanimajo komposti, katerim smo dodali cepivo. Če pogledamo vzorec  $SK_7$  vidimo, da ima prilično povišan topni lignin v primerjavi z ostalimi starimi komposti. Pri vzorcu  $K_1$  je vsebnost topnega lignina toliko kot v skorji, iz česar lahko sklepamo, da ni prišlo do degradacije lignina, medtem ko je pri  $K_2$  in  $K_3$  opažen določen potek, če pri tem upoštevamo, da so vsi vzorci le mešanica skorje in lesa ter je pri lesu topni lignin zelo nizek. Vprašanje je



Tabela 20

Vsebnosti lignina poskusnih kompostov in primerjalnih  
substanc predin po alkalni ekstrakciji v % na a.s. snov

Oznaka vzorca	K 1		K 2		K 3	
	pred	po	pred	po	pred	po
06.03.1978	53,8	32,2	41,3	31,1	42,3	32,5
31.03.1978	41,2	33,7	42,6	33,8	41,8	33,9
14.04.1978	39,3	31,8	43,7	35,5	42,9	34,9
05.05.1978	38,1	39,8	43,9	35,6	42,9	35,9
25.05.1978	39,2	32,7	43,3	37,9	42,6	37,9
19.06.1978	39,1	32,8	41,2	38,9	43,9	35,4
13.07.1978	39,6	36,5	43,7	35,2	45,7	31,6
11.08.1978	42,9	39,2	56,4	37,9	47,1	37,8

Oznaka vzorca:	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	SK 5	SK 6	SK 7	Star kompost	Šota	Les	Skorja
pred	46,1	58,8	48,5	53,3	48,6	49,0	53,2	51,6	41,9	26,3	35,3
po	39,1	37,3	43,7	38,8	44,5	43,6	37,3	40,4	22,6	22,5	30,1

Tabela 21

Vsebnosti v 72 %-ni  $H_2SO_4$  netopnega dela v trdni substanci po alkalni ekstrakciji in fenolnih kislin, preračunano na a.s. osnovni kompost

Oznaka vzorca	K 1			K 2			K 3				
	netopno v 72 % $H_2SO_4$ %	fenolne kisline %	netopno v 72 % $H_2SO_4$ %	fenolne kisline %	netopno v 72 % $H_2SO_4$ %	fenolne kisline %	netopno v 72 % $H_2SO_4$ %	fenolne kisline %			
06.03.1978	20,8	13,0	20,5	20,8	22,7	19,6					
31.03.1978	22,5	13,7	22,3	20,3	21,4	20,4					
14.04.1978	21,3	13,0	25,4	13,3	23,9	19,0					
05.05.1978	26,1	12,0	22,4	21,5	25,3	17,6					
25.05.1978	21,3	17,9	26,6	16,7	25,1	17,5					
19.06.1978	22,1	17,0	29,2	12,0	23,2	20,7					
13.07.1978	23,3	16,3	22,7	21,0	19,9	25,8					
11.08.1978	27,9	15,0	25,5	30,9	23,9	23,2					
srednja vredn.	23,2	16,6	24,3	20,1	23,2	20,4					
Oznaka vzorca	S K 1	S K 2	S K 3	S K 4	S K 5	S K 6	S K 7	Stari kompost	Šota	Les	Skorja
Netopno v 72 % $H_2SO_4$ , %	25,4	24,7	31,1	24,9	26,7	27,7	24,9	24,3	10,3	15,4	18,1
Fenolne kisline, %	20,7	34,1	17,1	23,4	21,9	21,3	23,3	26,3	31,1	10,9	17,2

sploh, kaj predstavlja ta topni lignin. Po literaturnih podatkih so to fenolne kisline oz. polfenoli. Da bi se o tem prepričali, smo se odločili posneti spektre topnega dela po alkalni ekstrakciji.

### UV absorpcijski in diferenčni spektri

Za kvalitativne in kvantitativne raziskave huminskih spojin tal se poslužujejo znanstveniki metod spektroskopije v različnih območjih elektromagnetnega spektra (lit. 69). Te metode so privlačne iz sledečih razlogov:

1. so nedestruktivne,
2. potrebna je majhna količina vzorca
3. so eksperimentalno enostavno izvedljive
4. često dajejo koristne informacije glede molekularne strukture in kemijskih interakcij ter funkcionalnih skupin

Absorbpcija v vidnem območju je najstarejša spektroskopska metoda v uporabi, v sedanjem času pa je najbolj razširjena metoda IR absorpcije. Čedalje bolj pa se uveljavljajo za analizo huminskih substanc spektrofotofluorescenca, NMR, ESR in analiza z X-žarki. Vsaka izmed teh metod daje specifično informacijo glede strukture in izbira metode zavisi od informacije, ki jo iščemo. Verjetno pa je, da je samc s kombinacijo različnih spektroskopskih in kemijskih metod možno določiti glavne strukturne poteze huminskih spojin tal. Huminske substance, podobno kot mnoge visokomolekularne snovi, dajejo v glavnem nekarakteristične spektre. Absorpcijski spektri nevtralnih, alkalnih in kislih vodnih raztopin huminskih in fulvo kislin, ne kažejo nobenega maksimuma ali minimuma.

Absorbcija v UV območju se pripisuje prisotnosti kromoforov. Tipični kromofori, ki se pojavljajo v huminskih kislinah, so  $C = C$ ,  $C = O$ , prisotni so tudi auksokromi:  $C-OH$ ,  $C - NH_2$  in drugi. UV spektri večine huminskih spojin so brez oblike, z optično gostoto, ki pada z naraščajočo valovno dolžino. Občasno so ugotovljeni maksimumi v območju 260 - 300  $m\mu$ . UV spektri huminskih spojin različnega izvora so zelo podobni kljub razlikam v elementarni sestavi, sedimentacijskih karakteristikah in drugih lastnostih. Izostanek specifične absorbcije niti ni presenetljiv, če se upošteva, da so UV spektri lignina in kvalificiranih produktov tudi sorazmerno nekarakteristični in da so huminske spojine vmesna stopnja med ligninom in premogom.

IR območje elektromagnetnega spektra daje lahko koristno informacijo o strukturi organskih molekul. IR spektroskopija je bila uporabljena v številnih študijah, ki so imele cilj osvetliti vlogo lignina v tvorbi huminskih kislin tal, šote in premoga.

IR in UV spektrofotometrija sta zelo prikladni za raziskave stranske verige preparatov lignina in lignin modelnih spojin. UV spektri preparatov lignina so bili obsežno študirani in ugotovljeno je, da lahko služijo pri študiju sprememb strukture lignina tekom razkroja (lit. 14, str. 271, lit. 39, 40, 66). V nasprotju s polisaharidi celične stene, ki so prozorni v vidni in bližnji UV svetlobi, lignin zaradi svoje aromatske narave močno absorbira v UV območju spektra. UV spektri različnih preparatov lignina so navadno precej podobni. Tipičen spekter lignina pade od maksimuma blizu 205  $m\mu$  do plitvega minimuma blizu 260  $m\mu$  z izrazitim hrbtom pri 250  $m\mu$ . Minimumu sledi karakterističen nižji maksimum blizu 280  $m\mu$  in postopen padec proti vidnemu območju spektra. Metoda, ki je znatno pripomogla k interpretaciji UV spektrov, je metoda diferenčne

spektroskopije. Ta metoda je bila originalno razvita za študij efektov ionizacije fenolnih OH skupin na spektru lignina. T.i.m.  $\Delta\epsilon$  metoda je bila uspešno uporabljena tudi za spektralne spremembe, ki izvirajo iz reakcij, poleg ionizacije, kot so etanoliza, redukcija z  $\text{NaBH}_4$  in hidrogenacija.

Fenolne OH skupine, proste in eterificirane, znatno prispevajo k karakterističnemu maksimumu blizu 280  $\mu\text{m}$ . V nevtralni raztopini so spektri prostih in zaestrenih fenolov skoraj identični, v alkalni raztopini pa ionizacija OH skupin premakne absorpcijske trakove spojin s prostimi fenolnimi OH skupinami proti daljšim valovnim dolžinam. S primerjavo višin diferenčnih maksimov preparatov lignina z  $\Delta\epsilon$  i maksimumi za primerne modelne spojine, se lahko določi vsebnost prostih fenolnih OH skupin (lit. 70).

Z enostavno metodo, namenjeno za hitro določitev relativne vsebnosti fenolnih hidrosilov tehničnih preparatov lignina, se dobijo diferenčne krivulje s posnemanjem spektrov alkalnih napram nevtralnim raztopinam. Nastali diferenčni spektri predstavljajo v bistvu samo absorpcijo ionizirajočih fenolnih enot. V primeru ligninov se dobi ionizacijska ( $\Delta\epsilon$ ) krivulja z maksimumom pri 250 in 300  $\mu\text{m}$ . Pri mnogih preparatih lignina pa se pojavi še maksimum pri daljši valovni dolžini (350  $\mu\text{m}$ ). Maksimumi v tem območju so podobni onim pri modelnih spojinah, ki vsebujejo fenolne hidrosile, konjugirane s s karbonilnimi skupinami.

Študij strukture stranskih verig modelnih substanc lignina s pomočjo diferenčnih ekstinkcijskih krivulj je opisan v lit. 71.

Za spremljanje razgradnje lignina tekom kompostiranja smo posneli UV absorpcijske in diferenčne spektre topnega dela po alkalni ekstrakciji. Za merjenje UV spektrov so bili vzorci alkalnih ekstraktov razredčeni v razmerju 1 : 1000. Spektri so bili posneti s spektrofotometrom znanke Varian, model 634, z avtomatskim beleženjem pri SCAN rate 10  $\text{mm}/\text{min}$  v območju

valovne dolžine od 200 - 400 nm. Diferenčni spektri so bili dobljeni po metodi Goldschnida (lit. 70). UV absorpcijski spektri poskusnih kompostov in primerjalnih substanc so prikazani v diagramih 3 - 12.

Če opazujemo absorpcijske spektre primerjalnih substanc (star kompost, šota, les, skorja) opazimo, da je najmočnejše poudarjen ligninski karakter pri skorji in lesu, najmanj pri starem kompostu in huminski kislini (spekter huminske kisline je povzet o lit. 69). Tudi UV spekter šote ima določeno obliko, karakteristično za lignin. Oblike krivulj pri poskusnih kompostih/so precej podobne in imajo več ali manj poudarjene maksimume, karakteristične za lignin. Absorpcijski spektri poskusnih kompostov po določenem času kompostiranja se znatno razlikujejo od začetnih. Potek degradacije lignina lahko zasledujemo na osnovi razmerja med intenziteto absorpcije med maksimumom in minimumom, ki se zmanjšuje, kar se kaže v postopnem izravnavanju krivulje.

V začetnih stopnjah kompostiranja je opazno znižanje absorpcije v celotnem območju UV spektra, medtem ko se po določenem času absorpcija postopoma zvišuje in doseže v stopnji 7 in 8 najvišje vrednosti. Ta pojav je najbolj izražen pri vzorcu  $K_3$ , in deloma pri  $K_2$ , medtem ko pri  $K_1$  ni opaziti tako izrazitih sprememb in imajo vsi spektri več ali manj izrazit ligninski karakter.

Spektri močnejše degradiranih vzorcev kažejo povečanje absorpcije pri 260 - 300  $\mu$ m. Te razlike odražajo oksidativne spremembe, nastale pod vplivom mikroorganizmov. Po literaturnih podatkih se povečanje absorpcije pri 260  $\mu$ m pripisuje aromatskim karboksilnim skupinam in pri 300  $\mu$ m alfa-karbonilnim skupinam (lit. 39). Na podlagi izravnavanja absorpcijskih krivulj ter na podlagi povečanja absorpcije pri 260  $\mu$ m lahko sklepamo, da dodatki hranilnih kemikalij in mikroorganizmov

### Diagram 3

UV absorpcijski spekter alkalnih ekstraktov  
poskusnega komposta  $K_1$  v obdobju marec -  
avgust 1978

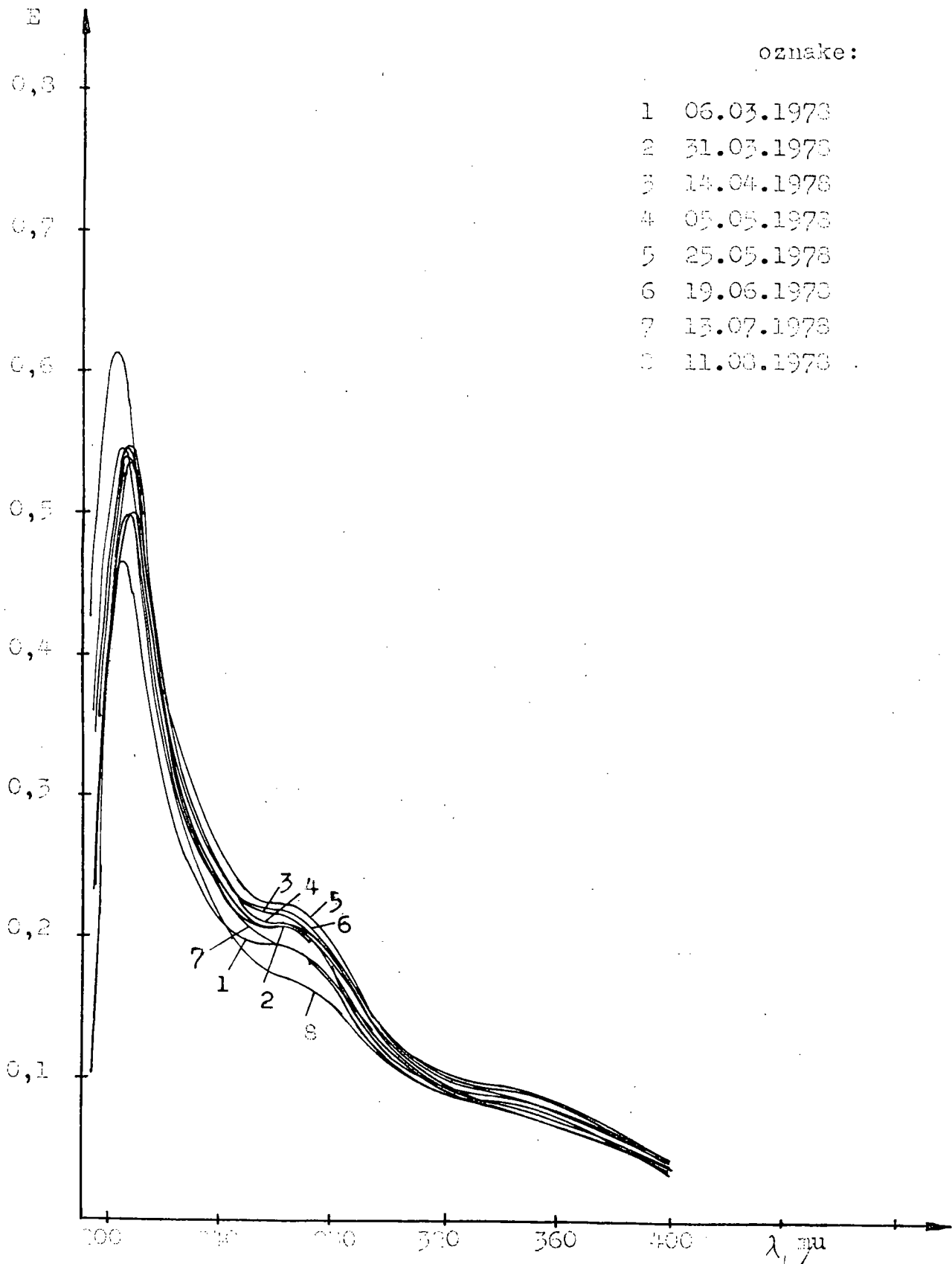


Diagram 9

UV absorpcijski spekter alkalnih ekstraktov  
poskusnega komposta K<sub>2</sub> v obdobju  
marec - avgust 1978

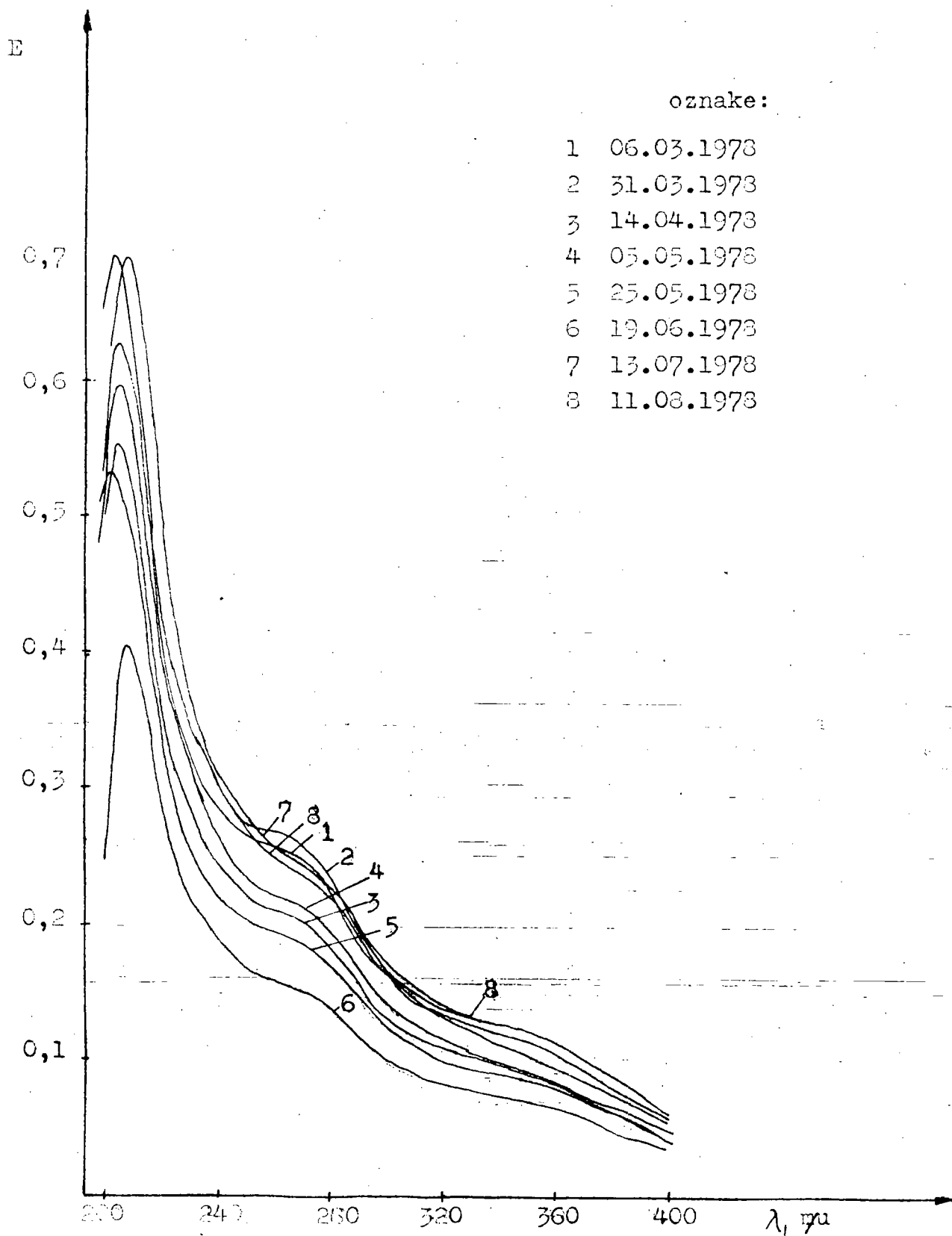




Diagram 10

UV absorpcijski spekter alkalnih ekstraktov  
poskusnega komposta K<sub>3</sub> v obdobju  
marec - avgust 1978

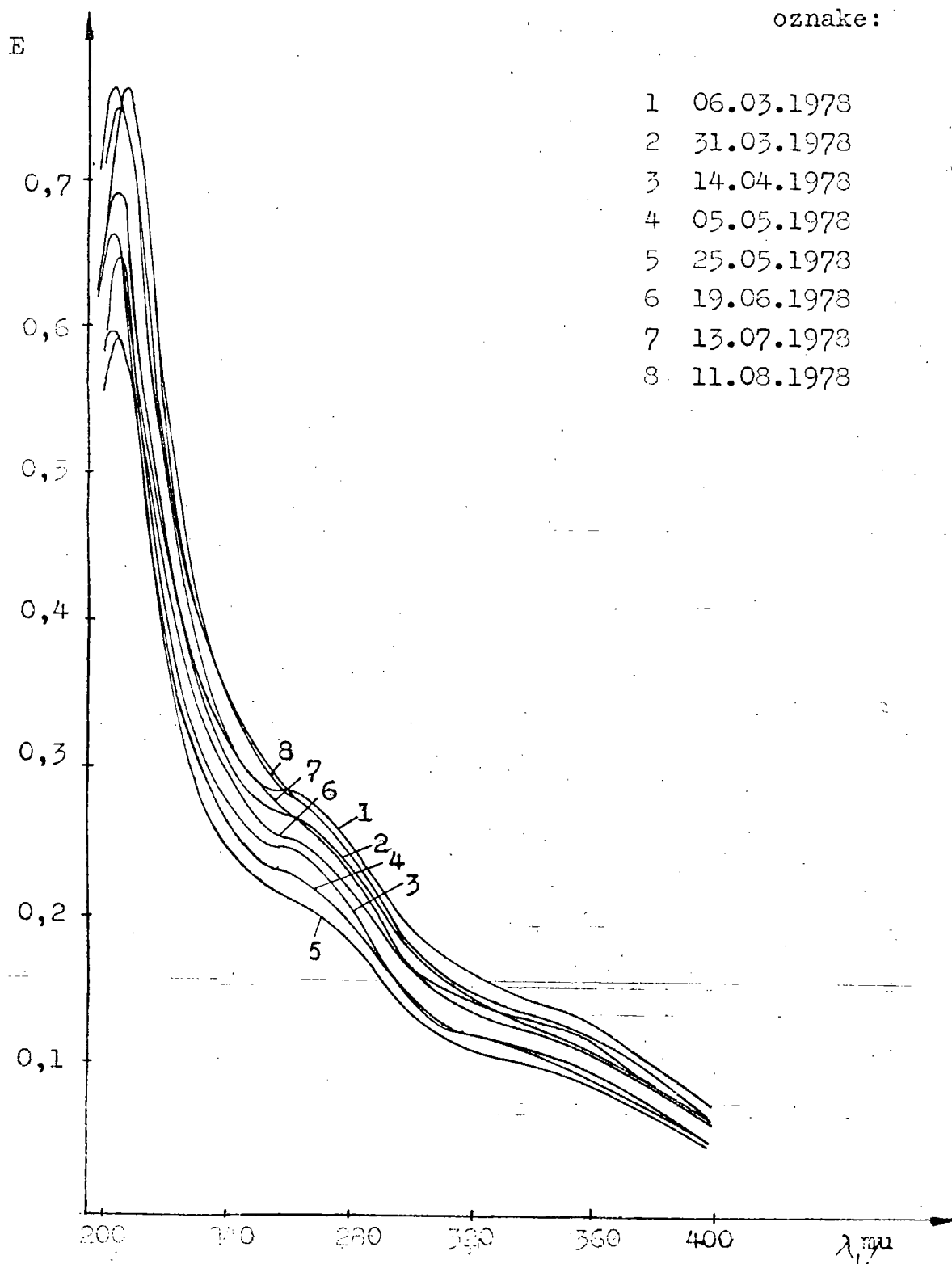


Diagram 11

UV absorpcijski spekter alkalnih ekstraktov  
poskusnih kompostov SK<sub>1</sub> - SK<sub>7</sub>

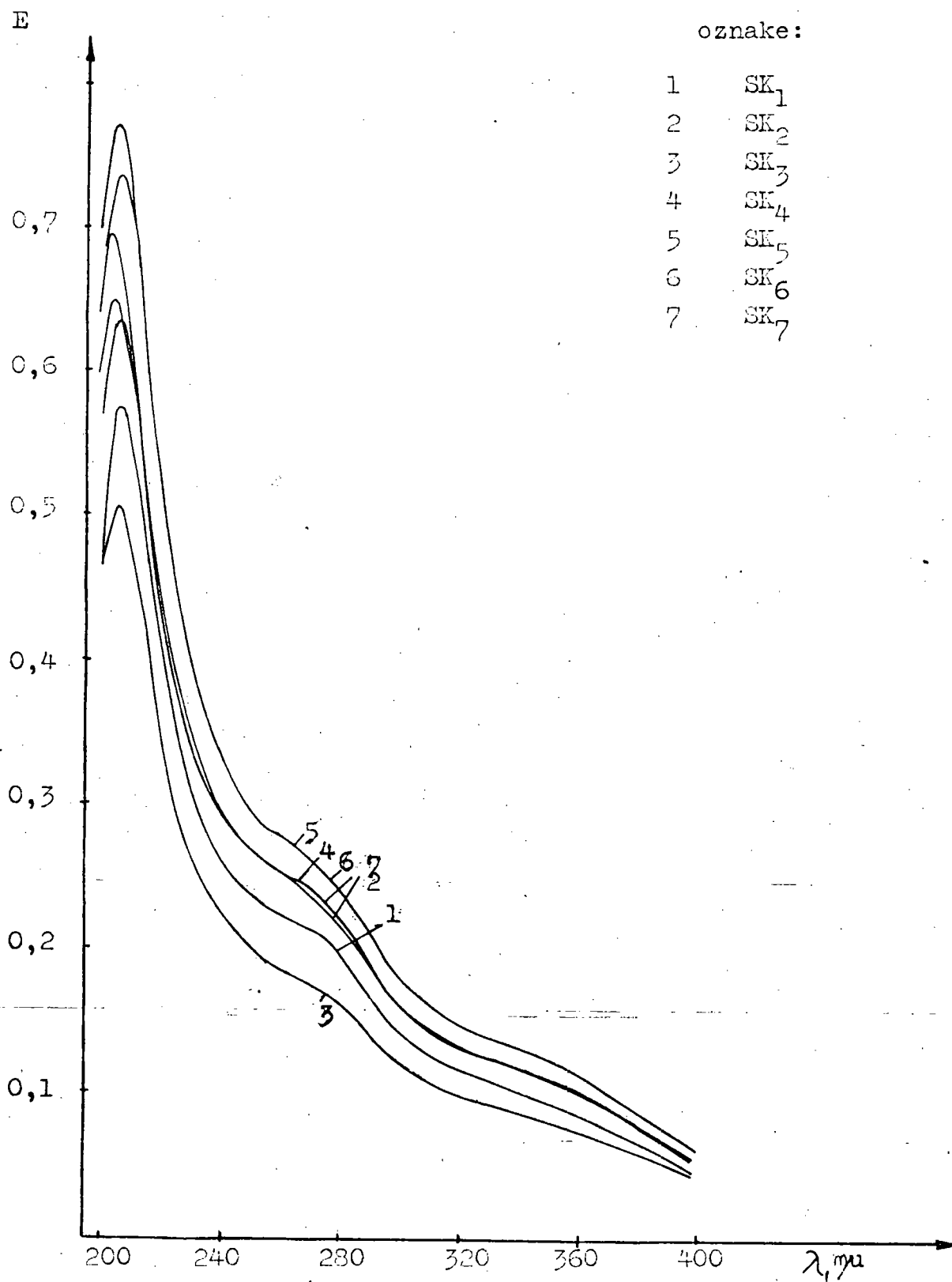
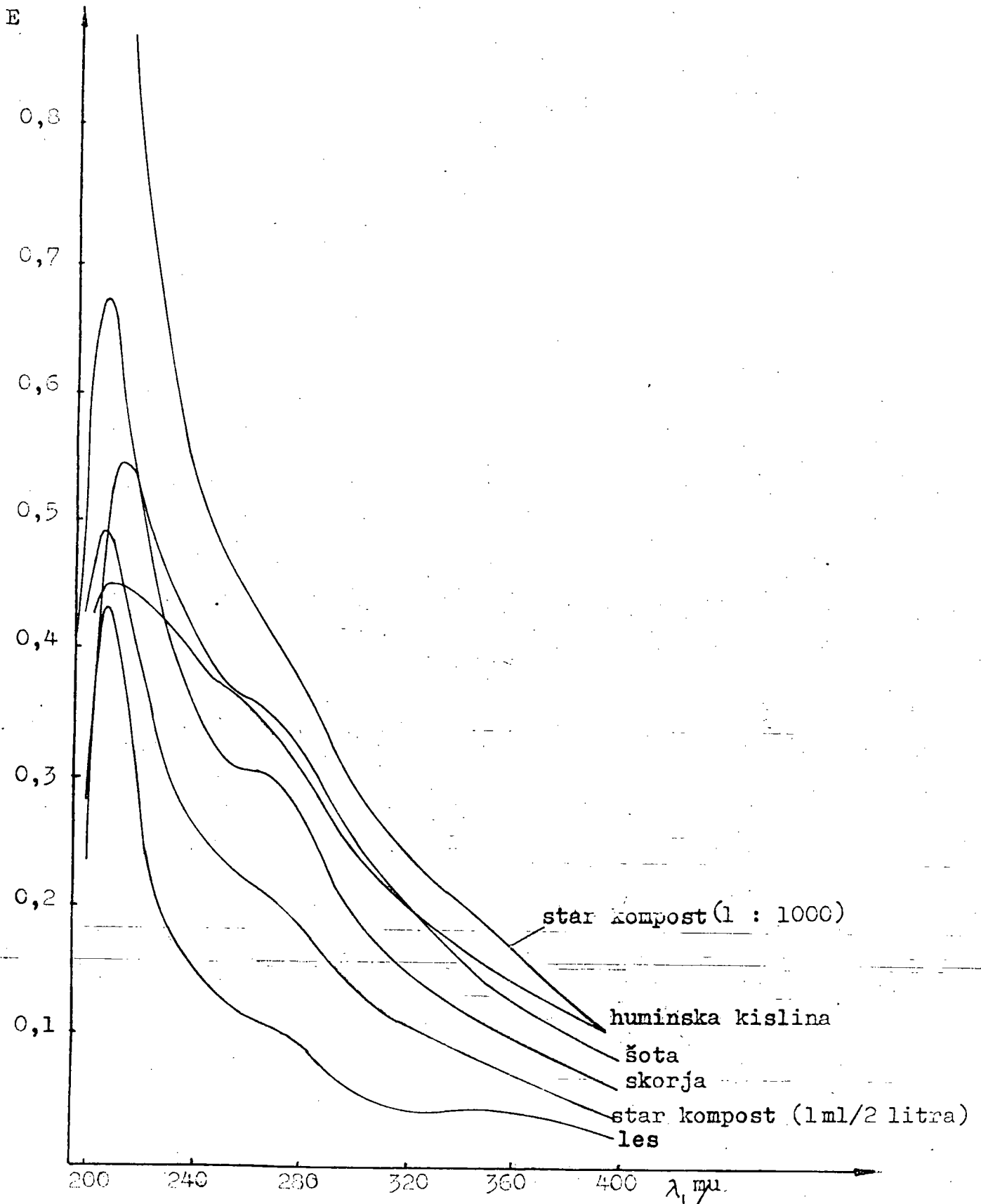


Diagram 12

UV absorpcijski spekter alkalnih ekstraktov primerjalnih substanc



pri kompostiranju vplivajo na degradacijo lignina v smeri nastanka huminskih kislin.

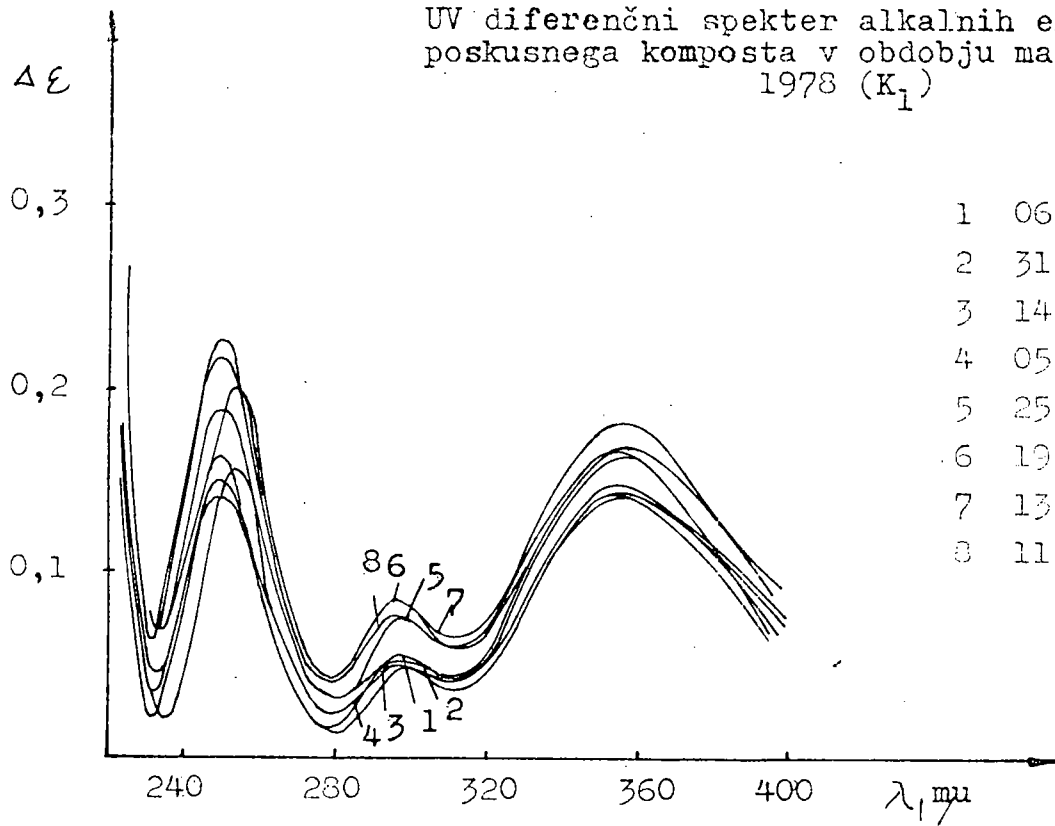
Še bolj nas je zanimalo, kako je s fenolnimi OH skupinami in kako se te spreminjajo tekom kompostiranja. Te spremembe prikazujejo diferenčni spektri alkalnih ekstraktov poskusnih kompostov in primerjalnih substanc (diagrami 15 - 17). Pri pregledu diferenčnih spektrov osnovnih substanc (star kompost, šota, les in skorja) dobimo zanimivo sliko, da imajo vsi razen razen starega komposta zelo poudarjeno fenolno OH skupino, posebno les in skorja, medtem ko šota še izgublja te vrednosti, star kompost pa jih sploh nima. Primerjava diferenčnih spektrov poskusnih kompostov SK<sub>1</sub> - SK<sub>7</sub> kaže, da se fenolne OH skupine izgubljujejo pri SK<sub>7</sub>, SK<sub>1</sub> in SK<sub>3</sub>, medtem ko imajo ostali komposti več ali manj poudarjeno to skupino. Krivulje vzorcev SK<sub>7</sub>, SK<sub>1</sub> in SK<sub>3</sub> so najbolj podobne spektru starega komposta, kar pomeni, da je tu prišlo do najmočnejšega dozorevanja kompostov v smeri zmanjševanja fenolnih skupin.

Pri diferenčnih spektrih opazimo ujemanje z UV absorpcijskimi spektri kompostov v odvisnosti od časovnega poteka. Prav lahko opazimo v začetnih stopnjah kompostiranja znižanje vseh absorpcijskih maksimumov, medtem ko se pri nadaljnjem procesu absorpcijski maksimumi zopet zvišajo in dosežejo v stopnjah 7 in 8 najvišjo vrednost.

Pregled diferenčnih spektrov poskusnih kompostov K<sub>1</sub>, K<sub>2</sub> in K<sub>3</sub> kaže, da se fenolne OH skupine s časom kompostiranja poglobljajo, torej čim starejši je kompost, tem bolj intenzivne so te skupine. Vidimo, da je ta razkroj največji pri vzorcu K<sub>3</sub>, kjer so bili dodani mikroorganizmi. Verjetno je bil pri teh kompostih čas kompostiranja prekratek in še ni prišlo do stopnje zmanjševanja vsebnosti fenolnih skupin, kot je to slučaj pri starem kompostu.

Diagram 13

UV diferenčni spekter alkalnih ekstraktov  
poskusnega komposta v obdobju marec-avgust  
1978 ( $K_1$ )



oznake:

- 1 06.03.1978
- 2 31.03.1978
- 3 14.04.1978
- 4 05.05.1978
- 5 25.05.1978
- 6 19.06.1978
- 7 13.07.1978
- 8 11.08.1978

Diagram 14

UV diferenčni spekter alkalnih ekstraktov  
poskusnega komposta  $K_2$  v obdobju marec-avgust  
1978

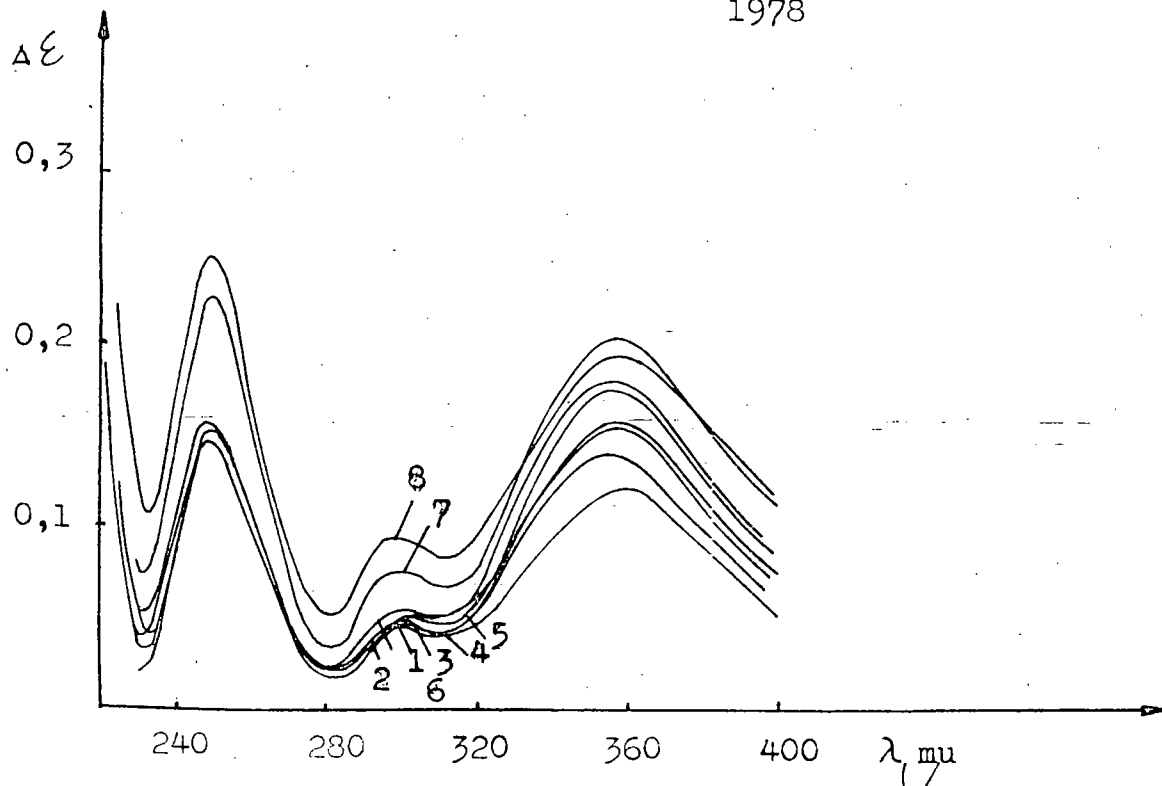


Diagram 15

UV diferenčni spekter alkalnih ekstraktov  
poskusnega komposta K<sub>2</sub> v obdobju marec -  
avgust 1978

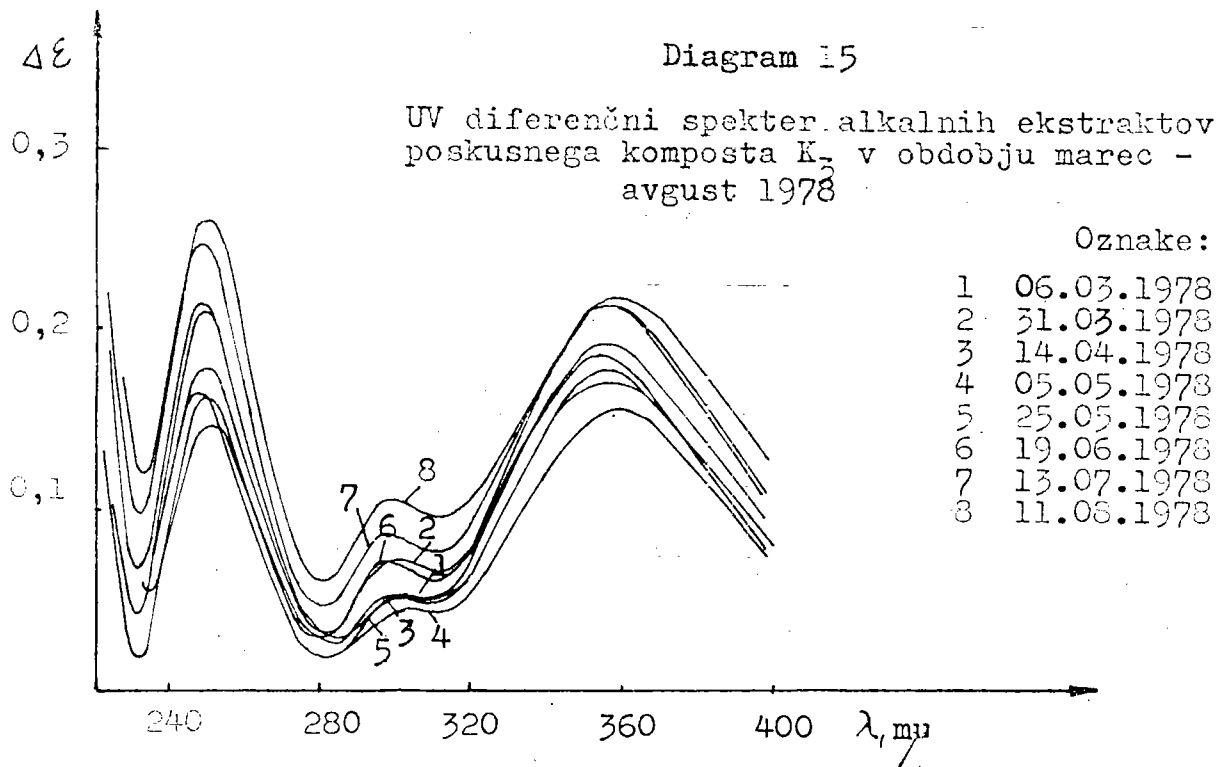


Diagram 16

UV diferenčni spekter alkalnih ekstraktov  
poskusnih kompostov SK<sub>1</sub> - SK<sub>7</sub>

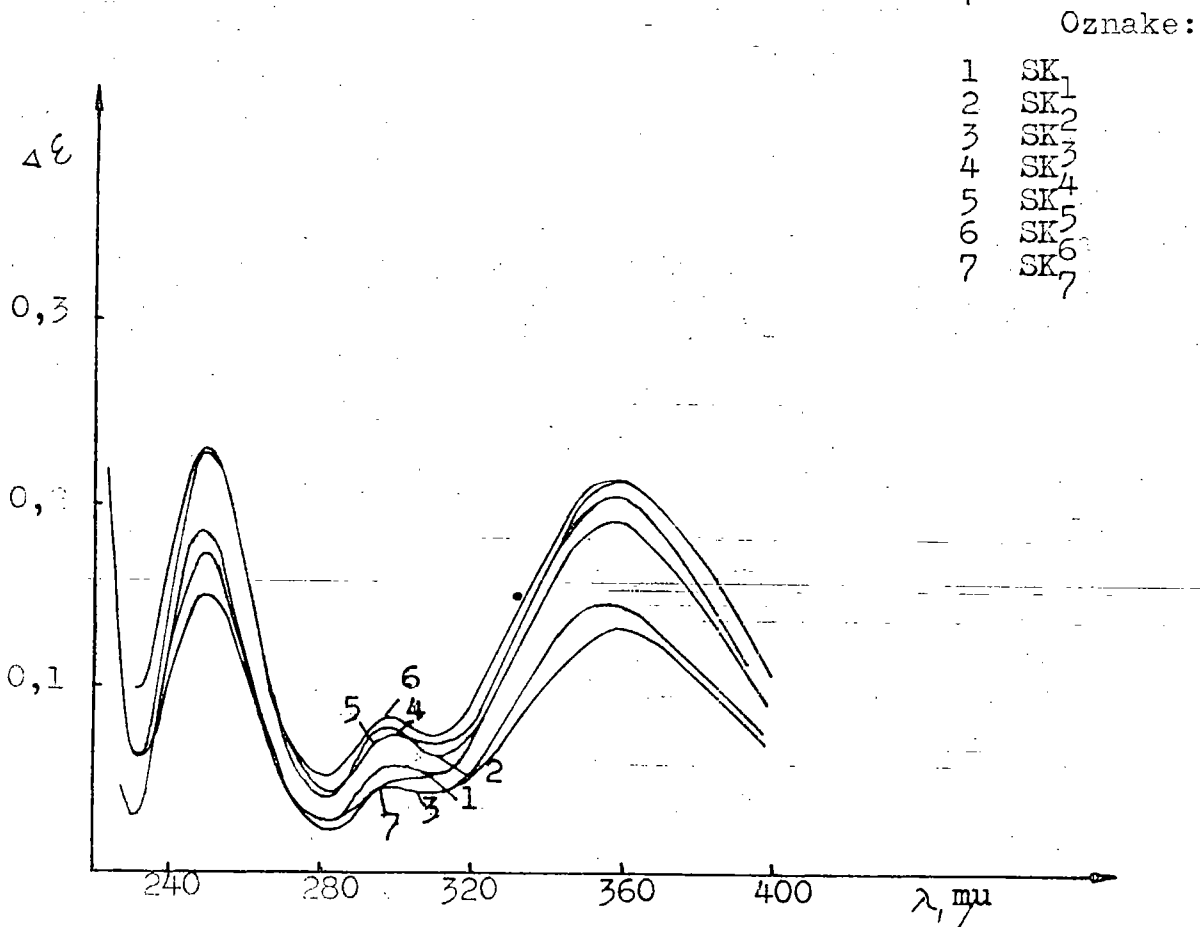
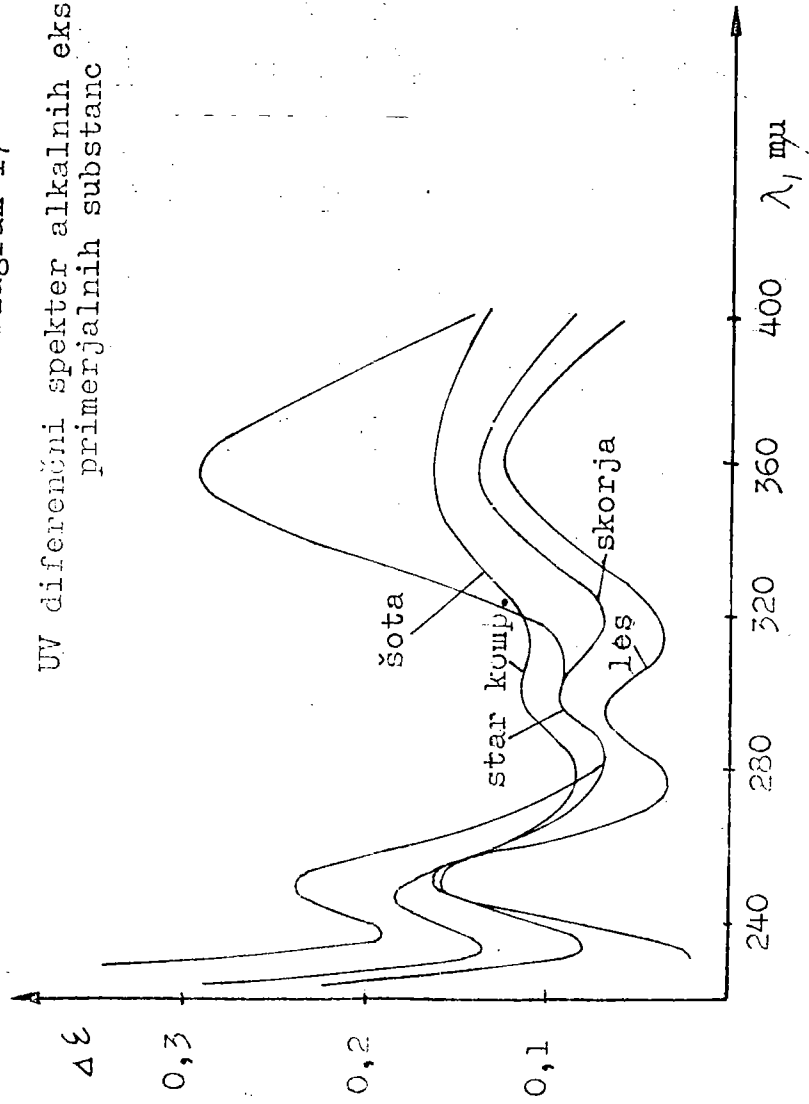


Diagram 17

UV diferencični spekter alkalnih ekstraktov  
primerjalnih substanc



## Holoceluloza

V vzorcih kompostov in primerjalnih substanc smo določevali holocelulozo po Klauditzovi metodi. Zanimalo nas je, kako se spreminja vsebnost holoceluloze kot ene izmed glavnih komponent v skorji, pod vplivom mikroorganizmov in ob dodatku različnih hranil. Slike teh sprememb daje tabela 22. Naj omenimo, da smo vsebnost holoceluloze določevali v osnovnih kompostih, torej pred alkalno ekstrakcijo ter v netopnem delu po alkalni ekstrakciji. Zanimivo je, da so vrednosti za holocelulozo abnormaalno visoke, to velja pred in po ekstrakciji, razen pri lesu in skorji. Razen tega se tudi produkti, ki smo jih dobili po tem postopku, bili namesto beli, kar je bil pojav pri lesu in skorji, več ali manj obarvani črno, kar je odvisno od starosti komposta. Tudi vsebnosti holoceluloze so več ali manj odvisne od starosti komposta. Ker pa te vrednosti ne dajejo eksaktnih vrednosti za holocelulozo, saj je praktično nemogoče, da bi vzporedno s povišanjem vsebnosti lignina narasla tudi vsebnost holoceluloze, smo prešli na raziskave samih holoceluloz, predvsem, kaj vpliva na povišanje le-teh. Popolnoma samoumevno bi bilo, da so te višje vrednosti vsled tega, ker se produkti mikroorganizmov pri degradaciji lignina pretvarjajo v oblike, ki so netopne v oksidativnem mediju (pri določevanju holoceluloze). Da bi potrdili to domnevo, smo dobljene holoceluloze podvrgli nadaljni analizi na vsebnost lignina ozimoma netopnega dela v 72 %-ni  $H_2SO_4$ . Tako smo dobili vrednosti pepelov in ligninov v holocelulozi pred in po alkalni ekstrakciji (tabeli 23 in 24). Če pogledamo ti dve tabeli, vidimo, da se s starostjo kompostov zelo povečujejo vsebnosti legninov in pepelov. Npr. stari kompost ima vrednost za lignin 35 %, za pepel 40,6 % v primerjavi s skorjo, ki ima 20 % lignina in 5,9 % pepela. Če večje odstopanje je pri lesu, kjer imamo 7 % oz.



1,4 %. Edina izjema v vsem je šota, ki ima, čeprav je starejša, slične vrednosti kot skorja, oziroma les.

S temi podatki smo hoteli ugotoviti dejansko vsebnost netopne holoceluloze pred in po alkalni ekstrakciji. Te vrednosti smo preračunali na izhodno substanco in jih podajamo v tabeli 25. Če opazujemo korigirane vrednosti za holocelulozo pred ekstrakcijo (netopna holoceluloza) vidimo, da celokupne holoceluloze praktično padajo s starostjo kompostov. Les ima okoli 70 % holoceluloze, skorja 52 %, kar je v skladu z literaturnimi vrednostmi (lit. 72), medtem ko stari kompost dejansko nima več holoceluloze, čeprav smo v osnovi dobili 70,37 %. V teh mejah od 70 - 0 so vsi ostali vzorci. Predvsem nas zanimajo vzorci  $K_1$ ,  $K_2$  in  $K_3$ , kjer smo dodali cepivo in hranilne kemikalije. Vidi se, da ti dodatki vplivajo na zmanjševanje količine holoceluloze, ker imamo vrednosti za holocelulozo pri  $K_1$ , ki je bil brez vseh dodatkov, praktično enake kot pri skorji (51 % oziroma 52 %). Iz tega lahko sklepamo, da praktično ni prišlo do razgradnje holoceluloze. Drugačna slika je že pri  $K_2$ , kjer smo dodajali hranilne substance. Še nižja vsebnost holoceluloze je dobljena pri vzorcu  $K_3$ , kjer smo dodali obe komponenti: cepivo in hranila. Tudi  $SK_7$ , ki je bil pripravljen z dodatkom cepiva, ima nižje vrednosti za holocelulozo. Te spremembe v holocelulozi potrjujejo, da je prišlo do razgradnje osnovne holoceluloze.

Tabela 22

Vsebnosti "holoceluloze" poskusnih kompostov in primerjalnih substanc pred in po alkalni ekstrakciji v % na a.s. snov

Oznaka vzorca	K 1		K 2		K 3	
	pred	po	pred	po	pred	po
06.03.1978	82,6	71,7	80,5	71,4	83,1	73,5
31.03.1978	82,2	76,0	80,1	75,1	77,6	76,7
14.04.1978	89,2	75,0	83,9	74,9	79,9	74,8
05.05.1978	82,0	77,2	80,4	74,8	81,4	73,8
25.05.1978	83,2	77,5	79,1	73,7	76,2	72,3
19.06.1978	82,6	77,8	80,0	75,0	79,6	75,2
13.07.1978	81,5	78,0	78,2	77,2	78,8	75,7
11.08.1978	81,9	81,7	79,2	71,9	76,2	81,1

Oznaka vzorca	S K 1		S K 2		S K 3		S K 4		S K 5		S K 6		S K 7		Šota Les Skorja
	pred	po	pred	po	pred	po	pred	po	pred	po	pred	po	pred	po	
pred	76,7	73,5	73,5	80,5	77,0	75,9	78,1	78,1	78,1	76,0	73,7	73,7	73,7	73,2	73,2
po	74,4	72,9	72,9	75,8	75,1	77,4	75,5	75,5	75,5	75,2	79,2	66,3	73,2	75,6	

Tabela 23

Vsebnosti v 72 % H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> netopnega dela in pepela v "holocelulozi" poskusnih kompostov in primerjalnih substanc pred alkalno ekstrakcijo v % na a.s. snov

Oznaka vzorca	K 1		K 2		K 3						
	Netopno v 72 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> v hol. %	Pepel v hol. %	Netopno v 72 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> v hol. %	Pepel v hol. %	Netopno v 72 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> %	Pepel v hol. %					
06.03.1978					17,2	11,5					
31.05.1978					21,3	10,9					
14.04.1978					21,5	17,5					
03.05.1978	17,9	9,0	18,0	9,9							
25.05.1978	21,8	17,4	18,3	13,0	16,6	13,2					
19.06.1978	16,4	11,1	18,3	11,3	20,4	12,7					
13.07.1978	20,1	14,7	26,2	10,7	20,5	14,4					
11.03.1978											
Oznaka vzorca	S K 1	S K 2	S K 3	S K 4	S K 5	S K 6	S K 7	Star kompost	Šota	Les	Skorja
Netopno v 72 % H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> v hol., %	23,7	25,6	24,6	17,3	21,7	25,6	23,8	35,0	16,2	7,0	20,0
Pepel v hol., %	18,5	22,6	17,3	20,3	26,2	25,5	17,7	40,6	2,3	1,4	5,9

Tabela 24

Vsebnosti v 72 %  $H_2SO_4$  netopnega dela in pepela v "holocelulozi" poskusnih kompostov in primerjalnih substanc po alkalni ekstrakciji v % na a.s.snov

Oznaka vzorca	K 1			K 2			K 3				
	Netopno v 72% $H_2SO_4$ v hol., %	Pepel v hol. %	Netopno v 72% $H_2SO_4$ v hol., %	Netopno v 72% $H_2SO_4$ v hol. %	Pepel v hol. %	Netopno v 72% $H_2SO_4$ v hol., %	Netopno v 72% $H_2SO_4$ v hol., %	Pepel v hol. %			
06.03.1978	12,0										
31.03.1978	12,2		11,1			10,3					
14.04.1978	13,2	18,5	12,2	11,0		14,6		10,3			
05.05.1978	16,1	15,3	14,6	15,1	15,1	12,4		11,4			
25.05.1978	15,6	12,3	15,1	11,4		13,8		10,7			
19.06.1978	10,7	10,5	15,4	11,5		12,5		13,3			
13.07.1978	14,5	12,4	13,2	11,3		13,8		12,4			
11.08.1978	20,7	6,6	22,7	12,9		17,5		14,1			
Oznaka vzorca	S K 1	S K 2	S K 3	S K 4	S K 5	S K 6	S K 7	Šota	Les	Skorja	
Netopno v 72% $H_2SO_4$ v hol., %	17,4	19,9	16,1	15,3	23,1	25,0	17,5	25,7	4,4	4,2	9,1
Pepel v hol., %	16,5	12,5	11,3	16,9	26,4	27,5	16,1	34,9	4,4	0,5	7,7

Tabela 25

Vsebnosti holoceluloze, korigirane za lignin in pepel, preračunane na a.s. osnovno substanco, pred in po alkalni ekstrakciji

Oznaka vzorca	K 1			K 2			K 3		
	celokupna netopna %	netopna %	topna %	celokupna netopna %	netopna %	topna %	celokupna netopna %	netopna %	topna %
06.03.1978							43,9		-
31.03.1978							47,7	34,2	13,5
14.04.1978							42,0	35,2	6,8
05.05.1978							-	31,7	-
25.05.1978	54,4	32,3	22,1	51,1	33,1	18,1			
19.06.1978	43,4	38,2	5,2	48,7	36,1	12,6	49,8	32,4	17,4
13.07.1978	54,0	32,5	21,5	48,6	34,0	14,6	45,7	31,2	14,5
11.08.1978	47,2	38,7	8,5	42,3	30,4	11,9	41,3	31,9	9,4
Srednja vrednost	49,7	35,4	14,3	47,7	33,4	14,3	45,1	32,7	12,3

Oznaka vzorca	Star kompost							Les	Skorja		
	S K 1	S K 2	S K 3	S K 4	S K 5	S K 6	S K 7				
celokupna, %	31,5	24,3	38,6	39,4	28,0	27,0	34,5	0	54,2	70,4	52,3
netopna, %	26,3	26,8	34,4	31,1	16,7	14,6	27,8	0	28,3	47,1	35,4
topna, %	3,2	0	4,2	8,3	11,3	12,4	6,7	0	25,9	23,3	16,9

S starostjo kompostov se spreminjajo tudi vrednosti netopnih produktov v holocelulozi. Vzorci  $K_1$ ,  $K_2$  in  $K_3$  se v tem slučaju praktično ne razlikujejo, vrednosti pa so nižje kot pri osnovni skorji. Izgleda, da v netopnem produktu še ni prišlo do razgradnje holoceluloze. Iz teh dveh podatkov smo sveda poskušali ugotavljati kako je s celulozo v topni obliki. Pri topni holocelulozi dobimo podatke popolnoma analogne zgornjim, da je bolj drastično zmanjševanje holoceluloze v topni obliki. Vidimo, da imamo neje vrednosti: stari kompost 0, skorja 16,9 %, les 23,3 %, vsi ostali vzorci se nekako razporedijo med te vrednosti. Izjemo kot povsod tvori šota, v kateri je bil razkroj pač drugačen kot pri naših kompostih. Iz teh rezultatov lahko sklepamo, da dodatek hranilnih kemikalij vpliva ne samo na degradacijo holoceluloze v netopnem delu, ampak tudi v topnem delu, kjer predpostavljamo, da prevladuje kratkovlanknata holoceluloza, oz. hemiceluloze. Vzorec  $K_3$  daje vrednosti, ki jih imajo tudi drugi stari komposti  $SK_6$ , ki so mu bile dodane hranilne substance in cepivo ter  $SK_5$ , kjer je bil dodatek cepiva iz hirusne plasti bukovega gozda, medtem ko ima  $SK_7$  še večjo tendenco padanja. Seveda se moramo zavedati, da je bila v naših kompostih prisotna več ali manj lesna masa, pri kateri imamo večjo vsebnost celuloze kot v skorji.

Iz dobljenih rezultatov lahko zaključujemo, da je šel glavni razkroj v smeri degradacije holoceluloze, oz. hemiceluloz, medtem ko ligninska substanca ostaja v spremenjeni obliki v kompostu. Tudi pri holocelulozi, tako pri ligninih, v kompostih ne moremo govoriti o neki holocelulozi, ampak moramo uvesti pojem "netopni produkti v klordioksidu". K tem netopnim produktom spadajo tudi pepeli.

## Pepel

Vemo, da je po literaturnih podatkih tudi pepel neke vrste merilo za stopnjo razgradnje organske substance. Zaradi tega smo zasledovali tudi spremembo vsebnosti pepela tekom kompostiranja skorje (tabela 26). Kot pri ostalih dosedanjih analizah vidimo tudi v pepelu slične tendence: stari kompost s 36,2 % pepela v primerjavi s skorjo, ki ima 4,9 %, lesom z 0,43 % in šoto s 3,1 %. Tudi tu lahko več ali manj trdimo, da se s staranjem komposta povečuje vsebnost pepela. To predpostavko bomo skušali primerjati na vzorcih  $K_1$ ,  $K_2$  in  $K_3$  in ugotavljati, če v tem kratkem razdobju pride do znatnih sprememb v odstotku pepela. Če pogledamo vrednosti za pepel, opazimo povišanje vsebnosti pepela od prvega meseca, ko smo začeli jemati vzorce, ne moremo pa trditi tega, kar smo ugotovili pri ligninu in holocelulozi, da bi se pri vzorcu komposta, kjer je bilo dodano cepivo ( $K_3$ ), povečal % pepela v primerjavi s  $K_1$ , kjer nismo dodali ničesar. To bi lahko objasnili s tem, da je časovni potek kompostiranja prekratek, da bi lahko na osnovi pepela določevali stopnjo razgradnje bukove skorje, oziroma pretvorbe v humus.

Razen teh analiz, ki smo jih delali na holocelulozi, ligninu in pepelu, smo izbrali še določene kemijske analize, ki naj bi služile za kontrolo humifikacije skorje in kot smo že omenili na začetku so to pH, oksidirajoči ogljik, stopnja humifikiranosti in vsebnost dušika (tabele 27 - 30).

Tabela 26

Vsebnost pepela v poskusnih kompostih in primerjalnih substancah  
v % na a.s. snov

Oznaka vzorca:	K 1	K 2	K 3	kompost							Šota	Les	Skorja
	S K 1	S K 2	S K 3	S K 4	S K 5	S K 6	S K 7	Star	Šota	Les	Skorja		
06.03.1978	10,90	14,50	13,10	19,86	17,16	15,81							
31.03.1978	14,10	13,50	13,30	20,23	20,01	16,56							
14.04.1978	13,82	12,96	12,37	18,74	19,60	20,19							
25.05.1978	13,79	13,27	13,28	21,75	20,93	19,92							
19.06.1978	14,28	14,83	15,22	27,19	20,49	23,22							
13.07.1978	13,13	12,31	14,86	22,25	26,30	21,85							
11.03.1978	20,21	17,92	18,86	30,15	30,68	28,10	36,2	3,1	0,43	4,9			
Oznaka vzorca:	S K 1	S K 2	S K 3	S K 4	S K 5	S K 6	S K 7	Star	Šota	Les	Skorja		
avgust 1977	16,21	17,79	16,83	18,43	19,86	17,16	15,81						
september 1977	19,97	19,41	16,65	19,43	20,23	20,01	16,56						
oktober 1977	19,97	22,95	17,59	20,16	18,74	19,60	20,19						
november 1977	17,75	23,93	19,32	19,14	21,75	20,93	19,92						
december 1977	20,65	23,97	19,50	22,37	27,19	20,49	23,22						
april 1978	22,26	26,52	20,93	22,25	26,03	26,30	21,85						
julij 1978	31,31	24,49	23,16	23,58	30,15	30,68	28,10	36,2	3,1	0,43	4,9		



Tabela 27

pH vrednosti ( v KCl ) poskusnih kompostov in primerjalnih  
substanc

Oznaka vzorca	K 1	K 2	K 3
06.03.1978	6,55	7,10	7,15
31.03.1978	7,05	6,95	7,00
14.04.1978	6,66	6,57	6,74
25.05.1978	6,64	6,64	6,62
19.06.1978	7,05	7,02	6,92
13.07.1978	7,12	7,21	7,05
11.08.1978	7,45	7,32	7,38

Oznaka vzorca	S K 1	S K 2	S K 3	S K 4	S K 5	S K 6	S K 7	Star kompost	Šota	Les	Skorja
avgust 1977	6,70	7,05	7,26	6,92	7,06	6,91	6,72				
september 1977	6,91	7,01	7,50	6,90	7,20	7,25	6,90				
oktober 1977	7,10	7,25	7,40	7,10	7,15	7,20	7,15				
november 1977	7,00	7,10	7,15	7,00	7,05	7,10	7,05				
december 1977	7,15	7,15	7,20	7,15	7,15	7,13	7,22				
april 1978	7,10	7,12	7,20	7,15	7,10	7,20	7,15				
julij 1978	7,10	7,10	7,10	7,05	7,20	7,15	7,10	7,05	3,00	-	4,30

Tabela 28

Vsebnost oksidirajočega ogljika v poskusnih kompostih in primerjalnih substancah v % na a.s. snov

Oznaka vzorca	K 1	K 2	K 3
05.03.1978	43,48	44,02	44,05
31.03.1978	42,78	43,27	44,75
14.04.1978	46,19	46,69	46,93
25.05.1978	45,03	43,34	47,22
19.06.1978	44,56	45,48	43,99
13.07.1978	44,70	44,67	43,44
11.08.1978	42,46	45,28	42,99

Oznaka vzorca	S K 1	S K 2	S K 3	S K 4	S K 5	S K 6	S K 7	Star kompost	Šota	Les	Skorja
Avgust 1977	44,77	44,90	44,83	43,56	43,63	44,35	44,44				
September 1977	43,77	47,82	46,23	43,52	44,05	46,60	44,78				
Oktober 1977	37,20	41,10	42,40	41,94	41,78	43,04	41,93				
November 1977	42,23	39,65	41,51	41,46	40,81	41,37	42,15				
December 1977	40,70	41,80	40,70	39,70	38,90	39,70	40,10				
April 1978	42,45	39,95	43,17	42,71	40,19	40,36	42,57				
Julij 1978	36,68	41,37	41,18	39,65	36,14	37,87	38,87	47,0	49,54	-	30,34

Tabela 29

Stopnja humificiranosti poskusnih kompostov in primerjalnih  
substanc v % na a.s. snov

Oznaka vzorca	K 1	K 2	K 3
06.03.1977	9,59	7,87	9,29
31.03.1978	8,92	9,30	11,37
14.04.1978	9,42	9,07	10,75
25.05.1978	9,41	9,52	8,94
19.06.1978	10,80	10,40	12,20
13.07.1978	8,43	12,30	13,70
11.03.1978	12,20	13,00	15,20

Oznaka vzorca	S K 1	S K 2	S K 3	S K 4	S K 5	S K 6	S K 7	Skupst Sota	Les	Skorja
avgust 1977	12,64	12,67	10,77	11,11	12,31	11,58				
september 1977	10,33	10,67	9,85	11,05	10,58	11,50				
oktober 1977	10,74	10,06	8,17	10,34	9,29	9,61				
november 1977	9,88	11,36	9,13	11,41	10,76	10,86				
december 1977	7,91	8,22	8,11	9,18	10,40	8,83				
april 1978	15,85	16,47	14,17	16,23	15,06	14,34				
julij 1978	17,70	16,60	14,00	18,40	18,50	19,20		22,1	35,5	12,0



Če opazujemo spremembe pH v kompostih vidimo, da se sučejo okoli pH 7. čeprav vemo, da bi pri dodatku mikroorganizmov morali prehajati v različne pH območje, tega ne opazimo niti pri  $K_1$ ,  $K_2$  in  $K_3$ . Torej kot pri pepelih tu še težje govorimo o neki kontroli kompostov; te vrednosti so samo merilo koliko je pravzaprav vrednost pH, ne pa ali je vzorec zrel ali ne.

Druga komponenta, ki smo jo raziskovali, je oksidirajoči ogljik, ki naj bi po literaturnih podatkih tudi podala stanje zorenja kompostov. Pri pregledu vrednosti oksidirajočega ogljika vidimo, da ni večjih odstopanj. Res je, da nimamo vseh mejnih vrednosti (n.pr. za les). Kljub temu lahko rečemo, da so razlike v vrednostih pri najstarejših in najnovejših kompostih in da vsebnosti oksidirajočega ogljika kažejo tendenco padanja s časom kompostiranja. Težko pa je določiti stopnjo stabilizacije, ker je bil pri vzorcih  $K_1$ ,  $K_2$  in  $K_3$  čas kompostiranja prekratek, pri ostalih kompostih pa nismo konstantno določevali te vrednosti, ampak podajamo samo končne vrednosti.

Po našem mišljenju bi morala najbolje prikazati stopnjo dozorevanja kompostov stopnja humificiranosti. Vrednosti za stopnjo humificiranosti vzorcev  $K_1$ ,  $K_2$  in  $K_3$  (tabela 29) lahko smatramo kot startne napram ostalim, tj. starim kompostom. Iz priloženih vrednosti opazimo določene razlike v smeri  $K_3$ , medtem ko so pri  $K_2$  te vrednosti nižje.  $K_3$  lahko primerjamo praktično še s starimi komposti, so pa le nižje kot pri  $SK_7$  in  $SK_5$ . Slabe vrednosti dobimo v  $SK_2$ , kjer smo pri ostalih analizah (lignin, holoceluloze) dobili maksimalne vrednosti. Iz tega lahko zaključujemo, da bi stopnja humifikacije, posebno če bi se postavile mejne vrednosti od skorje do komposta, lahko služila za potrditev pri določevanju dozorevanja kompostov.

Na koncu kemijskih raziskav smo pregledali še eno komponento, ki daje sliko o stopnji razgradnje, t.j. vsebnost dušika (tabela 50). Pri vzorcih  $K_1$ ,  $K_2$  in  $K_3$  vidimo tendenco rasti teh vrednosti v smeri  $K_3$ . Razen tega vidimo, da so te vrednosti v primeru startnih vrednosti pri starejših kompostih višje, iz česar bi lahko zaključevali, da se s staranjem kompostov, povečuje % dušika. Tudi dušik bi se lahko uporabljal kot pomemben faktor v procesu humifikacije, posebno ker le-ta vpliva na razmerje C : N.

Na osnovi kemijskih analiz kompostov lahko s sigurnostjo trdimo, da je tekom časovnega razdobja prišlo do večjih ali manjših kemijskih sprememb osnovne skorje. Zelo dobro se to vidi pri osnovni komponenti, holocelulozi. Pri naših analizah vidimo, da je glavni razkroj skorje potekal v smeri degradacije holoceluloze. Težje bi trdili, kako je z degradacijo lignina. Imamo podatke, da se vsebnost celotnega lignina povečuje, kar je popolnoma logično ker se količina osnovne substance zmanjšuje na račun zmanjševanja holoceluloze. Je pa ugotovljeno, da se topni lignin povečuje, kar bi se dalo zaključiti, da je prišlo do določenih sprememb tudi na ligninskih ostankih. Razen tega je zelo dobro vidno, da se lignin v holocelulozi povečuje, kar daje misliti, da je lignin prešel v obliko, ki ni več topna v oksidativnem mediju. Čim starejši je kompost, tem več je tega lignina.

Povečanje pepela v holocelulozi nam da misliti, da je določena količina vezana na zaostali del lignina. Vse te tri komponente nam dajo vedeti, da prehajamo iz klasičnega lignina in holoceluloze v komposte.

Na koncu bi seveda lahko zaključili, da je iz teh analiz težko sklepati na zrelost in s tem na uporabnost kompostov. Te vrednosti je pač nužno potrebno potrditi še s praktičnimi poskusi na rastlinah.

Delno smo skušali rezultate kemijskih analiz povezati s poskusi uporabnosti pri vzorcih  $K_1$ ,  $K_2$  in  $K_3$ . Tu bi skušali povezati te vrednosti, ki smo jih dobili iz topnih ligninov, ki bi pokazale vzroke, da pride v določenih momentih do zastrupitve s komposti. Z UV absorpcijskimi in diferenčnimi spektri smo pokazali, da so vrednosti kompostov v zvezi s fenolnimi OH skupinami in da je potrebno doloceno časovno razdobje, da se te skupine izgubijo. Lep primer tega je primerjava diferenčnega spektra vzorca  $K_3$  s spektrom vzorca  $SK_7$ , kjer je lepo vidno, da se izgubljuje vrednosti fenolov, ravno tako s starim kompostom, kjer teh vrednosti ni več. Torej bi v nadaljevanju morali še v naprej zasledovati toksičnost kompostov v časovnem razdobju.

B. Testiranje uporabnosti dobljenih kompostov

Preizkus kalivosti semena v vodnih ekstraktih poskusnih kompostov

Zaradi ugotavljanja fitotoksičnosti kompostov smo izvedli preizkus kalivosti semena v vodnih ekstraktih kompostov. 5 g drobno zmletih in presejanih vzorcev kompostov (pripravljenih za kemijske analize) smo zavreli v 50 ml destilirane vode. Suspenzijo smo prefiltrirali. V petrijevke smo vložili diske filter papirja, ga omočili s 5 ml ekstrakta komposta in nato položili po 70 semen solate NANSEN. S slepimi poskusi smo določili kalivost semena. Za orientacijski poskus smo vzeli vzorce s poskusnih kupov SK<sub>3</sub>, SK<sub>5</sub>, SK<sub>6</sub> in SK<sub>7</sub>:

Oznaka vzorca:	Število vskajjenih semen									
	SK 3		SK 5		SK 6		SK 7		Slepa	
13.01.1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16.01.1978	1	0	1	0	0	0	0	0	3	0
18.01.1978	3	5	1	4	2	6	3	6	4	9

Poskus je bil izveden v normalnih pogojih, temperatura prostora je bila 20°C in relativna vlaga 60 %.

Vskalilo je zelo malo semen. Predvsem v petrijevkah, kjer je bilo seme omočeno z destilirano vodo, je veliko semen splesnelo. Zato smo preizkusili še seme solate ESTRADIOL. Rezultat je bil enako zelo slab. Pri tem poskusu nismo doveli pozitivnega rezultata, ker se kalivost semena ne spreminja z dodatkom ekstrakta komposta v primerjavi s samo destilirano vodo. Na tak rezultat vplivajo tudi neprimerni delovni pogoji. Poskus smo še enkrat ponovili pod enakimi pogoji, le da smo uporabili drugo seme. Tokrat smo se odločili za seme zelja in vrtno kreše. Poskus smo izvedli



marca 1978. Pripravili smo vodne ekstrakte poskusnih kompostov SK<sub>1</sub> - SK<sub>7</sub>. Na petrijeve plošče z omočenim filter papirjem smo nasadili po 100 semen zelja oz. kreše. Kalivost zelja je bila naslednja:

Oznaka vzorca	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	SK 5	SK 6	SK 7
% kalivosti	94-95	89-97	92-96	92-95	91-98	92-94	93

Kalivost vrtna kreše pa je bila taka:

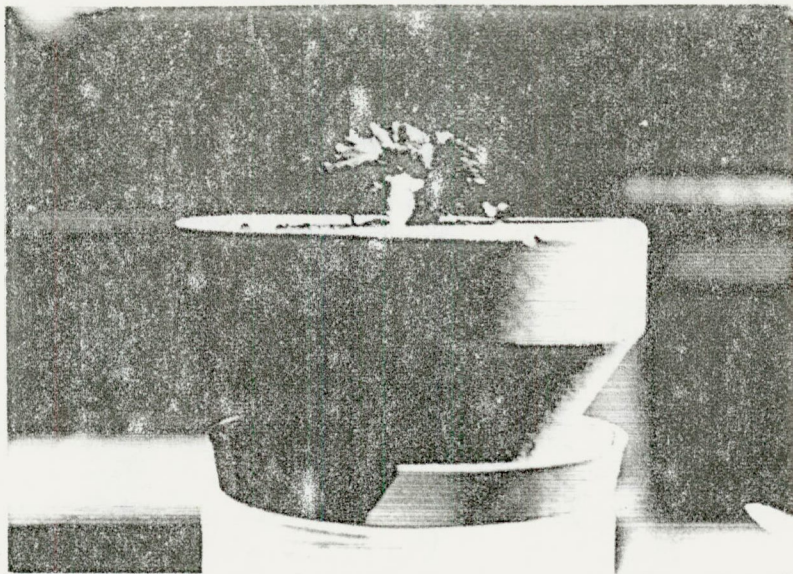
Oznaka vzorca	SK 1	SK 2	SK 3	SK 4	SK 5	SK 6	SK 7
% kalivosti	95-99	98	100	92-95	99-100	96-100	96-99

Tokrat je bila tudi kalitev semen v destilirani vodi 98 - 100% pri vseh vrstah semena.

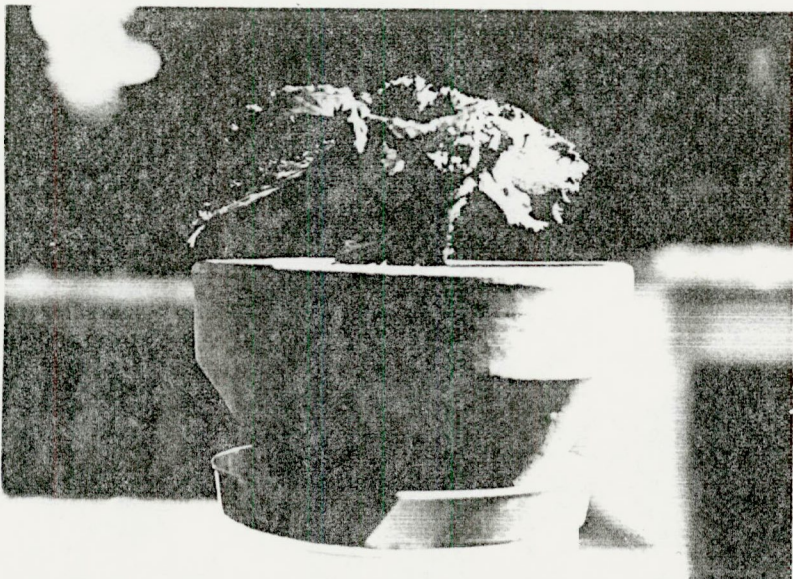
Po teh poskusih bi lahko zaključili, da ekstrakti kompostov niti ne zavirajo, niti ne pospešujejo kalivosti semena. Opazili nismo nobenega učinka ekstraktov kompostov na kalitev. Tudi časovno ni bilo nobenih razlik pri kalitvi semena, namočena v destilirani vodi ali v ekstraktih kompostov.

#### Preizkus rasti okrasnih rastlin v poskusnih kompostih

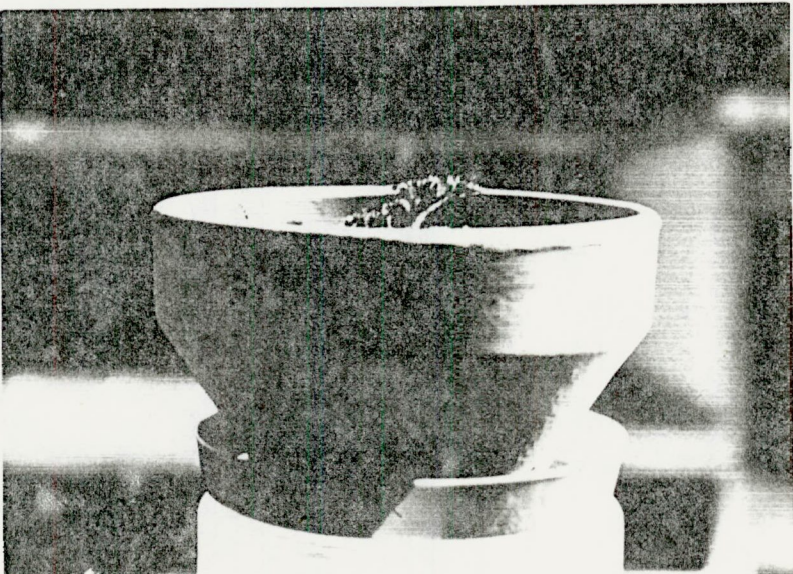
Pripravili smo lončne poskuse z okrasnimi rastlinami. Izbrali smo gomoljaste begonije (drobnocvetne), petunije in dišečo grašico. Gomolje begonije smo posadili v čiste komposte. Rastline smo vzgajali na prostem na severni strani. V glavnem smo ugotovili zavrto rast rastlinic. Imele so zakrnele liste, slaba stebila in zelo slabo so cvetele. Kmalu so začele rumeneti in v septembru so že začele propadati. Cvetenje je bilo malo boljše v lončkih s komposti 2A (K<sub>2</sub>) in 3A (K<sub>3</sub>) ter v 7 (SK<sub>7</sub>). Rastline so se malo bolj razvijale v kompostih, ki smo jim dodali večjo količino sečnine (slike 6 - 15).



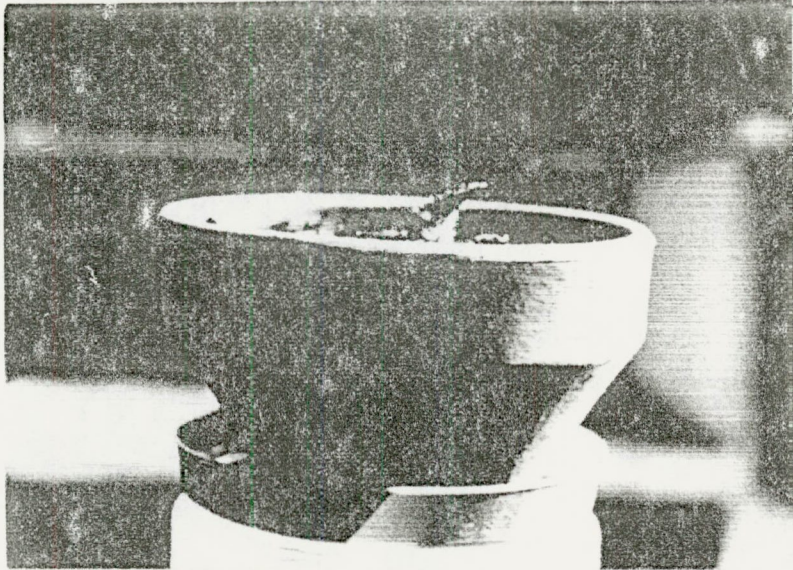
slika 6  
SK<sub>1</sub>



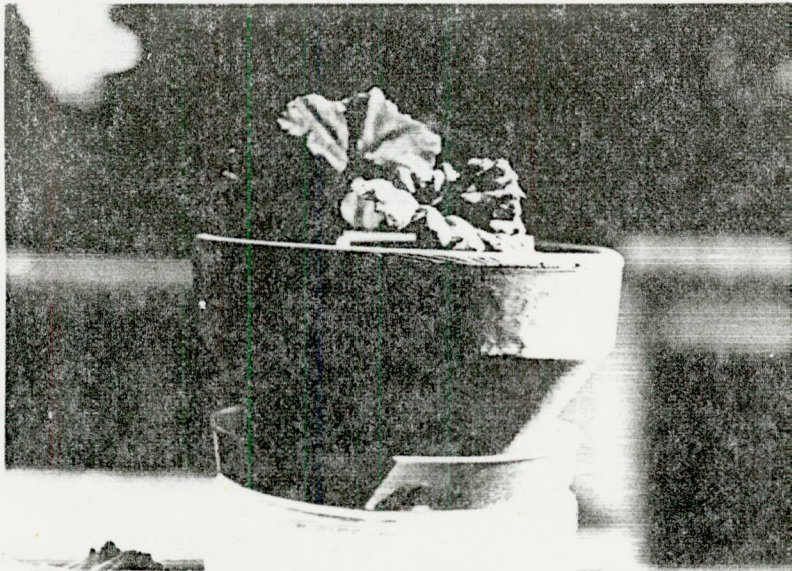
slika 7  
SK<sub>2</sub>



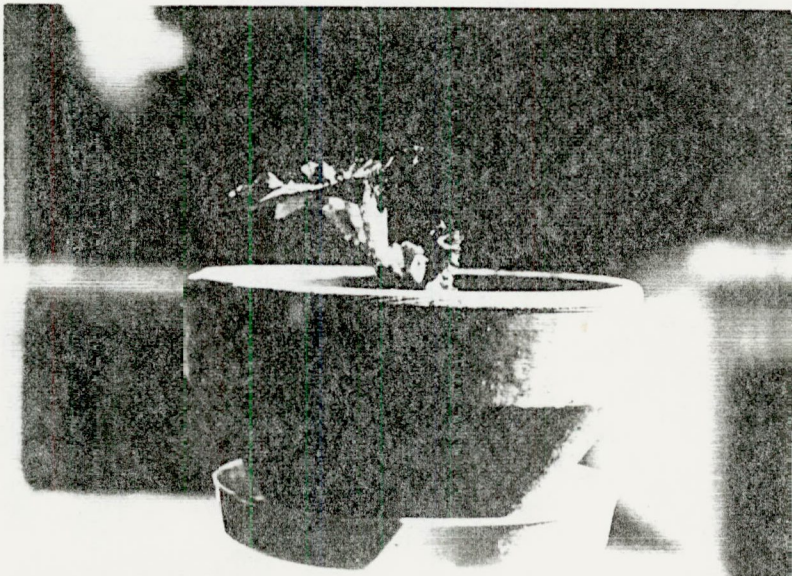
slika 8  
SK<sub>3</sub>



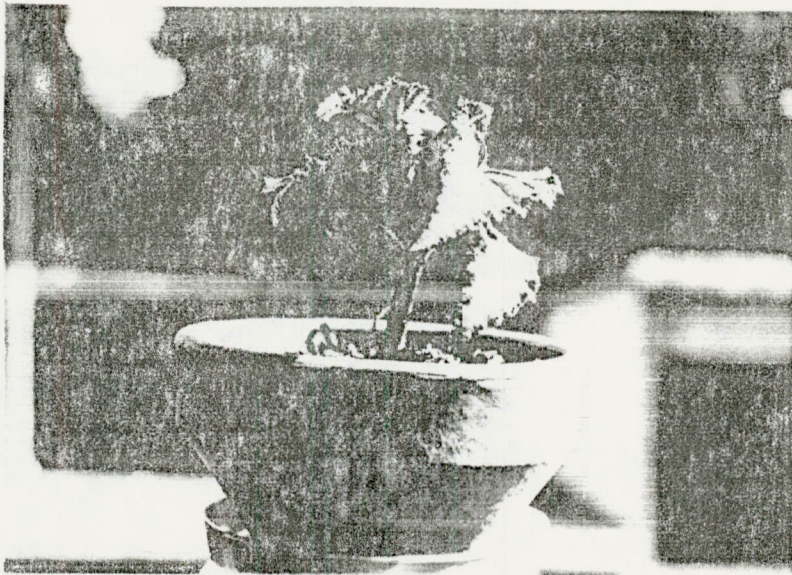
slika 9  
SK<sub>4</sub>



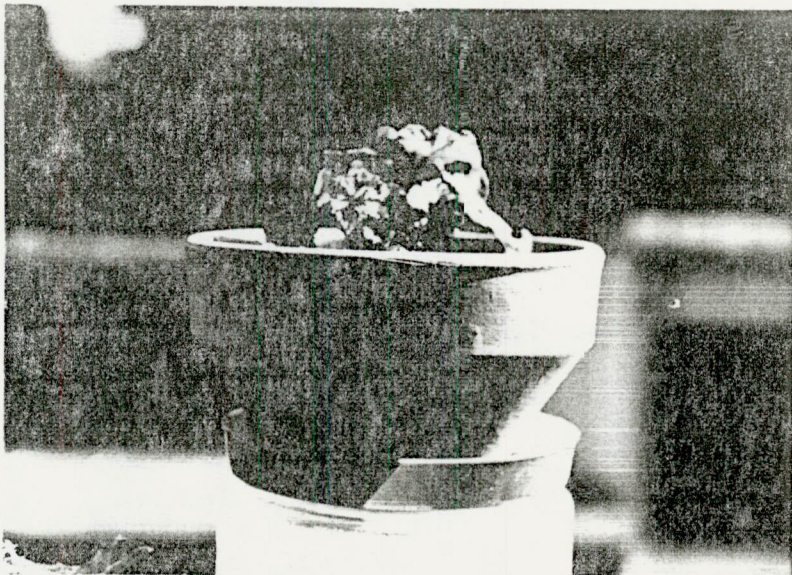
slika 10  
SK<sub>5</sub>



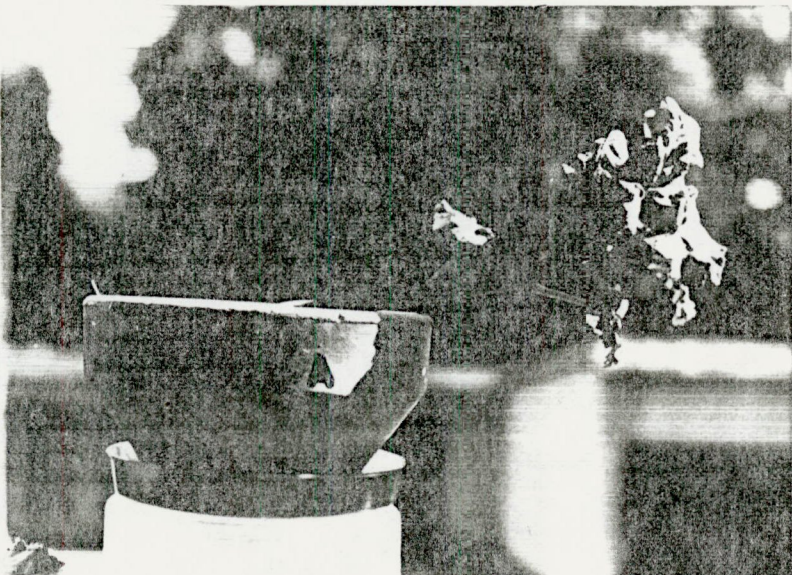
slika 11  
SK<sub>6</sub>



slika 12  
SK<sub>7</sub>

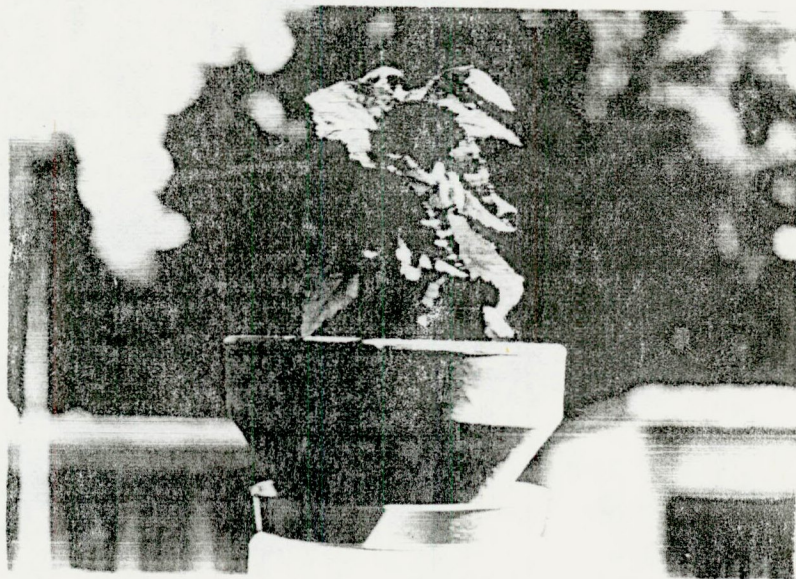


slika 13  
K<sub>1</sub>



slika 14  
K<sub>2</sub>

BEGONIJE



slika 15  
K<sub>3</sub>

Sadikje petunij smo posadili v mešanico kompostov in vrtno prsti v razmerju 1 : 2. Te rastline pa so se zelo slabo razvijale. Prav vse so bile zelo majhne, cvetele so samo en mesec, razvile se samo po en do tri cvetove. Rastlina, posajena v vrtno prst je edina normalno uspevala, vse ostale so zopet zelo hitro porumenele in ostale nerazrasle. (slike 16 - 26).

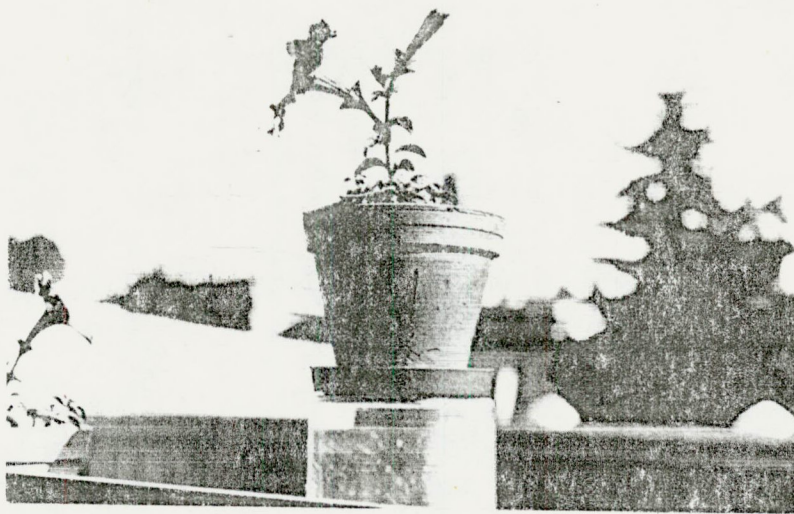
V avgustu smo v lončke posejali seme dišeče grašice. To seme smo posadili v čiste komposte in vrtno prst. Testirali smo komposte SK<sub>1</sub> - SK<sub>7</sub> ter K<sub>1</sub> - K<sub>3</sub>. Seme grašice je v lončkih s komposti zelo hitro pognalo. V enem tednu je vskalilo še vse seme. Rastlinice so bile visoke od 5 - 7 cm, ko je vskalilo seme v vrtni prsti. Tudi kasneje so rastline rasle dosti hitreje kot v vrtni prsti.

Ob koncu poskusa ugotavljamo, da so najlepše razvite rastline v kompostih 1A (K<sub>1</sub>), 1 (SK<sub>1</sub>), 3A (K<sub>3</sub>) in 7 (SK<sub>7</sub>), slaba rast pa je bila v 2A (K<sub>2</sub>), 2 (SK<sub>2</sub>) ter 5 (SK<sub>5</sub>). Zanimivo pa je, da so bile rastline v kompostih zelo dolge, potegnjene, presledki med listi so dosti večji kot pri rastlinicah, ki so rasle v vrtni prsti. Tudi rast je bila hitrejša v kompostih kot v prsti.

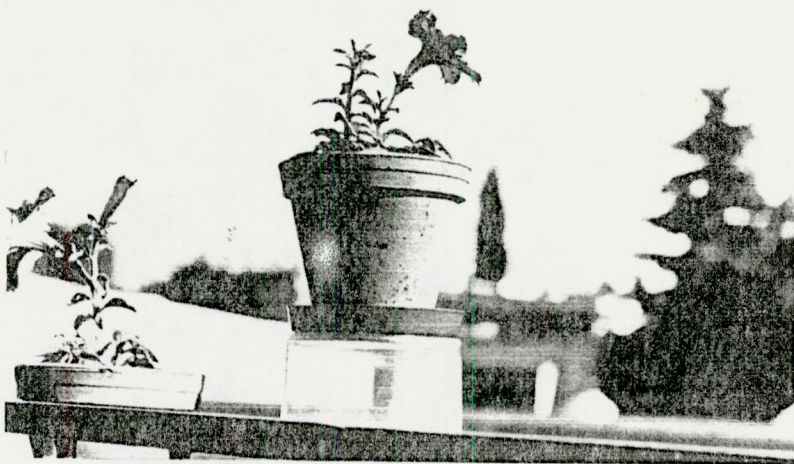
#### Vpliv kompostirane bukove skorje na rast in pridelok trave in vrtnin

Odločili smo se tudi za poskus na vrtu. Izdelali smo gredice v velikosti 0,5 x 1 m. Vanje smo pripravili mešanice poskusnih kompostov in vrtno prsti v razmerju 1 : 2.

V začetku maja 1978 smo posejali v vsako gredo po 13 g semen pasje trave *Dactylis glomerata*. ~~Poskus smo začeli sredi maja 1978.~~ Travo smo trikrat poželi in še svežo stehali. Rezultate poskusa podajamo v tabeli 31. Pri tem poskusu smo ugo-



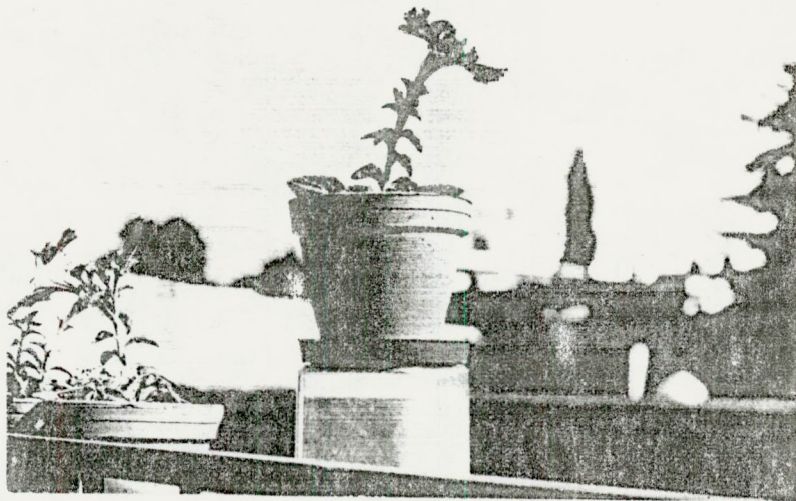
slika 16  
SK<sub>1</sub>



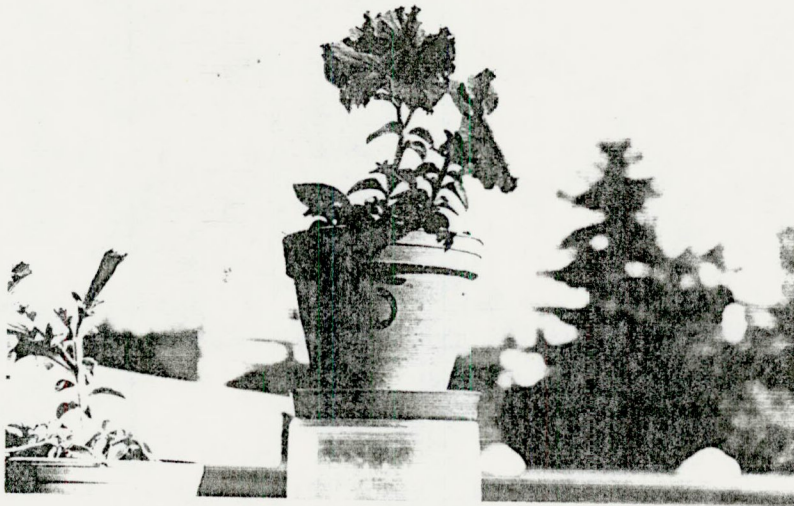
slika 17  
SK<sub>2</sub>



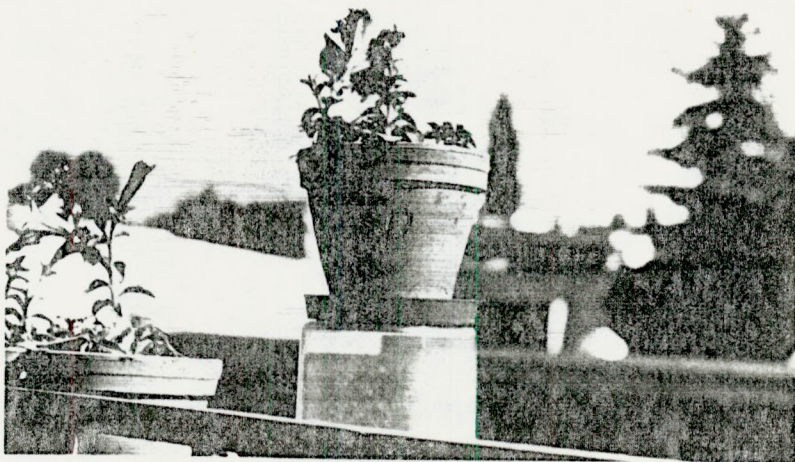
slika 18  
SK<sub>3</sub>



slika 19  
SK<sub>4</sub>

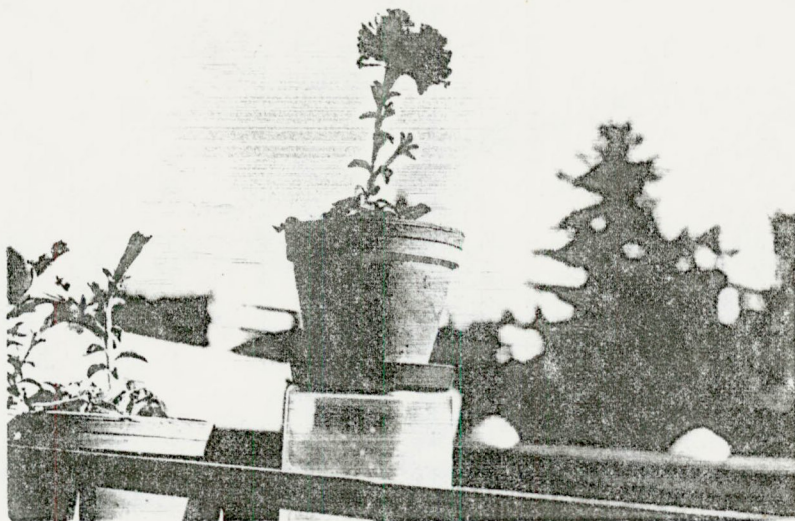


slika 20  
SK<sub>5</sub>



slika 21  
SK<sub>6</sub>





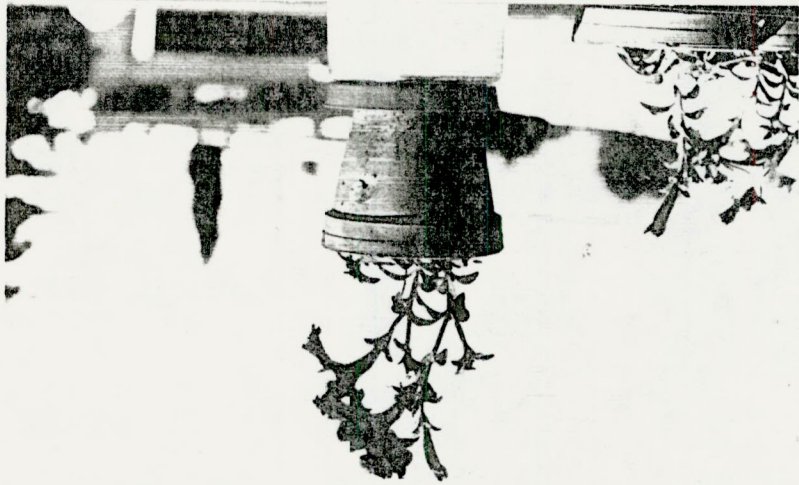
slika 22  
SK7



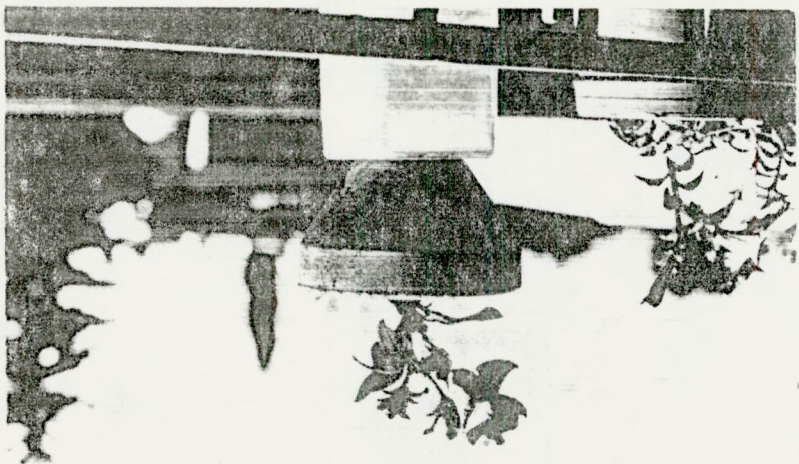
slika 23  
K1



slika 24  
K2



SLIKA 26  
vrtna prst



SLIKA 25  
K<sub>3</sub>

tovili, da je v vrtni prsti rast trave daleč najboljša. V gredicah z mešanico kompostov in vrtni prsti je bila trava slabše razvita, kmalu je začela rumeneti. Čeprav je zopet malo hitreje vskalila v mešanicah kot v zemlji, je bila kasnejša rast v kompostih dosti slabša. Rastline so bile zakrnele. Tudi iz količine pridelka je razvidno, da dodatek kompostov ovira razvoj trave. (slike 27 - 37).

V enake grede in mešanice kompostov s prstje smo posadili sadike solate ljubljanske ledenke. Sadike smo izbrali enako močno razvite in jih po 30 posadili v vsako gredico. Precej sadik je propadlo, predvsem v prsti, vendar vzroka ne poznamo. Sadike solate v mešanicah prsti so nekoliko počasneje rasle kot v sami prsti. Tudi glave solate niso bile posebno lepe. Priderek je bil dober v prsti, v kompostih  $K_2$  in  $K_3$ . Dober pridelek v teh dveh kompostih pripisujemo dodatku sečnine pri kompostiranju, ki se še ni izrabila. Ko smo pobrali pridelek solate, smo te mešanice dobro premešali in posejali v vsako gredo po 5 g semena radiča (Tržaški solatnik). Pri tem poskusu pa smo opazili dosti boljšo rast radiča v mešanicah kompostov. Vrednosti za količino pridelkov solate in radiča so prikazane v tabeli 32. Zelo dober pridelek radiča je bil v mešanici  $SK_7$  in  $SK_2$ , malo slabši v  $SK_5$  in  $SK_6$ , najslabši pridelek je bil v vrtni prsti. S to kulturo smo dobili res dobre rezultate, ki jih verjetno lahko pripišemo vnosu komposta v vrtno prst. Te mešanice tudi še niso bile dovolj zrele, ko smo sadili solato, pri radiču pa so že pridobile na kvaliteti. Med sajenjem solate in radiča smo te mešanice kompostov in prsti štiri tedne pustili stati nezasajene. Večkrat smo jih premešali in dobro obrnili. (slike 28 - 43)

Tabela 31

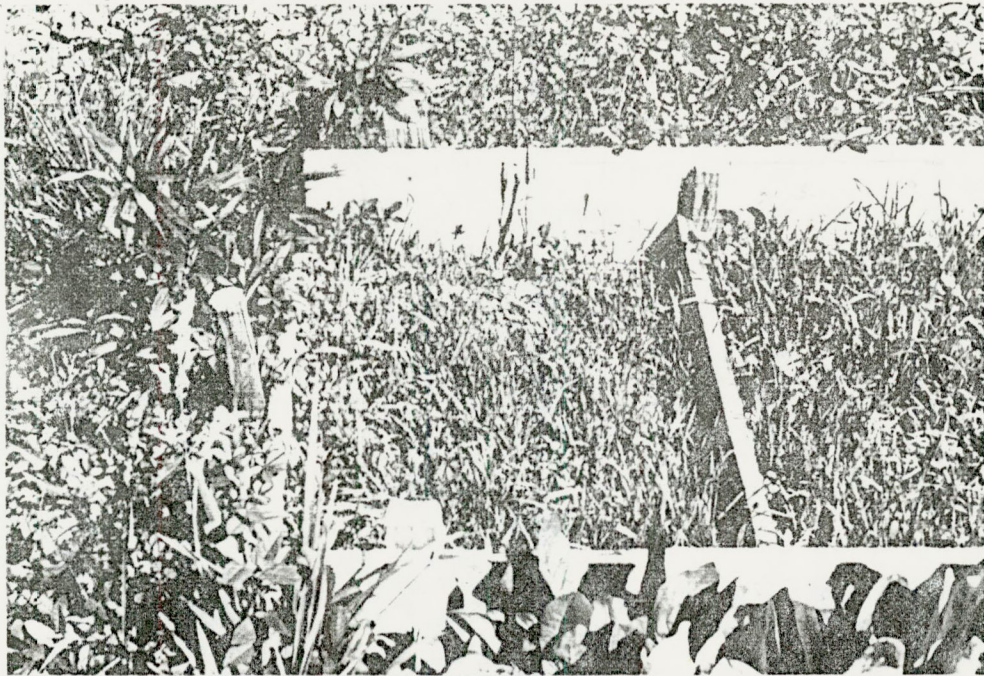
Vpliv kompostirane skorje na pridelok pasje trave  
(*Dactylis glomerata*) (g sveže snovi iz 15 g semena)

Vzorec	I. košnja 11.07.1978	II. košnja 17.08.1978	III. košnja 22.09.1978	Povprečje 3 košenj
BK 1	25,3	48,3	73,1	48,2
BK 2	59,2	113,2	104,2	92,2
BK 3	23,3	48,9	86,7	52,9
BK 4	42,3	151,2	168,9	114,3
BK 5	27,9	93,2	148,8	91,6
BK 6	55,7	95,3	101,2	84,0
BK 7	141,1	161,2	106,6	136,3
K 1	62,5	103,9	65,7	77,4
K 2	162,6	159,5	97,0	139,6
K 3	76,3	144,5	88,5	103,3
vrtna prst	375,6	229,9	146,4	256,6

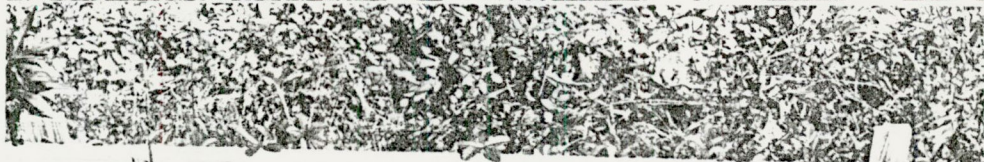
Tabela 52

Vpliv kompostirane skorje na pridelok  
solate in radiča  
(g sveže snovi iz ene sadike, oz. iz  
13 g semena)

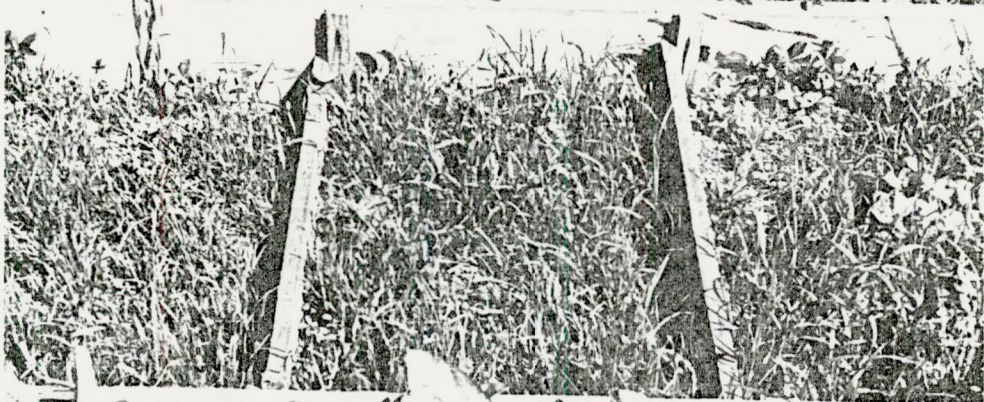
Vzorec	Solata 11.07.1978	Radič 11.09.1978
SK 1	87,8	486,5
SK 2	85,2	719,4
SK 3	93,9	475,3
SK 4	147,3	507,2
SK 5	111,7	571,0
SK 6	120,0	598,2
SK 7	85,6	767,7
K 1	96,2	359,6
K 2	204,2	290,8
K 3	203,5	314,8
vrtna prst	177,8	259,5



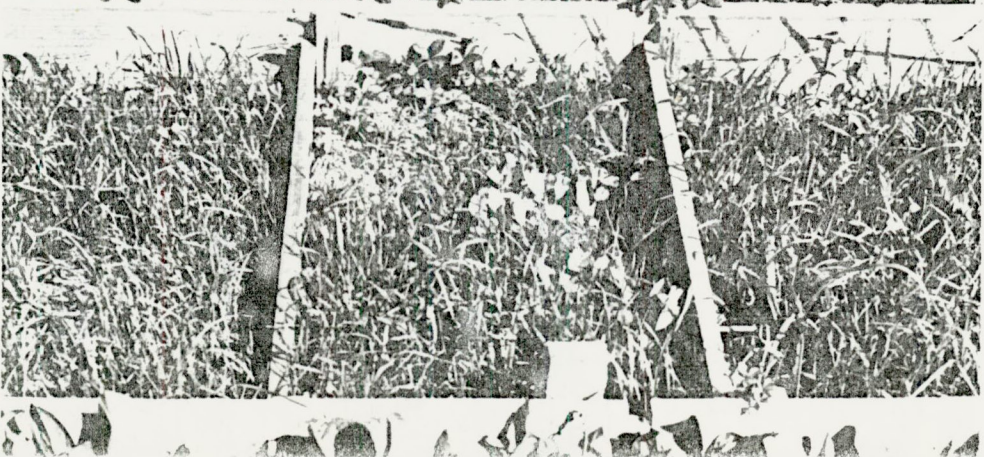
slika 27  
SK<sub>1</sub>

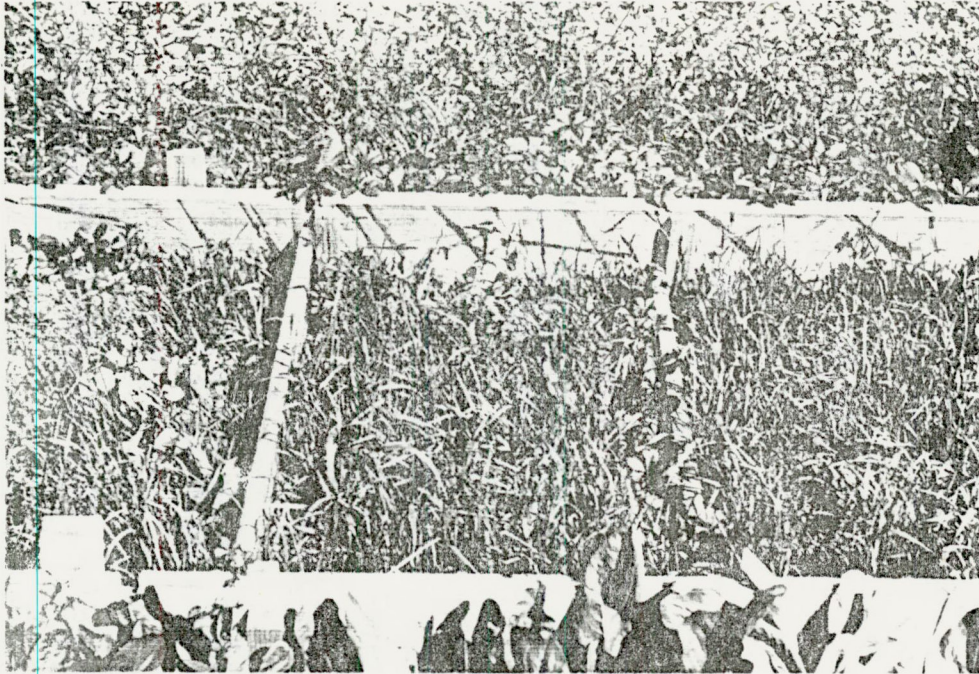


slika 28  
SK<sub>2</sub>

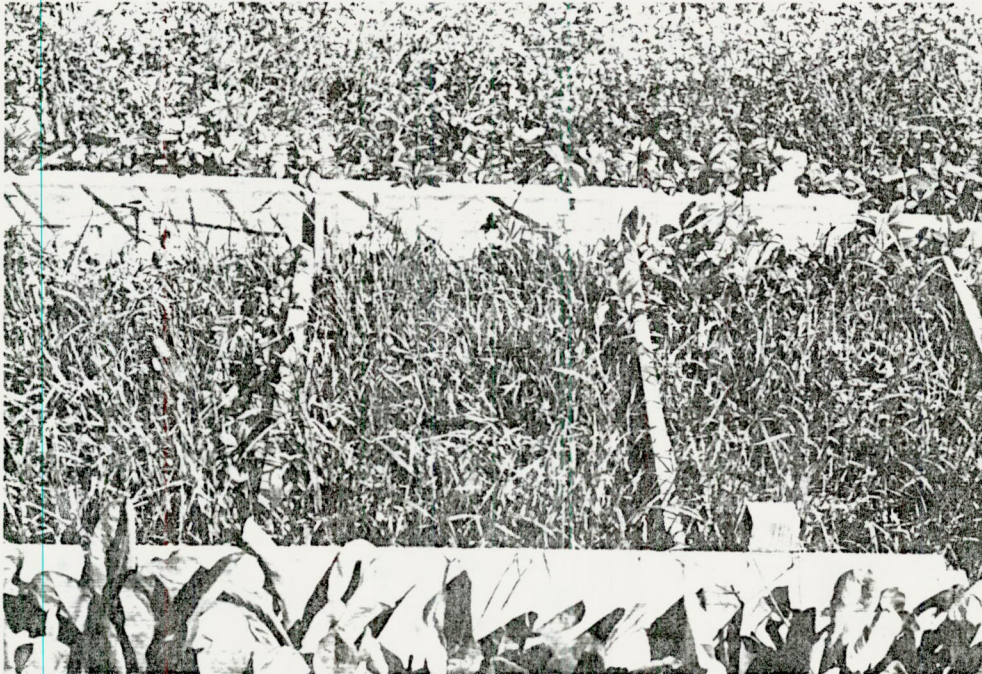


slika 29  
SK<sub>3</sub>





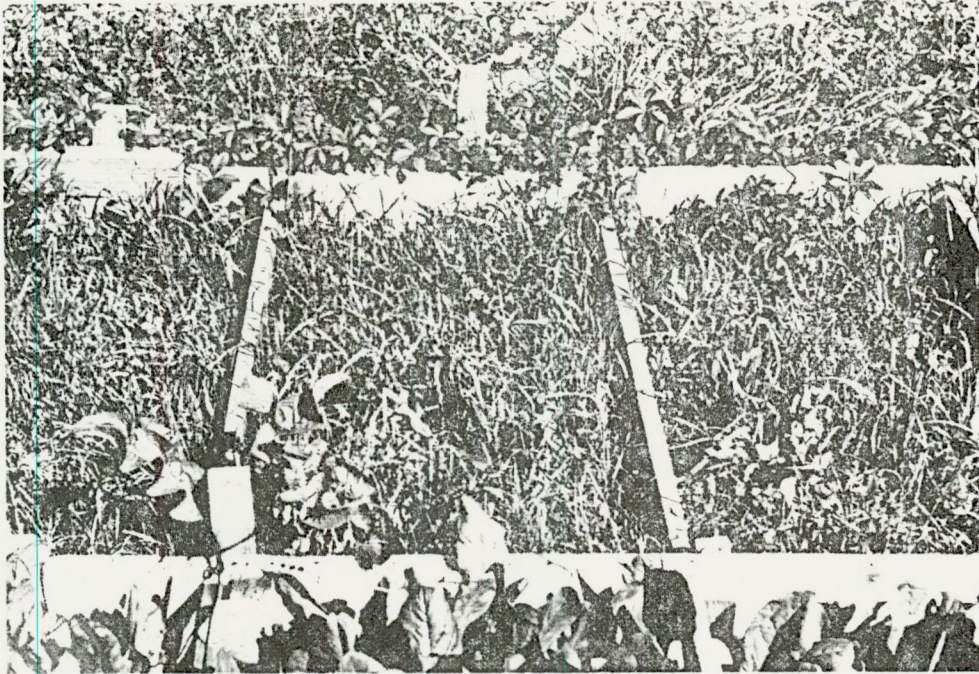
slika 30  
SK<sub>4</sub>



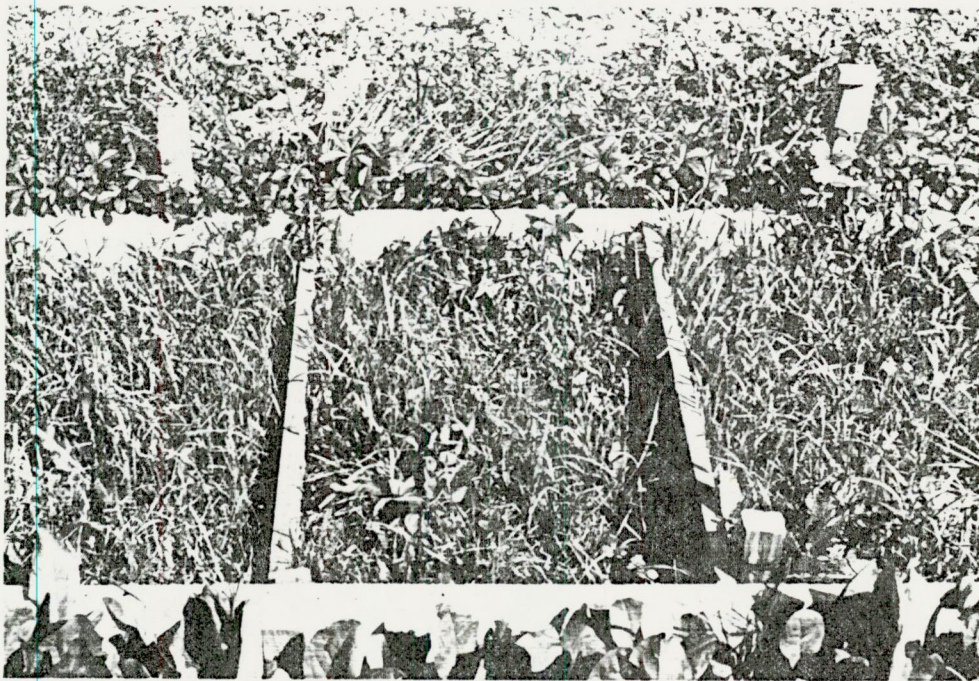
slika 31  
SK<sub>5</sub>



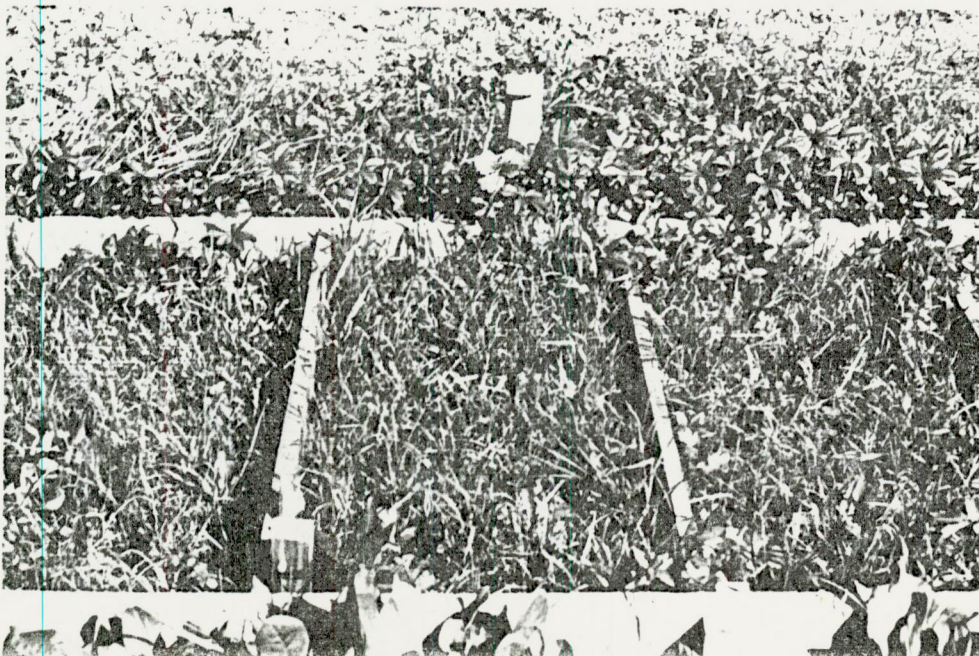
slika 32  
SK<sub>6</sub>



slika 33  
SK<sub>7</sub>

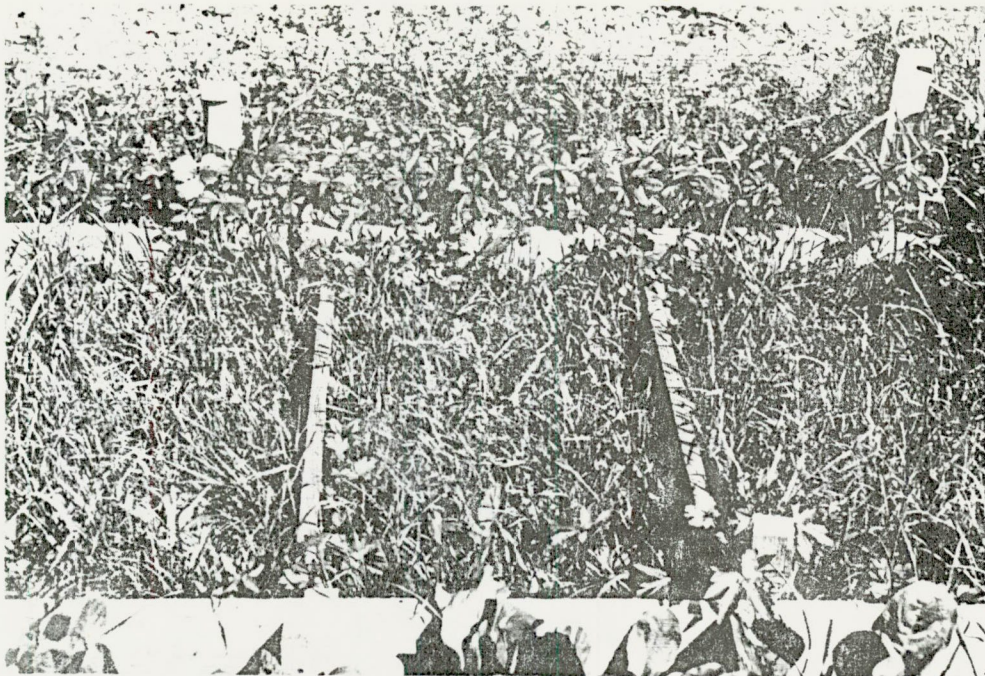


slika 34  
K<sub>1</sub>

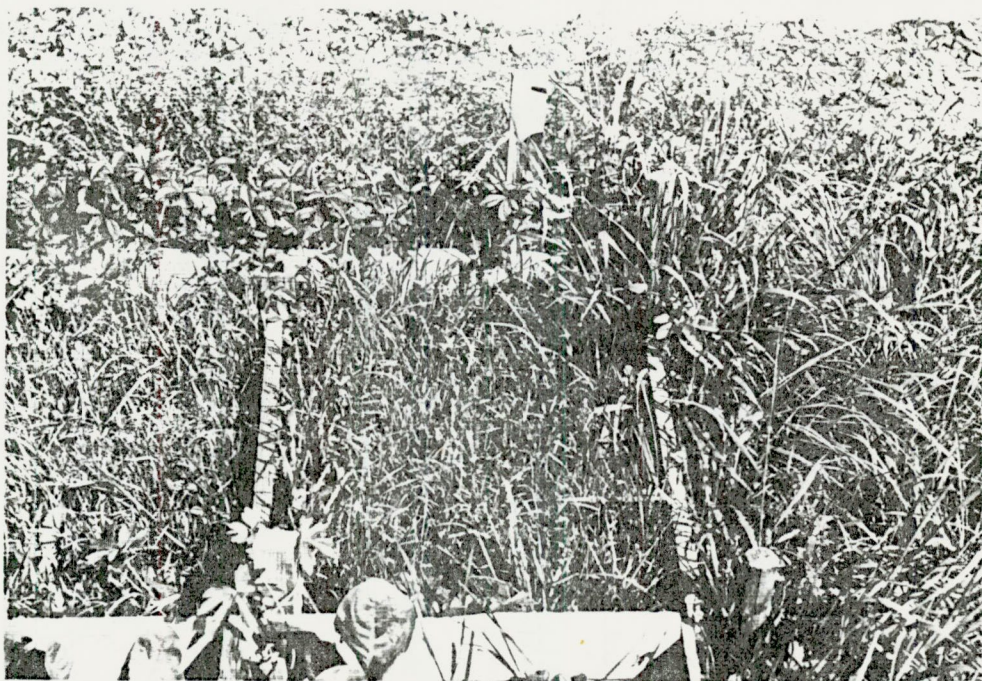


slika 35  
K<sub>2</sub>

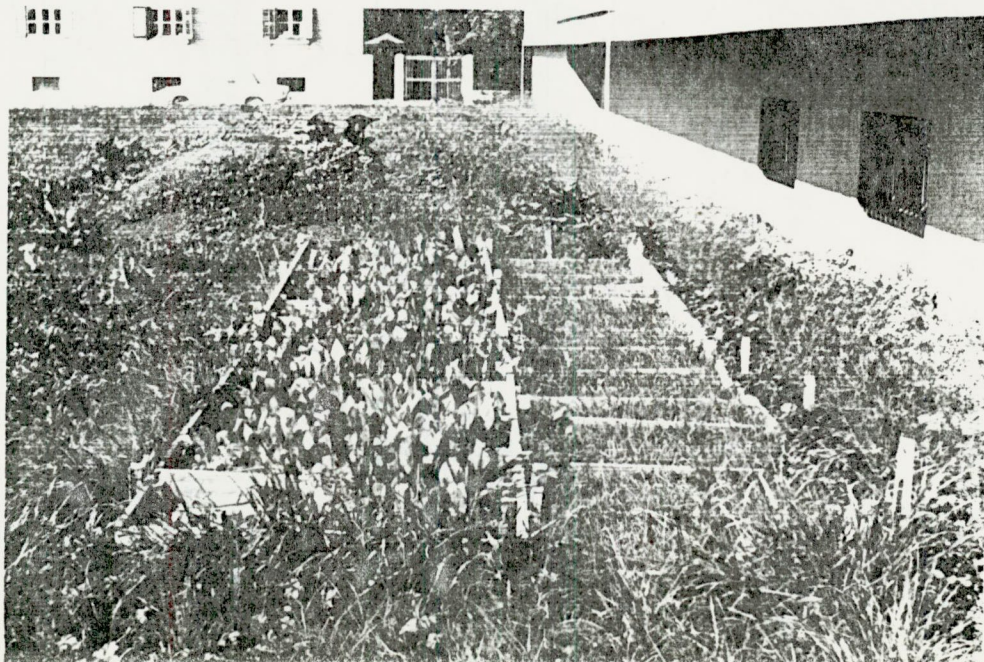




slika 36  
K<sub>3</sub>



slika 37  
vrtna prst

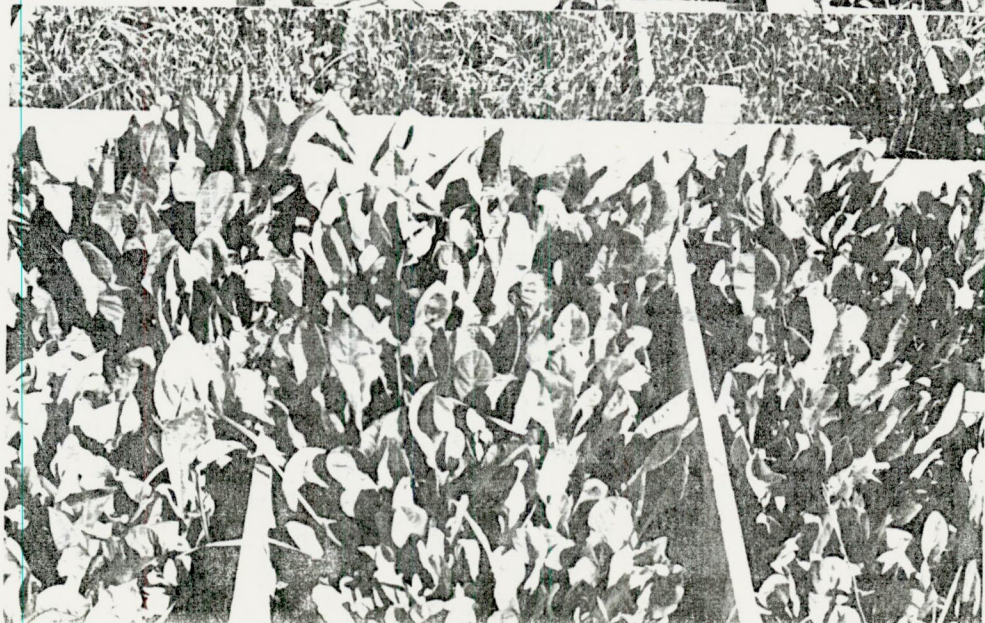




slika 33  
SK<sub>1</sub>



slika 39  
SK<sub>2</sub>



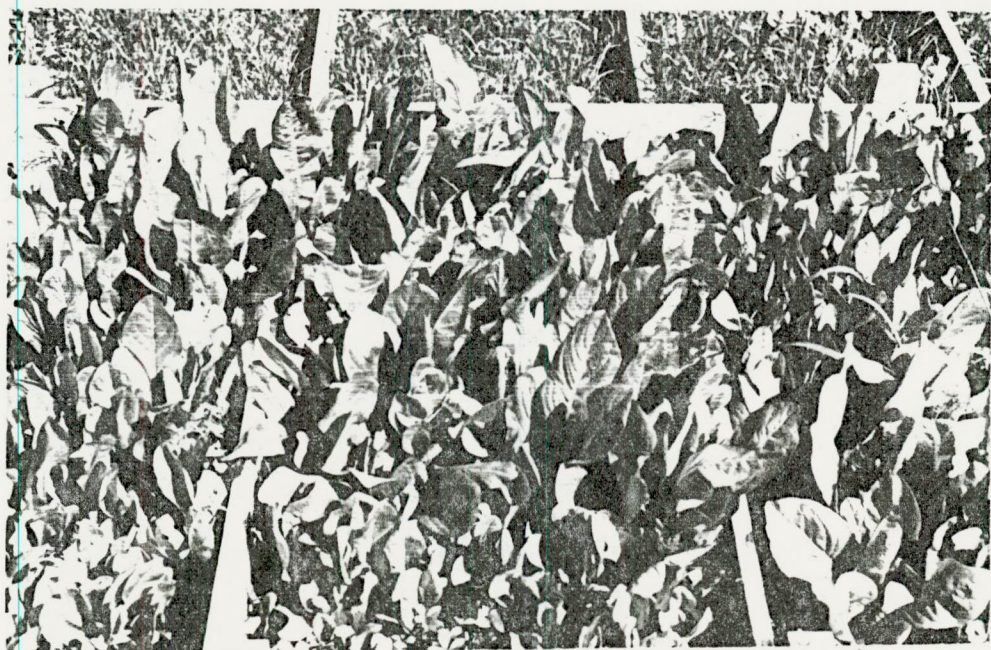
slika 40  
SK<sub>3</sub>



slika 41  
SK<sub>4</sub>



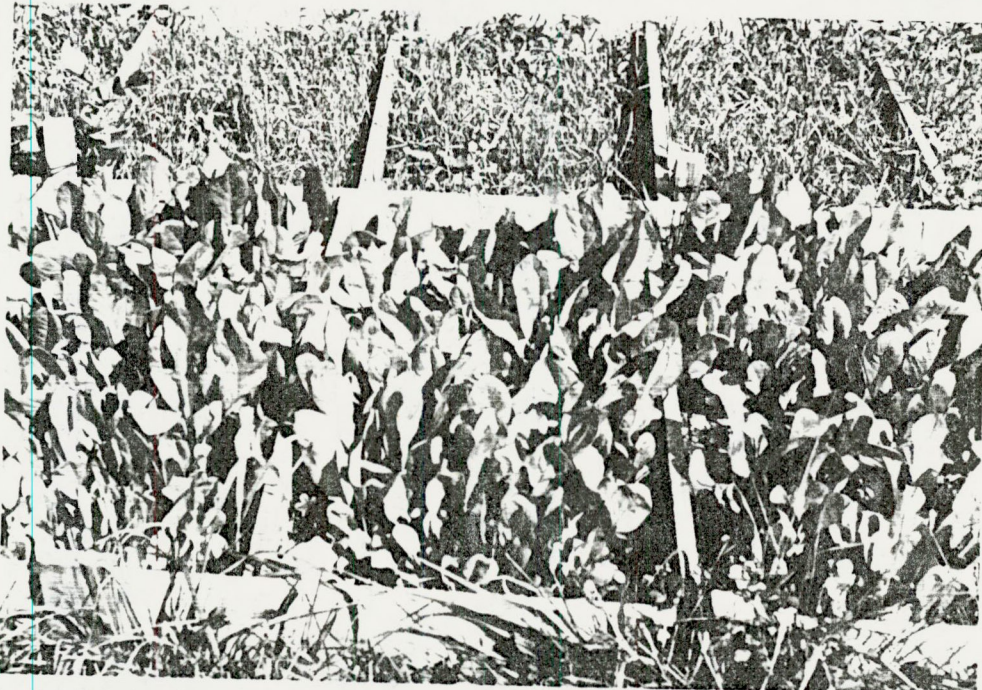
slika 42  
SK<sub>5</sub>



slika 43  
SK<sub>6</sub>



slika 44  
SL<sub>7</sub>



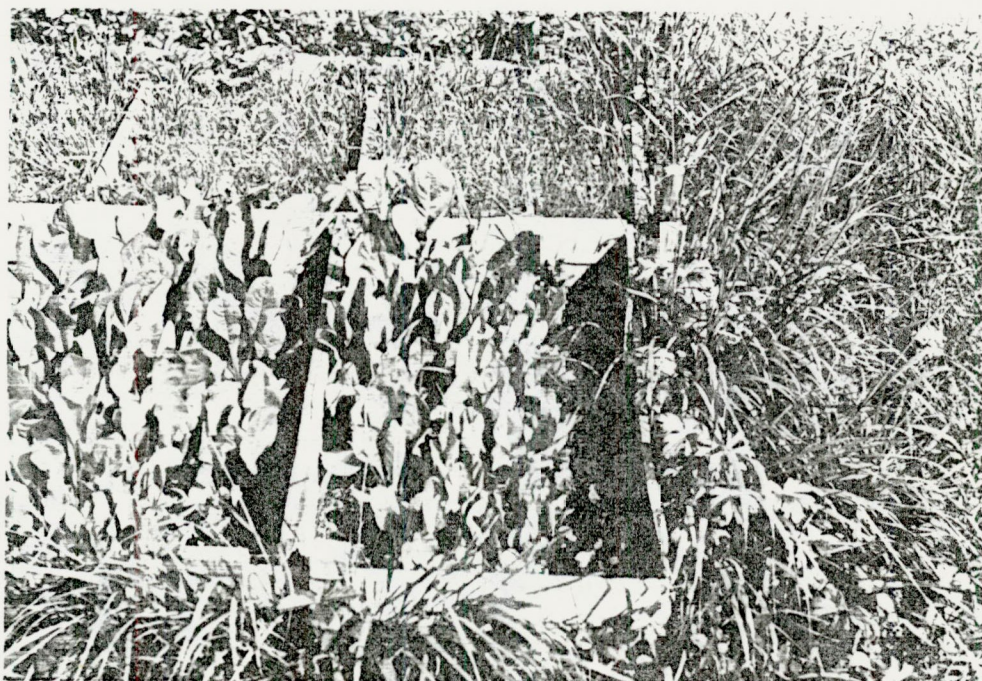
slika 45  
K<sub>1</sub>



slika 46  
K<sub>2</sub>



slika 47  
K<sub>3</sub>



slika 48  
vrtna prst

Preizkus mikrobiološke aktivnosti poskusnih kompostov

Bredi julija 1978 smo v poskusne kupe  $K_1$ ,  $K_2$  in  $K_3$  50 cm globoko vložili liste nebeljene bukove celuloze, beljene bukove celuloze in bombaža. Listi so bili veliki 15 x 15 cm. V laboratoriju pa smo pripravili enak poskus in to v epruveta. Vneli smo zgoraj omenjene vzorce kompostov in vrtno prst. V epruvete smo vložili trakove teh celuloz in bombaža. Želeli smo opazovati razkroj celuloze oz. bombaža. Po treh mesecih so listi zunaj v kupih popolnoma prepereli in to v vseh treh kupih. V epruvetah pa nismo opazili kakšnega večjega razkroja. Precej sta razpadla samo trakova iz nebeljene celuloze, vložene v vrtno prst in vzorec  $K_3$ . Kot lahko sodimo po tem poskusu je aktivnost v kupih zunaj veliko večja kot v epruvetah v laboratoriju.

## Z A K L J U Č E K

Če ob koncu primerjamo rezultate poskusov kompostiranja bukovke skorje, se moramo opredeliti na razdobja, v katerih smo izvršili analize, tako kemijske kakor tudi testiranje uporabnosti. Če v začetku moramo poudariti, da so bile vrednosti na fitotronu izdelane na poskusnih kompostih, ki so bili postavljeni v Tovarni celuloze in papirja Djuro Salaj v Krškem leta 1975, pri katerih smo dodajali različne hranilne kemikalije. Pri samih kemijskih analizah smo videli, da se kemizem ni dosti spreminjal. Uporabna vrednost teh kompostov je razvidna iz priloge Agronomske fakultete. Omeniti je treba, da so vrednosti s fitotrona in vrednosti, ki smo jih dobili iz ostalih kompostov, časovno sovpadale. Pri sami praktični uporabi smo opazili, da so bili komposti, ki smo jih pripravili v Krškem, celo toksični. To nam je dalo misliti, da je zorenje kompostov dolg proces in če hočemo razviti tehnološki postopek za prcizvodnjo kompostov, je potrebno dodajati določene mikroorganizme za hitrejšo pretvorbo. Tako smo pri nadaljnjih poskusih kompostiranja, ki smo jih pripravili julija 1977, dodali prve dodatke malih količin mešanega cepiva, ki so ga pripravili na Tehnološkem fakultetu u Zagrebu. Prav tako smo dodali mešano cepivo pri poskusih kompostiranja v zimskem času. V teh poskusih je bila izvršena na eni strani primerjava med dodatkom hranil v obliki N, dodatkom cepiva in hranil ter brez dodatkov, na drugi strani pa smo zasledovali časovni potek kompostiranja. Pri kemijskih analizah smo opazili, da so komposti hitreje dozorevali tam, kjer je bilo dodano cepivo, čeprav so bili v cepivu mikroorganizmi za razkroj sulfitne lužnice, ne pa za razkroj neobdelane skorje. Po naših podatkih glede vsebnosti in topnosti ligninske substance ter glede na UV absorpcijske spektre alkalnih ekstraktov poskusnih kompostov, se vidi njihov močan vpliv na razgradnjo lignina in holocelulozo. Iz poskusov testiranja uporabnosti kompostov vidimo, da se

določena obdobja, ko so komposti bolj toksični kot pa uporabni. Vzroki ležijo v tem, da pride do razkroja ligninske substance v fenolne oblike, ki so za določene rastline toksične. Govorimo lahko o nezrelih kompostih. Ta pojav smo opazili pri naših poskusih z okrasnimi rastlinami, medtem ko je bil pozitiven rezultat dobljen pri radiču.

Glede na postavljeni cilj naloge, ki je bil iz odpadnih drevesnih skorij, ki jih imajo na eni strani celulozne tovarne, na drugi strani gozdna gospodarstva in lesno-predelovalni obrati, dobiti huminsko substance, ki bi bila osnova za organsko gnojilo, smo izvršili vrsto poskusov in analiz, ki smo jih opisali v tej nalogi. Prišli smo do zaključka, da je potrebno, če hočemo dobiti take produkte, izhajati iz zelo finega materiala, dodajati moramo hranilne substance v obliki dušika. Razen tega moramo dodajati mikroorganizme s predpostavko, da se izselektira tista vrsta, ki bi v najkrajšem času dosegla svoj maksimum. Na koncu lahko rečemo, da smo z vsemi temi poskusi dobili osnovni vpogled na tisto, kar je nujno potrebno pri kompostiranju, to je čas, temperatura in razni dodatki. Naloga nujno zahteva novo nalogo, ki bo šla v to smer.

Vodja naloge:

*Mirjana Oblak-Rainer*  
Mirjana Oblak-Rainer, dipl.ing.



Direktor:

*Božo Iglič*  
Božo Iglič, dipl.ing.

Sodelavci:

Boris Lipič, dipl.ing.  
Darinka Budin, dipl.ing.  
Alenka Ivanuš, prof.biol.  
Zdenko Gasparič, dipl.ing.  
dr. Franc Lobnik, dipl.ing.agr.  
Tone Vidrih, dipl.ing.agr.  
dr. Danimir Kerin, dipl.ing.



Literatura

1. A. Schneider, M. Baums: Wohin mit der Rinde (1970)  
DRW - Verlags - GmbH, Stuttgart
2. Utilisation of Bark  
Norsk Skogindustri No. 1 (1975) 16
3. Bark Disposal Problems  
Proc. Eucepa Conference, Rome, 15, 137-41 (1973)
4. Tree Bark - a usable commodity  
Process Biochemistry 7/8 (1976) 41-47
5. Bark Burning  
Pulp & Paper Canada 74, No.9 (1973) 98-103
6. Bark combustion  
Norsk Skogindustri 29, No.9 (1975) 220-222
7. Effective bark combustion plant  
Norsk Skogindustri 30, No. 7 (1976) 214
8. Cattle feed from wood residue  
Pulp & Paper Canada 71, No. 13 (1970) 90
9. On the utilisation of bark as a soil improver and  
substrate for plants  
Paperi ja puu No. 5 (1967) 349
10. The utilisation of bark as soil conditioner and fertilizer  
Svensk Papperstidning No. 1 (1973) 33
11. Composting of bark and use of bark products for plant  
cultivation in Finland and Sweden  
Norsk Skogindustri 25, No.9 (1971) 258
12. Preliminary estimates of bark percentages and chemical  
elements in complete trees of eight species  
Forest Products Journal 21, No.5 (1971) 56
13. Chemical Composition of bark of spruce, birch and linden  
Lesovedenie No. 6 (1971) 71-4
14. Sarkanen, Ludwig: Lignins-Occurence, formation, structure  
and reactions (1971) 770-795
15. Pfeiffer E.E.: Anleitung für die Kompostfabrikation aus  
städtischen und industriellen Abfällen  
Gustav Fischer Verlag, Stuttgart (1957)
16. Principles of compost preparation from organic  
industrial wastes  
Przeglad Papierniczy No. 7 (1973) 257-260

17. Die Verwertung von Rinden und Abfallholz  
Das Papier No. 7 (1970) 439
18. C.G.GOLUEKE: Composting, a Study of the Process and  
its Principles  
Emmaus/Penns., Rodale Press Inc. (1975) 110
19. A Review of Composting - part 1, 2, 3  
Process Biochemistry, June 1971, 32 - 36  
October 1971, 22 - 28  
October 1973, 10 - 30
20. On the decomposition of waste in pulp and paper industry  
Das Papier 70, No.7 (1975) 303-312
21. Different bark qualities and their uses in plant cultivation  
Norsk Skogindustri No. 2 (1975) 41-42
22. Production of composts from softwood lumber mill wastes  
Compost Science 14, No. 2 (1973) 5 - 7
23. Utilisation of spruce bark in agriculture  
Papir a celuloza No. 11 (1965) 281
24. Composting of hardwood bark  
Compost Science 16, No. 4 (1975) 12 - 15
25. Utilisation of barking waste in pulp and paper mills  
by producing organic fertilizers  
Przeglad Papierniczy No. 2 (1972) 67
26. Effect of nitrogen and composting on decomposition of  
barks from hardwood species  
Forest Products Journal 24, No. 7 (1974) 54-56
27. R.G.H. Siu: Mikrobial Decomposition of Cellulose  
Reinhold Publishing Corp. (1951) 204
28. Composting Bark from Pulp Mills and the use of Bark  
Compost as a substrate for Plant Breeding, part. 1  
Compost Science 17, No. 4 (1976) 6 - 9
29. Izučenie produktov razloženia kori v procese komposti-  
rovania  
Agrohimiya No. 1 (1975) 122-128
30. Composting of Bark from Pulp Mills and the use of Bark  
Compost as a substrate for Plant Breeding, Part 2  
The effect of physical parameters on the composting rate  
of bark. Growth experiments with bark compost  
Compost Science 17, No. 5 (1976) 18 -20
31. Bark as a soil conditioner  
Norsk Skogindustri No.3 (1969) 82
32. Pulp and Paper mill sludge disposal  
TAPPI Environmental conference (1973) 27-49

33. Pulp and paper mill sludge disposal and crop production  
TAPPI 56 , No. 11: 140-4 (1973)
34. M. Bara, W.Grochowski, R. Ostalski  
Poljski patent No. 75426, 13. sept. 1973
35. Influenza dei funghi nei processi di umificazione I.  
Allionia 16 (1970) 91-99
36. isto II. del  
Allionia 17 (1971) 59-74
37. isto III. del  
Allionia 18 (1972) 117-128
38. Bark Degradation by *Aspergillus fumigatus*, Growth Studies,  
Can. Journal Microbiol. 20 (1974) 283-298
39. Decomposition of lignin by white-rot fungi. part I.  
Holzforschung 28, No.6 (1974) 217-222
40. Decomposition of lignin by white-rot fungi, part II.  
Holzforschung 29, No. 2 (1975) 56-64
41. High rate winter composting of broiler manure  
Can. Agr. Eng. 13 (2) 60-64 (1971)
42. A hardwood bark - sawdust compost for greenhouse pot  
flower production  
Forest Products Journal 22, No. 1 (1972) 36-39
43. Bark compost - a good ground for ornamental plant culti=  
vation  
Przeglad Papierniczy No. 6 (1972) 192-193
44. Hardwood bark - amended soil as a potting medium for  
container - grown chrysanthemums  
Forest Products Journal 23. No. 1 (1973) 43-46
45. A survey of the utilisation of bark as fertilizer and soil  
conditioner  
Pulp and Paper Canada 71, No. 23/24 (1970) 53-56
46. Options for the use and disposal of bark, Pulp and Paper  
Canada 77, No. 3 (1976) 45-49
47. Barkwastes turn profit in Poland  
World wood 16, No. 13 (1975) 24
48. Kompostierung der Entrindungsabfälle in Zellstoff und  
Papier - fabriken Pollens  
Wochenblatt für Papierfabrikation No.8 (1976) 286-288
49. Composting of bark with special regard to austrian circum=  
stances für Papierfabrikation  
Wochenblatt/106, No. 10 (1978) 363-366
50. Utilisation of *Pinus radiata* bark  
APPITA 31, No. 4 (1978) 275-279

51. Horticultural uses of bark - a review of current research  
TAPPI 61, No.7 (1978) 83-86
52. Phenolic Compounds of bark - Khimija Prirodnikh Soedinenii  
No. 6 (1974) 807-808
53. Polyphenolic Extractives of pinus radiata bark  
Holzforschung 31, No.1 (1977) 20-25
54. Isolation and characterisation of several extractives in  
the bark and wood of sweetgum,  
Holzforschung 31, No.1 (1977) 25-31
55. Changes in the chemical components of beech and spruce  
bark during degradation by microorganismus  
Holzforschung 30, No.6 (1976) 202-211
56. Chemische Umsetzungen in Entrindungs-abfällen während  
der Compostrotte  
Arch.Forstwes. 13, No.5 (1969) 473-492
57. Chemical and biological properties of humic substances  
formed during transformations of cellulose  
Pamiętnik Pulawski 36 (1969) 51-50
58. Uporaba in uporabnost smrekovega-jelovega lubja  
Les 7/8 (1976) 127-133
59. Probleme und Tendenzen bei der Verwertung von Rinde, I.  
Zellstoff und Papier 27, Nr.4 (1973) 154-158
60. Humus Burgo 30 - novo prirodno organsko đubrivo od kore  
topole  
Topola XVII, maj-avgust (1973) 31.
61. Priručnik za ispitivanje zemljišta. Hemijske metode  
ispitivanja zemljišta (1966)
62. Metode kemičnih analiz zemelj, gnojil, krmil  
Kmetijski inštitut (1957)
63. Dörr: Methodenbuch II - Düngemitteluntersuchung,  
Bestimmung und Bewertung der Organischen Substanz
64. Erdverrottungstest. Arigal C. Ciba, Basel (1965)
65. Ban, Glanser: selekcija, adaptacija i determinacija  
nješovite kulture mikroorganizama i mogućnost razgradnje  
kore drveta u cilju dobivanja humusnog komposta (1976)
66. Investigations on lignins and lignification, Holzforschung  
20, No.5 (1966) 142-147
67. Browning: Methods of Wood Chemistry (1967), 233, 762
68. Isolation and Properties of Dispersants from West.  
Hemlock Bark  
Forest Products Journal 15 (1965) 485-491)

69. A.D.Mc. Laren, G.H.Peterson: Soil Biochemistry (1967)  
A.D.Mc. Laren, J.Skujins: Soil Biochemistry (1971), vol. 2
70. Goldschmid: Anal. Chem. 26 (1954) 1421
71. Cellulose Chem. and Technology No. 4 (1970) 209-221  
Spectrophotometric study of different lignin types
72. Untersuchungen über die Kohlenhydrate der Rinden  
einheimischen Holzarten  
Holzforschung 32, No.2 (1978), 60

<u>Vsebina</u>	<u>Stran</u>
Uvod	1
Ekperimentalni del	13
Priprava poskusnih kupov z različnimi dodatki kemikalij	13
Poskusi kompostiranja v laboratorijskem merilu z dodatki mikroorganizmov	44
Poskusi kompostiranja v večjem merilu z dodatki mikroorganizmov v letnem in zimskem času	52
Spremljanje razgradnje bukove skorje	61
A. Kemijske spremembe	62
B. Testiranje uporabnosti dobljenih kompostov	93
Zaključek	100
Literatura	102
Priloga: Uporabnost odpadnih snovi papirne industrije za rastlinsko proizvodnjo	

UNIVERZA V LJUBLJANI ,Biotehniška fakulteta

VTOZD AGRONOMIJA

UPORABNOST ODPADNIH SNOVI PAPIRNE INDUSTRIJE ZA  
RASTLINSKO PROIZVODNJO

dr. Franc Lobnik<sup>+</sup> in Tone Vidrih<sup>+</sup>

Ljubljana 1978

+ dipl. ing.agr., asistent ,BTF UL, Jamnikarjeva 101  
61000 Ljubljana

## Kakovost kompostov iz lubja

### Izvešek

Raziskovana je bila kakovost kompostov pripravljenih iz lubja (bukovega) in nekaterih hranil, predvsem uree kot vira dušika. Komposti so bili mešani z zemljo v utežnem razmerju 1 : 10 (nizek odmerek) in 1 : 2,5 (visok odmerek). Poskus je bil lončni, izveden v fitotronu, testna rastlina pa pasja trava (*Dactylis glomerata*). V 172 dneh rasti smo poganjke porezali štirikrat. Kompost pripravljen z dodatkom 70 kg uree na 10 m<sup>3</sup> lubja je bil najboljši, nekoliko slabši pa kompost z 20 kg uree na 10 m<sup>3</sup> lubja. Pri nizkem odmerku komposta so vse kombinacije dale višji pridelek suhe snovi kot kontrola, pri visokem odmerku pa ne.

Mešanice tal s komposti in rastlinski materiali so bili analizirani na vsebnost hranil. V nekaterih kompostih je bilo dodatkov preveč in so neugodno vplivali na pridelek in razmerje hranil v talnih mešanicah in rastlinah.



## Synopsis

### Bark compost quality

The quality of composted beech bark with some additives such as urea as source of nitrogen was investigated in pot experiment. Composts were mixed with the soil on weight basis in ratio 1 : 10 (low dose) and 1 : 2,5 (high dose). The experiment was conducted in growth chamber with orchardgrass (*Dactylis glomerata*). In 172 days the grass was cut four times. Compost prepared with 70 kg uree/m<sup>3</sup> of bark, was best and compost with 20 kg urea give just little smaller yield of dry matter. At low dose all composts were better than control, but at high dose were not.

The soil-compost mixtures and plant material were analysed. Some of composts were too rich on additives which lowered yield of orchardgrass.

## 1. UVOD

V poročilu inštituta za celulozo in papir so obširno prikazane dosedanje ratiskave o možnostih uporabe lubja. Zaradi vse večjih obratov lesno predelovalne industrije se pojavlja potreba po stalnem odstranjevanju lubja s kraja predelave lesa. Že sam podatek 100.000 letno odpadnega materiala (Djuro Salaj Krško) nam pove, da predstavlja lubje predvsem strošek za tovarno.

Vsi "ekonomični" načini izkoriščanja lubja (proizvodnja energije, plošč, aktivnega oglja) so navadno ekonomični le krajši čas ali v omejenem obsegu. Zato morajo potekati raziskave o uporabi lubja v smeri trajnejših rešitev, teh pa brez sodelležbe t a l kot največjega porabnika (razkrojevalca, sežigalca) organske snovi ne bomo našli.

Težko pa je pričakovati, da bo porovno vključevanje lubja v naravni krogotok (recycling) ekonomski način izkoriščanja odpadnega materiala s stališča predelovalne industrije. Tudi hlevski gnoj je odpadni material na kmečkih gospodarstvih in gnojenje z njim je zelo neekonomično (stroški za steljo, prevoz, trošenje in zaoravanje gnoja) s stališča enoletne proizvodnje. Prav tako pa vemo, da si na številnih slovenskih njivah in vrtovih ne moremo zamišljati večletne proizvodnje brez organskega gnoja.

Zato mislimo, da je nedopustno, da tako velike količine organskih snovi ostajajo neizkoriščene kot odpadni

Zato mislimo, da je nedopustno, da tako velike količine organskih snovi ostajajo neizkoriščene kot odpadni material ker ni ekonomskega načina za njihovo izkoriščanje. Dohodek od ostale proizvodnje mora pokriti tudi del stroškov, ki nastanejo s ponovnim vključevanjem odpadnega materiala v naravni krogotok. Naloga raziskav pa je proučiti tak način uporabe lubja za izboljšanje rastnih razmer tal, ki bo brez nezaželenih posledic za okolje in sprejemljiv tudi s stališča stroškov uporabe.

## 2. TEMA RAZISKOVANJA

Uporabnost različnih vrst kompostov iz bukovega lubja za izboljšanje ravnih razmer tal, smo preverjali v umetnih pogojih rasti. Kot testno rastlino smo uporabili pasjo travo (*Dactylis glomerata* L.) Ugotoviti smo želeli kateri od šestih vrst kompostov bo dal najvišji povešek pridelka suhe snovi pri enakem odmerku. Prav tako pa smo poskusili določiti že v tem prvem poskusu, kateri od izbranih kompostov bo deloval toksično na rast rastlin pri štirikratnem odmerku.

Podatki analiz o mineralni sestavi vsega rastlinskega materiala in ravnega substrata (zemlja + kompost) pa nam bi dali odgovor na vprašanje dostopnosti hranil iz kompostov, eventuelno pomanjkanje oziroma preobilico določenih elementov, ki bi se pojavilo v prehrani pasje trave. Ti podatki bodo služili za napotke ob dodajanju posameznih hranil pri nadaljni pripravi kompostov.

## 3. MATERIAL IN METODIKA

V lončni poskus je bilo vključenih šest vrst kompostov, ki so bili označeni s št. 2, 3, 5, 6, 9 in 10 (Tabela 1). Vsi komposti so bili preizkušani v dveh odmerkih mešanja z zemljo in sicer:

n i z e k (I) odmerek = 50 g komposta  
 500 g zemlje  
 250 g kremenčevega  
 peska do volumna

v i s o k (II) odmerek = 200 g komposta  
 500 g zemlje

Iri spec. teži komposta 1,58 in spec. teži zemlje 2,85 predstavlja kombinacija nizek odmerek volumsko mešanico ca 20 % komposta in 80 % zemlje, pri kombinaciji visok odmerek pa volumsko mešanico ca 50 : 50. V praksi bi to pomenilo gnojenje s 50 t/ha (odmerek I) in 200 t/ha (odmerek II) komposta, oziroma pri površinski aplikaciji predstavlja nizek odmerek 1 cm in visok odmerek 4 cm debelo plast komposta na površini zemlje.

Analiza zemlje (Tabela 2) iz topolovega nasada (Brežice) je pokazala, da so tla zelo siromašna na rastlinskih hranilih. Mineralizacija komposta je zelo počasna, tako da večjega dotoka hranil iz komposta ni mogoče pričakovati. Da pa bi bili rezultati raziskave nepristranski mora biti vrednost kompostov preverjena vsaj na srednje založenih

Tabela 1: Vrsta in količina dodatkov lubju pred kompostiranjem (kg / 10 m<sup>3</sup> lubja)

Štev. komposta	d o d a t e k
2	sečnina 20 kg + superfosfat 20 kg + apno 5 kg + humus Burgo
3	sečnina 20 kg + mikrofos 20 kg + apno 5 kg
5	NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> 26 kg + apno 10 kg
6	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HIO <sub>4</sub> 600 kg + cepivo
9	brez dodatkov
10	sečnina 70 kg

Tabela 2: Kemična sestava tal, ki so bila uporabljena v poskusu

pH H <sub>2</sub> O	= 7.92	Ca meq/100 g tal	= 26,198
KCl	= 7.38	Mg "	= 2,886
% N <sub>2</sub>	= 0,254	K "	= 0,168
% O.S.	= 6,700	Na "	= 0,286
% C	= 3,879	H "	= 1,468
C:N	= 15,2	S vrednost	= 29,538
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 mg tal	= 9,6	T "	= 31,006
K <sub>2</sub> O "	= 12,0	V%	= 95,26

tleh, da je rast rastlin normalna še na kontroli. Zato smo v vseh loncih izvršili osnovno gnojenje z NPK v obliki raztopine kompleksnega gnojila 16 : 16 : 16 in sicer: 200 mg N, 200 mg  $P_2O_5$  in 200 mg  $K_2O$  na lonec.

Kljub enoletnemu zorenju komposta je bilo C : N razmerje še vedno visoko pri nekaterih vrstah komposta. Na rodovitnih tleh je to razmerjelahko celo samo 2 : 1, zato smo dodali v shemo poskusa še dve kombinaciji pri katerih smo varirali gnojenja z dušikom. Kompostu št. 9, ki je bil pripravljen brez dodatkov in je imel razmerje C : N 32, smo pri visokem odmerku ob sačitvi poganjkov pognojili še z dušikom.

Tako je bilo obravnavano v poskusu 16 kombinacij, v štirih ponovitvah po shemi:

- komb. 1 - 12 = komposti št. 2,3,5,6,9 in 10 pri nizkem (I) in visokem (II) odmerku pomešani z zemljo + osnovno gnojenje
- komb. 13 = kontrola "0" samo zemlja brez komposta ali osnovnega gnojenja (0)
- komb. 14 = zemlja + osnovno gnojenje (brez komposta) (0gn)
- komb. 15 = kompost št. 9/II + zemlja + osnovno gnojenja + 400 mg N na lonec (9-II-N2)
- komb. 16 = kompost št. 9/II + zemlja + osnovno gnojenje + 800 mg N na lonec (9-II-N4).

Rastni substrat za poskus smo pripravili 2. septembra za vsak lonec posebej. Dne 5. 9. pa smo nabrali rastline pasje trave (*Dactylis g.*) na semenskem posevku in jih še istega dne posadili v lonce in sicer osem normalno razvitih rastlin v vsak lonec. Takoj po saditvi smo navlažili zemljo z deionizirano vodo. Tudi ves čas je bil poskus navlaževan z deionizirano vodo s pomočjo stenjev in škropjenjem.

V fititromu kjer je bil poskus izveden, je bila klima

konstantna in sicer:	temperatura	vlaga
15 ur dan (4,00 do 19,00)	25°C	60 - 70 %
9 ur noč (19,00 do 4,00)	18°C	"

Jakost osvetlitve je bila ves čas enaka in sicer 26.000 lux-ov.

#### Kemične in fizikalne analize:

Določanje pH v vodi in KCl - 10 g zračno suhih tal prelijemo z destilirano vodo v razmerju 1: 2,5. Po štiriindvajsetih urah merimo elektrometrično s pH metrom (Radiometer Copenhagen). Podobno pripravimo vzorce za merjenje v 0,1 n KCl, samo da jih namesto z destilirano vodo prelijemo z 0,1 n KCl (Jackson 1958).

Količino humusa v talnih vzorcih ugotovimo kolorimetrično (Jackson 1958). Organski snovi dodamo kalijev bikromat in koncentrirano žvepleno kislino da oksidira. Količino ogljika



oziroma procent organske snovi (Jackson 1958) določimo na osnovi intenzitete standardnih in vzorčnih raztopin. Skupen dušik(N) določimo po Kjeldahlovi metodi(Jackson 1958).

Kot katalizator uporabimo selensko mešanico.

$P_2O_5$  in  $K_2O$  sta določena po amonvanadatni metodi.

Količino izmenljivih kationov kalcija, magnezija, kalija in natrija v tleh določimo v amon acetatnem ekstraktu z reakcijo pH 7(Jackson 1958, Adams F. 1965). Ekstrakcijska raztopina nevtralnega amonijevega acetata ekvivalentno izpodrine katione ,ki so vezani na sorptivnem kompleksu tal.V izmenjavi so najbolj aktivni  $H^+$ ,  $Ca^{++}$ ,  $Mg^{++}$ ,  $K^+$  in  $Na^+$  ioni. 10 g talnega v 50 ml plastičnih posodah prelijemo z 250 ml amonijevega acetata pH 7. Kadar je izmenjalna kapaciteta nizka, uporabimo večjo količino vzorca. Po dveh urah stresanja in določenem presledku vzorce filtriramo ali centrifugiramo. Filtrat prenesemo v merilne bučke in razrečimo do oznake (H.D. Chapman 1965).

Izmenljiv vodik( $H^+$ ione) določimo po metodi Peecha z ekstrakcijsko raztopino  $BaCl_2$ -trietanolaminom pH 8.

Izmenjalno kapaciteto tal( T vrednost) določimo računsko s seštevkom vsote kovinskih kationov in vodikovih ionov.

Stopnjo nasičenosti izmenljivega dela tal z bazami(V%) je ugotovljena računsko po formuli :

$$V\% = \frac{\text{vsota kovinskih kationov}}{\text{izmenjalna kapaciteta}} \cdot 100$$

Določanje elementov v rastlinskem materialu- v lonček natehtamo 2 g rastlinskega vzorca in ga upepeljimo. Pepel prelijemo z 2 ml deionizirane  $H_2O$  in 3 ml  $HCl$  (1:1) ter izparimo do suhega. Dodamo 5 ml  $HNO_3$  in rahlo segrevamo. Kvantitativno prenesemo v 100 ml bučko in dopolnimo z deionizirano vodo do oznake. V tej raztopini določimo z atomsko absorpcijsko spektrometrijo K, Na, Ca, Mg, Fe, Cu, Mn in Zn.

Za fosfor odvzamemo 5 ml ekstrahirane raztopine in jo prenesemo v 50 ml bučko, dodamo V-M reagent in dopolnimo z  $H_2O$  do oznake. Po 15 minutah odčitamo na kolorimetru pri valovni dolžini 436 nm preko modrega filtra.

Kalcij določamo pri resonančni liniji 4226,7 Å. Atomizacijo izvršimo v plamenu bogatem z acetilenom, ki reproducira zadovoljivo občutljivost merjenja. Zaradi vpliva fosfatov, aluminijskih in silicijevih na absorpcijo kalcija dodamo stroncijev klorid, ki zadovoljivo zmanjšuje interference. Z uporabo redukcijskega plamena je za zmanjšanje interferenc uporaben tudi lantan.

Magnezij določimo pri resonančni liniji 2852,1 Å. Atomizacijo izvedemo v plamenu zraka in acetilena z dodatkom stroncija, da preprečimo interference aluminijskih in silicijevih.

Železova votla katoda emitira zelo gost spekter linij, ki ležijo blizu nekaterih linij ostalih elementov in jo včasih lahko uporabimo kot multielementarno katodo. Za merjenje

železa uporabimo najbolj občutljivi linijo  $2483,3 \text{ \AA}$ ,  
Oksidirajoč plamen zraka in acetilena pokaže zelo dobro  
absorpcijo.

Baker merimo pri  $3247,5 \text{ \AA}$ , ker je ta linija najintenzi-  
vnejša. V primeru nizkih koncentracij ali premočnega  
elektronskega šuma zvišamo tok katode. Baker lahko atomi-  
zira, zato uporabimo oksidirajoč plamen zraka in acetilena.

Mangan merimo z atomsko absorpcijo direktno, brez razrečitev,  
pri rezonančni liniji  $2794,8 \text{ \AA}$ . Reža (slit) mora biti zelo  
ozka, da ne pride do motenj naslednje linije  $2901,1 \text{ \AA}$ , ki  
nam lahko povzroči ukričljeno standardne premice. Plamen zra-  
ka in acetilena mora biti oksidirajoč, žarek pa usmerjen v  
nižji bazalni del plamena, kjer je na tem mestu koncentracija  
atmov najvišja.

Cink. Zelo ugodna za merjenje cinka z atomsko absorpcijo  
je spektralna linija  $2138,6 \text{ \AA}$ . Uporabimo oksidirajoč pla-  
men zraka in acetilena z nekoliko nižjim pritiskom plinov.

#### 4. REZULTATI

Iosajene rastline pasje trave so se zelo kmalu ukore -  
 ninile in prižele rasti. Štirinajst dni po saditvi smo  
 lahko že opazili razlike med kombinacijami v višini pri-  
 rasti listov. Najslabše so rastli poganjki v tistih  
 loncih kjer ni bil dodan niti kompost niti osnovno gno-  
 jenje s fosforom, kalijem in dušikom ("0"). Nekoliko  
 boljša je bila kombinacija zemlja + os. gnojenje (Ogn)  
 Rastline na kombinacijah, kjer je bil dodan kompost so  
 že v kratkem času prirastle bolje kot rastline na "0"  
 ali "Ogn". Najbujnejši so bili poganjki kombinacije  
 2/II, 3/II, 10/I in 10/II.

Nekoliko pozneje so prižele zaostajati v rasti rastline  
 kombinacije 9/II/N2 in 9/II/N4, tako da so bile celo  
 slabše kot kontrola "0".

##### 4.1. I r i d e l e k

Za oceno kakovosti kompostov iz lubja je brez dvoma  
 pomembnejši končni pridelek (enkratni ali skupni)  
 suhe snovi, ki ga lahko dobimo z določeno vrsto rastlin.  
 Iri travah, ki imajo lastnost, da po košnji ponovno  
 prirastejo (Slika 1) pa lahko ugotavljamo tudi vmesne  
 pridelke in tako dobimo popolnejšo sliko o časovnem poteku  
 vpliva rastišča na pridelek. Zato bomo tudi najprej

Tabela 3: Skupni pridelek (g suhe snovi / lonec)

50 g komposta / lonec (nizek odmerek)					
kompost štev.	k o s t j a				skupaj
	1	2	3	4	
0	1,40	0,75	0,36	0,59	3,09
0gn	1,64	0,94	0,88	1,21	4,67
9	2,46	1,90	2,08	2,66	9,10
10	2,55	2,21	1,96	3,05	9,77
2	1,97	1,76	1,48	1,58	6,78
3	2,21	1,78	1,61	3,42	9,14
5	2,37	1,49	1,53	2,43	7,83
6	1,89	1,56	1,41	2,15	7,02
200 g komposta / lonec (visok odmerek)					
9	2,87	1,86	1,94	2,38	9,05
10	2,61	2,46	2,73	3,92	11,73
2	3,63	2,46	1,95	2,32	10,37
3	3,15	2,36	2,31	3,29	11,72
5	2,41	1,53	1,49	2,04	7,46
6	1,08	0,31	0,10	0	1,49
9N2	1,32	1,09	1,25	3,71	7,12
9N4	0,55	0,25	0,54	0,74	2,07

LSD = 1,44 g suhe snovi



Slika: 1



Slika: 2

predstavili ugotovljene rezultate o pridelkih po posameznih rezeh, nato pa postavili določene zaključke na osnovi skupnega pridelka.

**P r v e r e z** (14. oktober)

loganjki so zrasli v 39 dneh 50 - 70 cm visoko in smo jih morali porezati, ker so zgornji listi preveč zasenčevali nižje na bujnejših kombinacijah, zmanjšala bi se intenzivnost fotosinteze spodnjih listov in prirast rastlin (Slika 2). zato bi izginile razlike med kombinacijami, ki so nastale zaradi dodatka različnih vrst kompostov. Podatki o pridelkih prve rezi so v tabeli 3 in prilogi 1.

Najvišji pridelek (3,6 g / lonec) smo ugotovili na kombinaciji 2/II (kompost št. 2, odmerek visok), najnižjega (1,03 g/lonec) pa pri 6/II (podatke o pridelkih kombinacij 9N2 in 9N4 bomo komentirali v diskusiji). Izračun analize varijanse je pokazal, da so razlike med kombinacijami značilne (Priloga 1) in da so vsi komposti, razen komposta št. 6, dali večji pridelek suhe snovi kot kombinacija "Ogr", ki je bila nekoliko boljše kot kontrola "0".

V vseh primerih kjer je gnojenje s kompostom vplivalo na boljšo rast rastlin je visok odmerek komposta dal še nekoliko večji prirast pridelka. Najbolj učinkovit je

bil visok odmerek komposta št. 2 in 3. Visok odmerek komposta št. 10 in 5 ni bil značilno boljši od nizkega, medtem ko je visok odmerek komposta št. 6 dal celo nižji pridelek suhe snovi kot nizek odmerek. Zaradi lažje primerjave vpliva posameznih kompostov na pridelek smo izdelali histogram pridelkov suhe snovi (Histogram 1). Ne glede na višino odmerka je bil kompost št. 6 najslabši, nekoliko boljši pa št. 5.

#### D r u g a r e z (17.november)

Za drugo rez so poganjki priraščali 34 dni. Pri vseh kombinacijah smo ugotovili manjše pridelke kot pri prvi rezi. Kompost št. 10 je dal pri nizkem odmerku najvišji pridelek, pri visokem pa je dal enako kot kombinacija 2/II (Tabela 3). Depresivno delovanje visokega odmerka komposta št. 6 na pridelek je bilo zelo izrazito (Slika 3). Prav tako je visok odmerek komposta št. 9 vplival negativno (Hist.2) na pridelek suhe snovi. Toda, pri kompostu št. 2 in 3 je visok odmerek dal višji pridelek kot nizek in precej višji kot "Ogn" (Sl.4). Najvišji pridelek v drugi rezi smo dosegli s kompostom št. 10.

Nizki pridelki kontrole "O" in "Ogn" (Slika 5) kažejo na to, da je bil del razpoložljivih hranil že porabljen za rast rastlin do prve rezi.



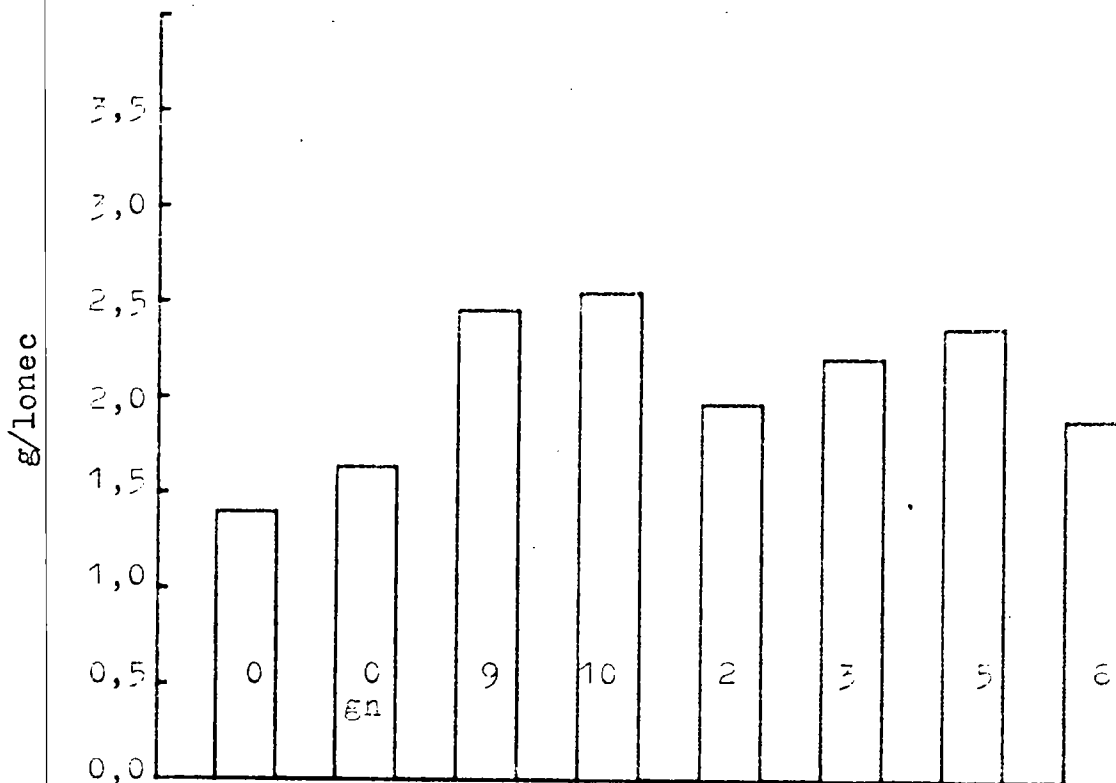
Histogram 1:

PRIDELEK SUME SNOVI

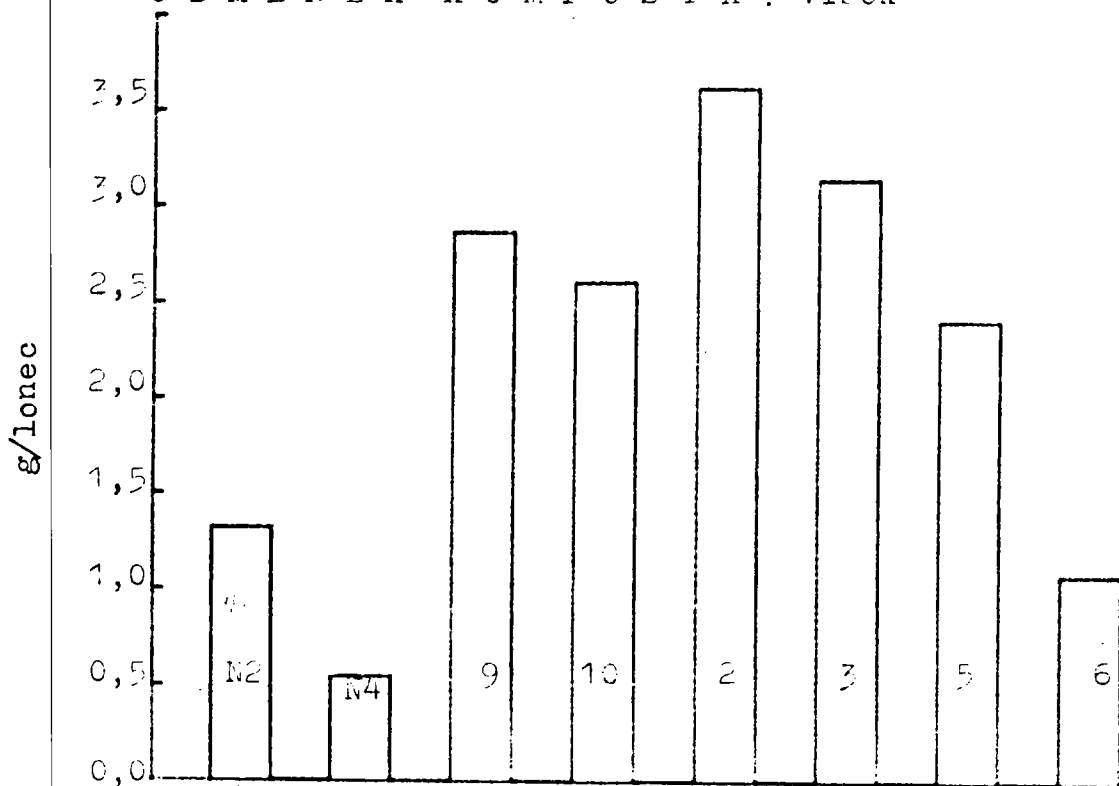
REZ

ODMEREK KOMPOSTA : prva

: nizek

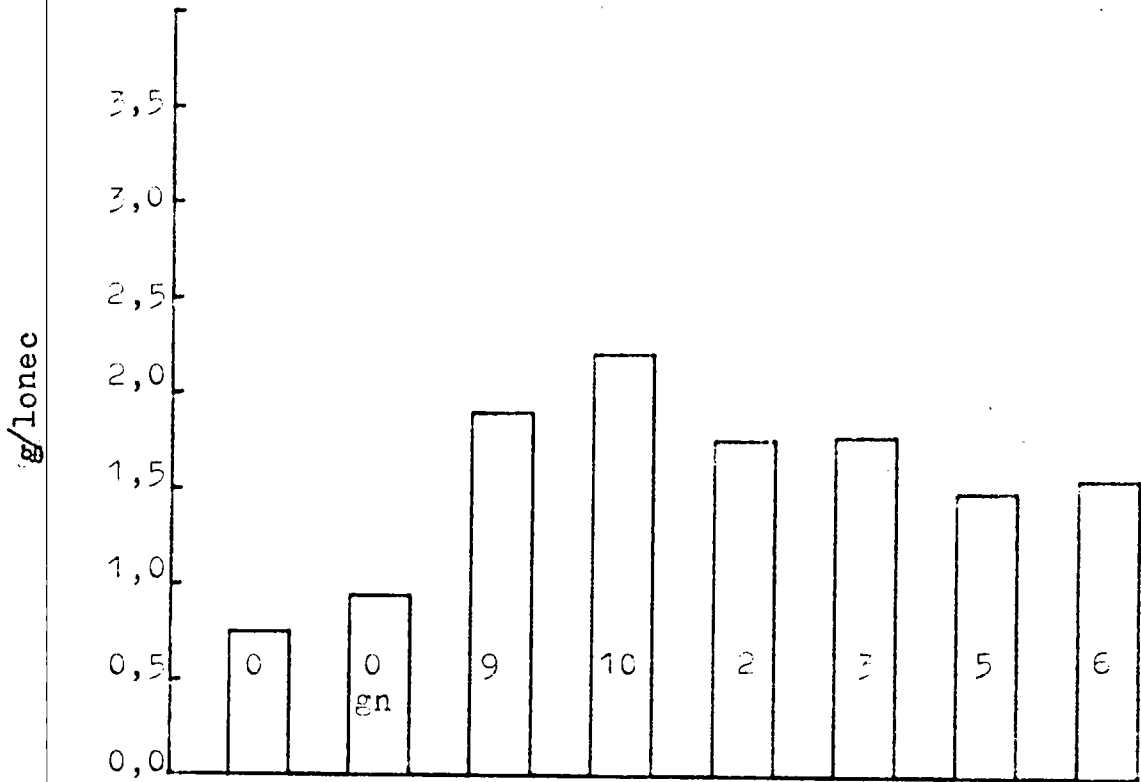


ODMEREK KOMPOSTA : visok

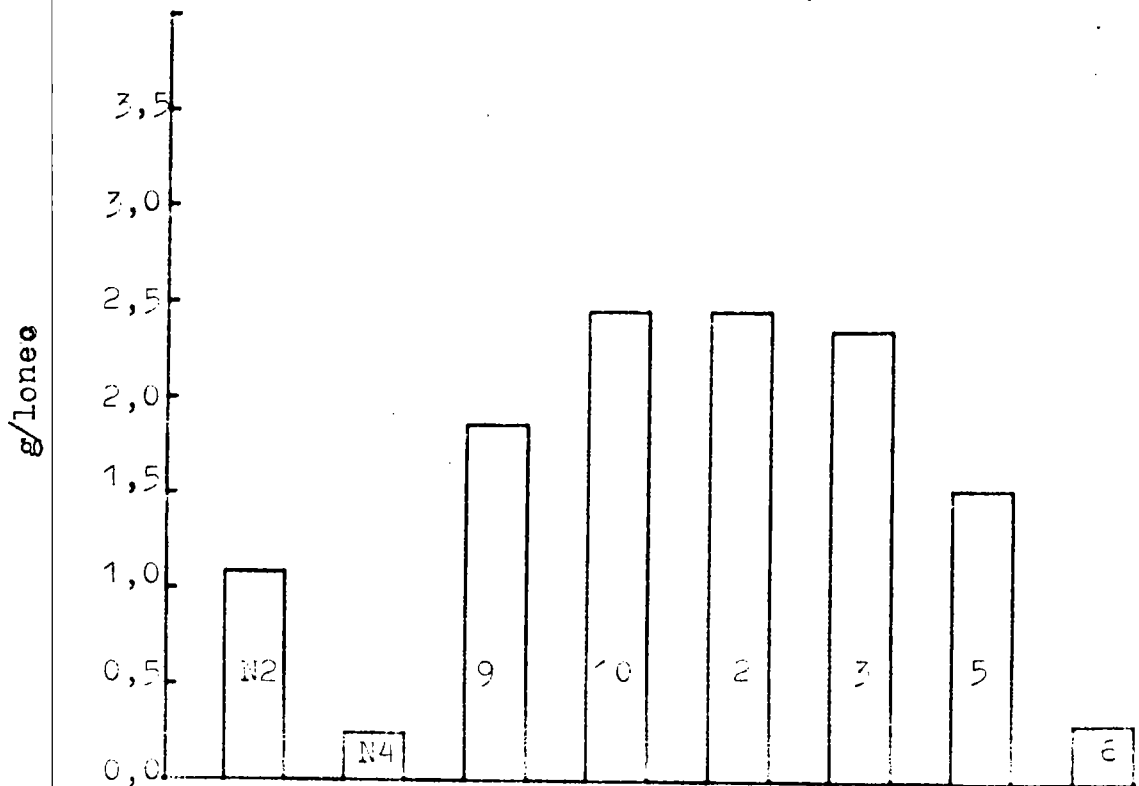


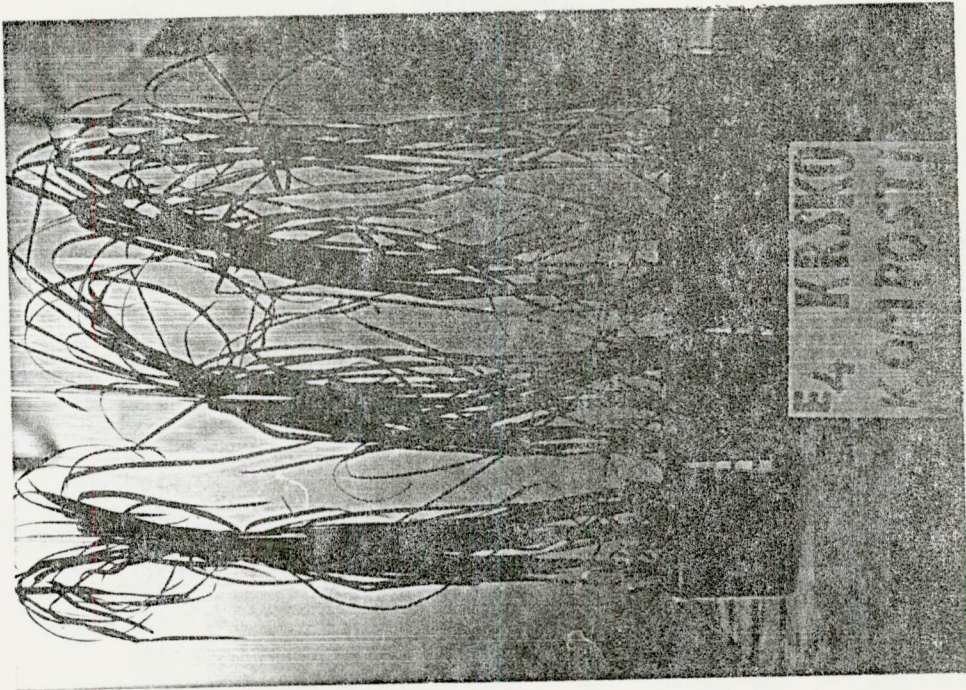
Histogram 2:

PRIDELEK SUHE SNOVI  
 REZ : druga  
 ODMEREK KOMPOSTA : nizek

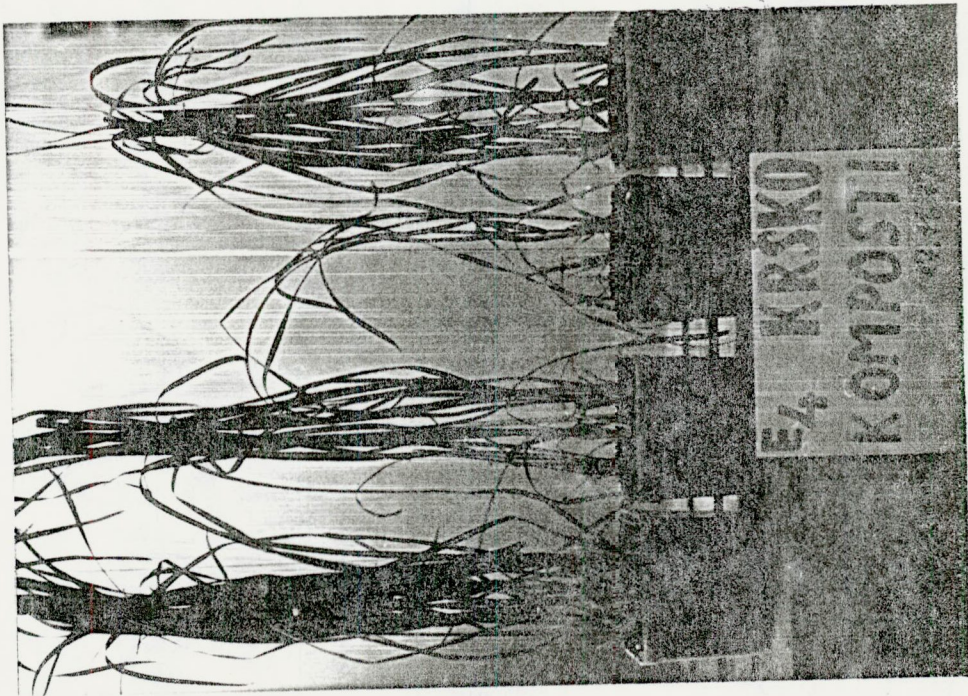


ODMEREK KOMPOSTA : visok





Slika: 4



Slika: 3

## T r e t j a r e z (27.december)

40 dni pa so rastline rastle za tretjo rez. S kompostom št. 10/II je bil dosežen najvišji pridelek, sledi mu kompost št. 3/II ( Slika 6 ). Najmanj pridelka je bilo na kombinaciji 6/II, kjer je velik del poganjkov že odmrli. Tudi pri 6/I je bil pridelek nizek, enako pri 5, kjer je bil nizek odmerek boljši kot visok. Negativni vpliv visokega odmerka komposta št. 9 je bil še izrazitejši kot v prejšnji rezi (Tabela 3).

## Č e t r t a r e z (24.februar)

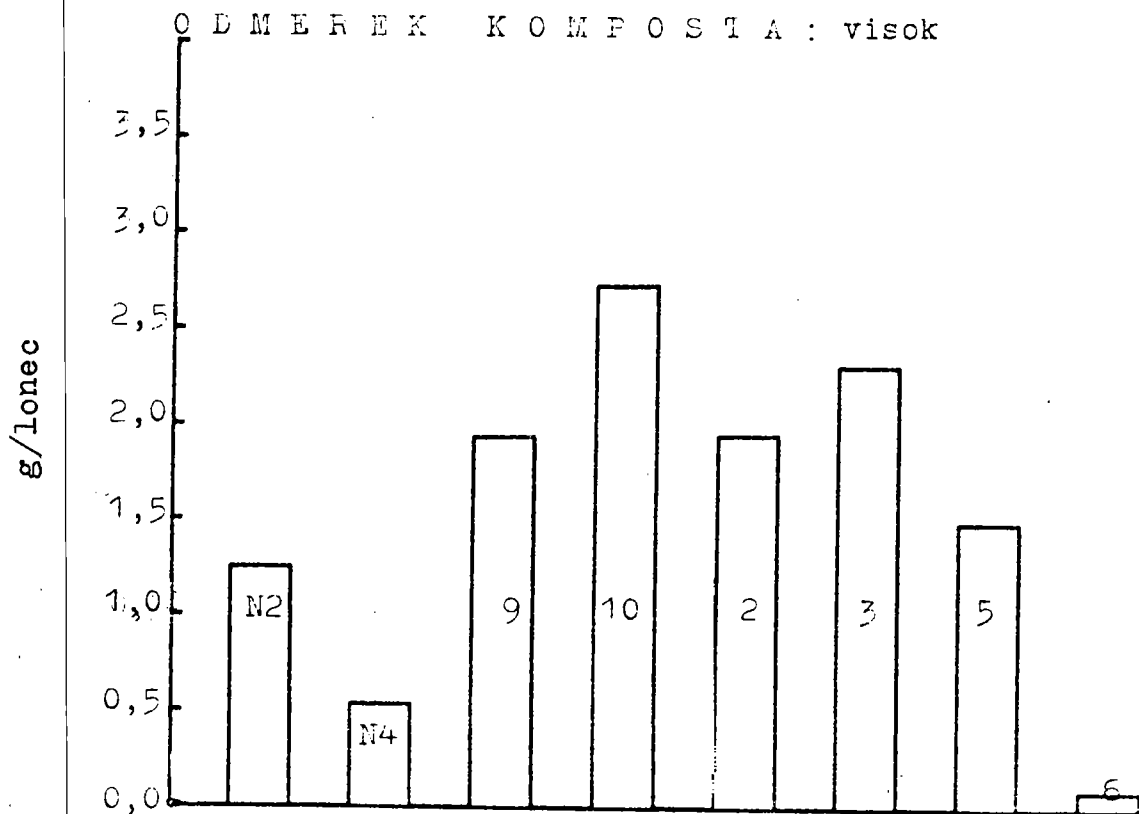
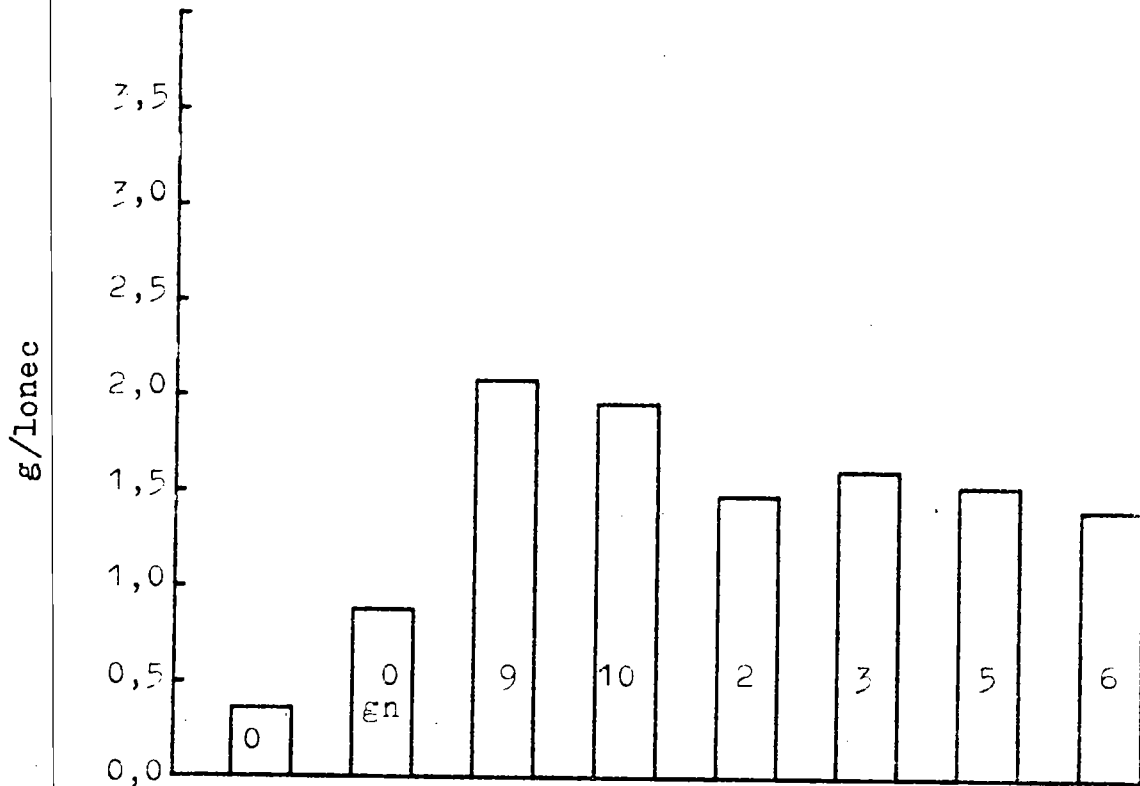
Cetrto rez smo opravili šele 59 dni po tretji rezi. Iz podatkov v tabeli 3 lahko vidimo, da je bil tudi tokrat najboljši kompost št. 10/II. Nekoliko slabša je bila kombinacija 3/II. V obeh primerih je dal tudi nizek odmerek komposta visok pridelek suhe snovi (Histogram 4). Enako kot smo ugotovili za prejšnje rezi je najbolj depresivno vplival na rast visok odmerek komposta št.6; vsi poganjki so odmrli. Tudi kombinacija 5/II je bila slabša kot 5/I. Isto velja tudi za kompost št. 9.

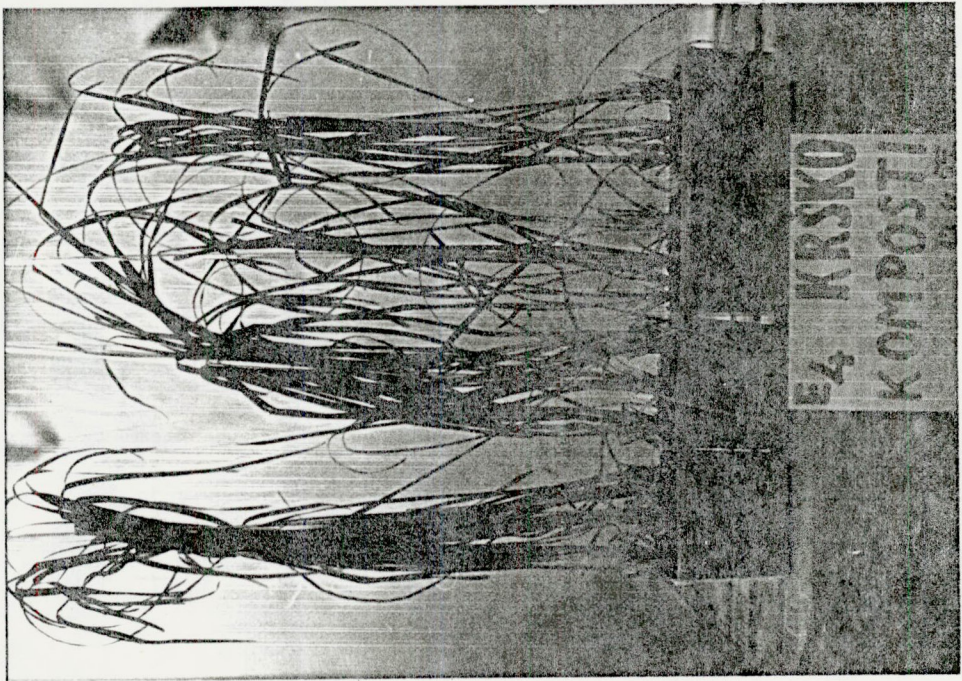
## S k u p n i p r i d e l e k

Visok odmerek komposta št.10 je dal najvišji skupni pridelek (11,7g/lonec). Enak pridelek smo ugotovili tudi pri kombinaciji 3/II in nekoliko manjši pri 2/II.

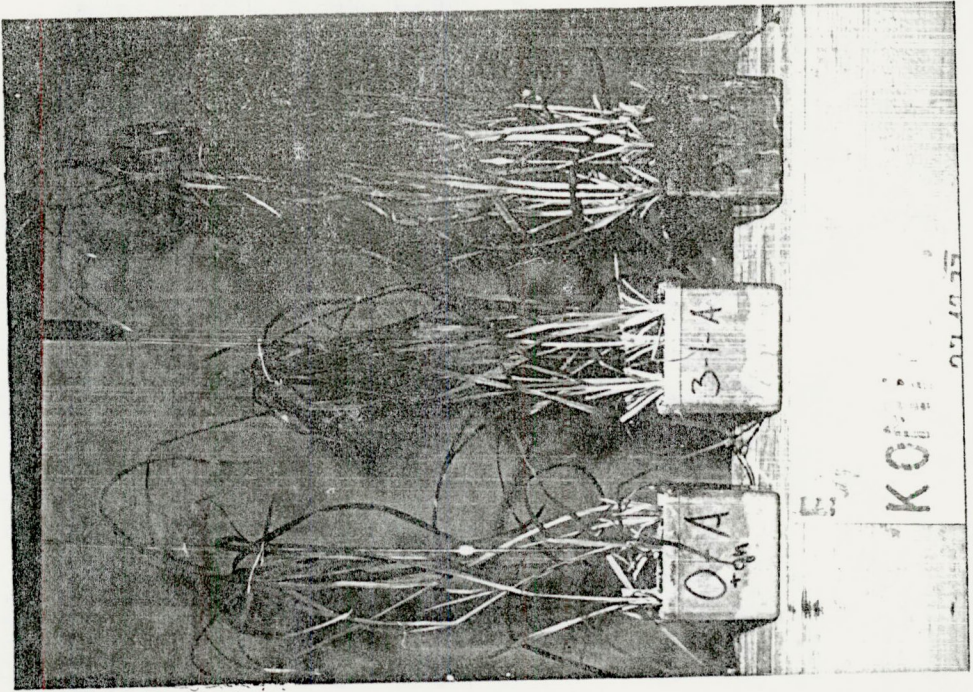
Histogram 3:

PRIDELEK SUHE SNOVI  
 REZ : tretja  
 ODMEREK KOMPOSTA : nizek





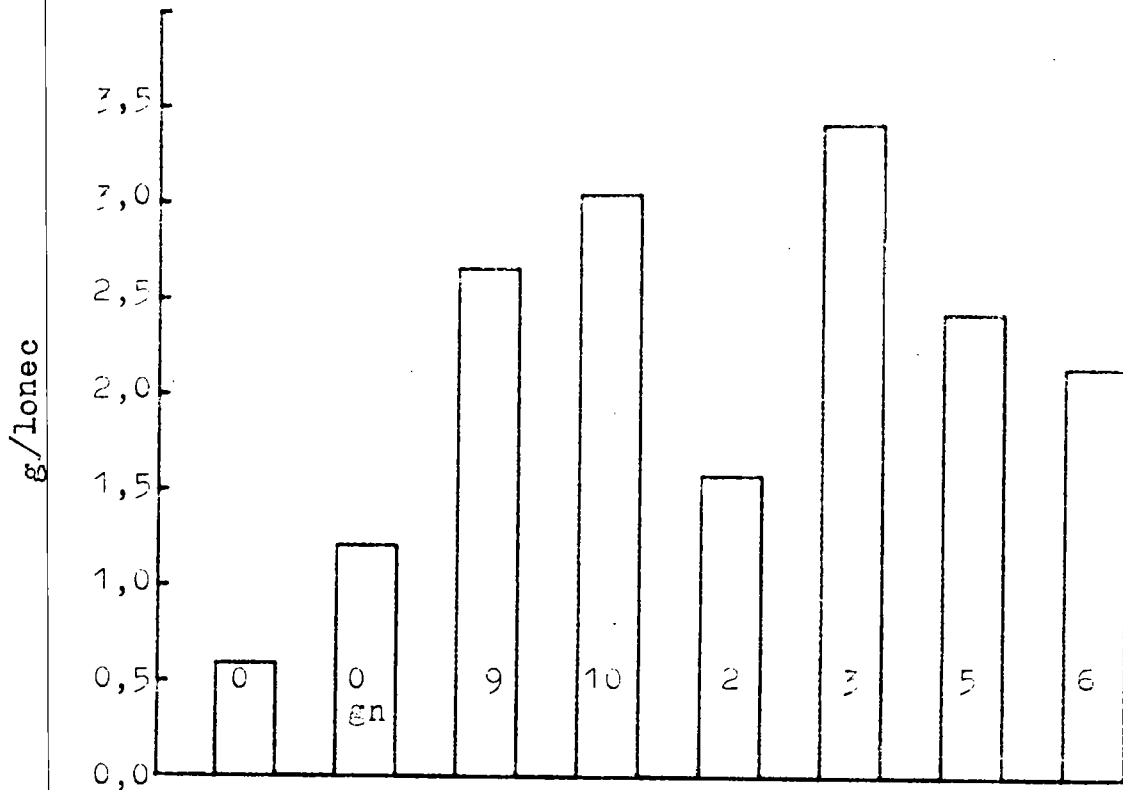
Slika: 5



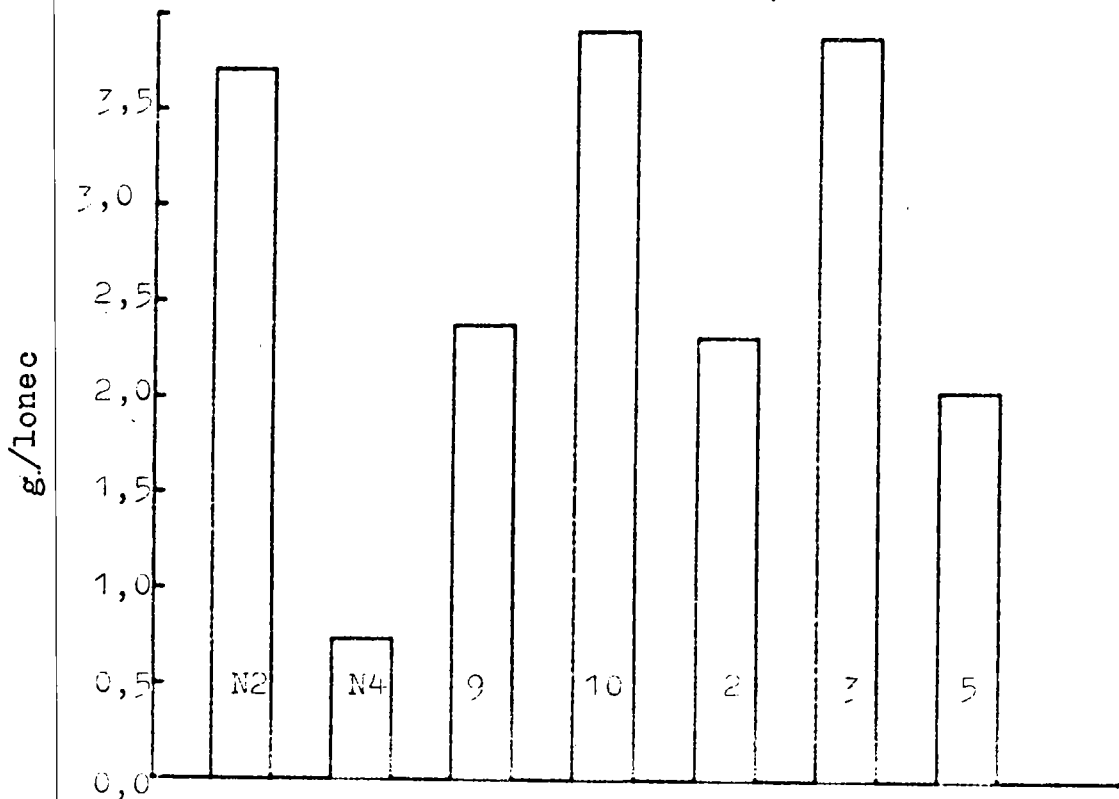
Slika: 6

Histogram 4:

FRIDELEK SUHE SNOWI  
 PEZ : šetrta  
 ODMEREK KOMPOSTA : nizek

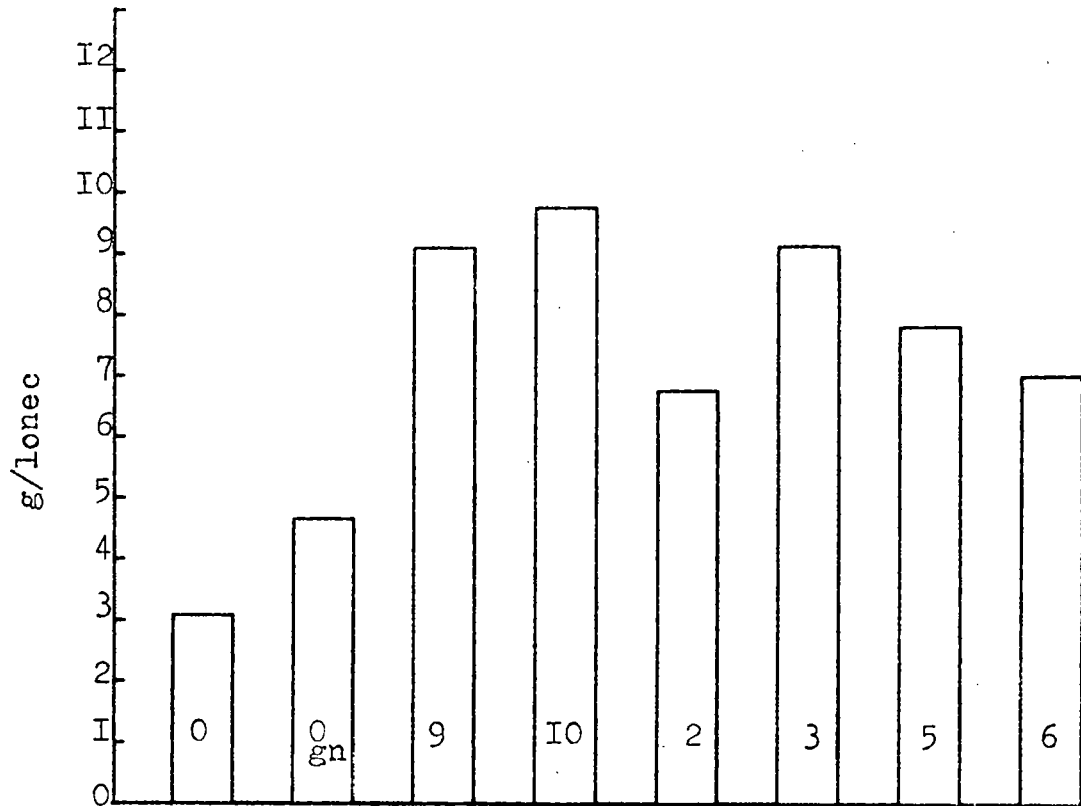


ODMEREK KOMPOSTA : visok

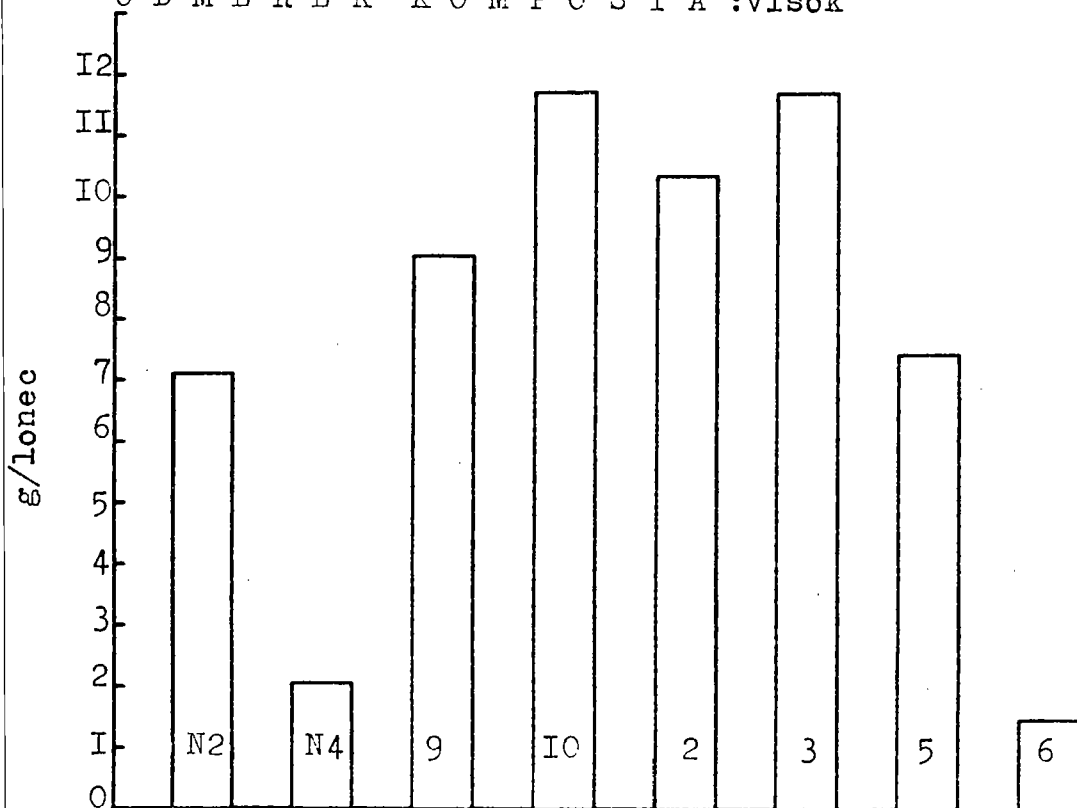


Histogram 5:

PRIDELEK SKUPAJ  
ODMEREK KOMPOSTA :nizek



ODMEREK KOMPOSTA :visok





Pridelki ostalih kombinacij (Tabela 1) so bili nižji od pridelka nizkega odmerka komposta št. 10 (9,8 g/lonec). Tudi v skupnem pridelku je bil najslabši kompost št. 6 (Histogram 5), predvsem visok odmerek je vplival na rast negativno. Enako tendenco ugotovimo lahko tudi pri kompostu št. 5 in v manjšem obsegu pri kompostu št. 9. Kombinacija 2/I je dala majhen pridelek, ki pa je bil še vedno zanesljivo večji kot pridelek "Ogn" (Tabela 1). Tudi osnovno gnojenje z NIK je dalo značilno višji pridelek od kontrole "0".

Kemične analize mešanic tal s komposti in vsebnost hranil v rastlinskem materialu iz poskusa v fitotronu.

Podobno kot so velike razlike v pridelkih med posameznimi kombinacijami kompostov in tal, so tudi vsebnosti hranil v rastlinskem materialu različne.

V poskusu smo uporabili tla topolovih nasadov v Krškem, kjer je pH nad nevtralno točko. pH kompostov je v večini primerov nad 7 zato so tudi mešanice, ki smo jih uporabili v poskusu v fitotronu nevtralne do rahlo bazične. Izjema je le kombinacija mešanice tal in komposta 6II, kjer je bil zaradi intenzivnega gnojenja z dušikom pH v  $H_2O$  6,55 (tab.12). Čeprav je pH v tej kombinaciji najidealnejši, je bil pridelek zaradi prevelikih količin dušika najnižji (1,49 g/lonec).

Tudi vsi komposti, ki jim je bilo v predpripravi dodano apno (varianete 2,5,3) so imeli po mešanju s tlemi, najvišji pH. (tab 12)

Količina skupnega dušika v talnih mešanicah se je z dodajanjem različnih odmerkov komposta in vrst komposta zelo spreminjala.

Dodajanje kompostov tlem je vplivalo na povečanje dušika v talnih mešanicah. Najmanj ga je bilo v nulli kombinaciji (0,254 %), največ pa v kombinaciji 9-II N4 (0,473 %). (tab 12)

Izrazite so tudi razlike v količini dušika v kombinacijah, ki jim je bilo to hranilo, zaradi uravnavanja C:N razmerja posebej dodano (9-II= 0,391 %  $N_2$ , 9-II -N2 = 0,418 %  $N_2$ , 9-II-N4= 0,474 %  $N_2$ ).

Podobno kot v tleh je naraščala vsebnost v rastlinskem materialu (9-II = 2,67 %  $N_2$ , 9-II-N2 = 3,1% in 9-II-N4 = 3,03 %  $N_2$ ) (t.9)

Delež ogljika oziroma organske snovi v tleh je v tesni zvezi z dodajanjem kompostov v poskusu. Najmanj je organske snovi oz. ogljika v nultih kombinacijah. Z dodajanjem različnih vrst in odmerkov kompostov se je delež organske snovi povečal od 0,5 do 1 X, odvisno od vrste in odmerka komposta. Tako je največji delež ogljika oz. org. snovi v kombinacijah (10-II = 14,237 % org. sn., 6-II = 11,390 % org. sn., medtem ko je negnojena kombinacija vsebovala samo 6,7 % organske snovi. Pripomniti moramo, da je kombinacija 10-II dala tudi najvišji pridelek (11,73 g / lonec)

Nekaterim kompostom je bil pri pripravi dodan fosfor v različnih oblikah in količinah (Oblak 1977). To je seveda vplivalo tudi na založenost tega hranila v talnih mešanica. Najmanj fosforja je bilo v tleh brez dodanega komposta (0 = 2,7 mg/100 g tal  $P_2O_5$ , 0 gn = 9,6 mg  $P_2O_5$  / 100 g tal, (tab 12) največ fosforja pa v kombinacijah (6-I = 166 mg  $P_2O_5$ /100 mg tal in 6-II = 206 mg  $P_2O_5$  / 100 g tal). To je veliko preveč za normalno rast rastlin. Tudi varianti 2-I in 2-II, katerima je bil ob predpripravi komposta dodan superfosfat, sta vsebovali v talni mešanici precej fosforja (30 in 42,2 mg  $P_2O_5$  na 100 g tal), kar je po normah iz literature zelo dobra založenost tal s fosforjem. Visok delež fosforja v omenjenih kombinacijah je vplival tudi na vsebnost fosforja v rastlinskem materialu, ki je najvišja v (2-I = 0,74 %  $P_2O_5$ , 2-II = 0,68 %, 6-I = 1,00 % in 6-II = 1,23 %  $P_2O_5$ ) v primerjavi

z ostalimi kombinacijami. (tab.4,5,6,7,8,9,10,11)

Tudi na vsebnost ostalih hranil kot so kalij, kalcij, natrij, magnezij, železo in mangan so vplivali različni odmerki in vrste kompostov. Najvišja vsebnost Fe in Mn v rastlinskem materialu je bila ugotovljena pri tistih kombinacijah, ki so dale najnižji pridelek. To sta obe nulli kombinaciji in 9-II N2 in 9-II -N4, ki sta bili dodatno gnojene z dušikom zaradi uravnavanja C:N razmerja.

Zanimivo je, da je bilo več kalija v tleh variante 0 in Ogn kot v večini kombinacij z komposti. Izjema sta varianti 9-II-N2 in N4, ki sta bili močno gnojene z N in varianta 6 II, ki je bila zelo bogata na fosforju. Takšne razlike v vsebnosti kalija kot so bile v talnih mešanicah, pa niso bile signifikantne v rastlinskem materialu.

Tabela: 4. Vsebnost hranil v pasji travi (*Dactylis glomerata*)

Kombinacija	Košnja	% pepela	% N <sub>2</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% K <sub>2</sub> O	% Na <sub>2</sub> O	% CaO	% MgO	ppm Fe	ppm Cu	ppm Mn	pp Zn
0-En	1	14,39	3,139	0,975	7,103	0,087	1,231	0,540	177,0	16,7	96,7	41,7
	2	13,55	2,107	0,450	5,237	0,088	0,800	0,608	125,5	16,2	59,1	38,8
	3	14,04	2,805	0,668	6,381	0,060	1,838	0,991	130,4	18,6	21,8	46,5
	4	11,66	3,199	0,490	4,575	0,188	1,935	1,048	150,2	20,2	33,3	44,9
$\bar{X}$	13,41	2,91	0,65	5,82	0,11	1,46	0,77	145,7	17,9	52,7	42,9	
0	1	12,05	2,532	0,640	5,538	0,060	0,837	0,514	195,2	15,3	80,7	43,9
	2	16,67	3,442	0,780	6,826	0,188	1,354	0,746	340,1	20,1	21,4	45,0
	3	13,40	-	0,368	5,361	0,070	1,022	0,796	174,7	18,1	64,6	63,6
	4	11,46	-	0,410	4,515	0,101	1,042	0,910	214,6	23,9	51,1	79,3
$\bar{X}$	13,15	2,99	0,55	5,57	0,10	1,06	0,74	231,1	19,3	54,4	57,9	

Tabela 5: Vsebnost hranil v pasji travi ( dactylis glomerata)

Kombinacija	Košnja	% pepela	% N <sub>2</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% K <sub>2</sub> O	% Na <sub>2</sub> O	% CaO	% MgO	ppm Fe	ppm Cu	ppm Mn	ppm Zn
2-(I)	1	13,65	3,169	1,145	7,404	0,175	1,075	0,558	206,0	19,5	77,1	49,5
	2	13,84	3,108	0,710	6,200	0,176	1,264	0,779	115,3	17,1	16,1	45,7
	3	12,51	3,199	0,605	5,839	0,242	1,777	0,974	129,2	16,9	19,3	44,7
	4	8,19	2,866	0,490	2,408	0,134	1,666	1,053	151,3	17,4	31,5	47,8
$\bar{x}$	12,05	3,09	0,74	5,46	0,18	1,45	0,84	150,4	13,3	36,0	46,9	
2-(II)	1	11,98	2,744	0,755	6,200	0,134	0,841	0,472	138,4	13,8	43,5	41,6
	2	10,48	2,729	0,620	4,093	0,170	1,149	0,713	111,6	12,9	19,4	40,2
	3	9,85	2,578	0,600	3,551	0,134	1,612	0,878	115,8	16,2	22,2	40,5
	4	7,95	2,760	0,495	1,986	0,289	2,265	0,810	134,1	14,5	88,2	38,9
$\bar{x}$	10,07	2,70	0,68	3,96	0,18	1,47	0,72	124,9	14,3	43,3	40,3	

Tabela 6: Vsebnost hranil v pasji travi (*Dactylis glomerata*)

Kombinacija	Košnja	pepela	% N <sub>2</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% K <sub>2</sub> O	% Na <sub>2</sub> O	% CaO	% MgO	ppm Fe	ppm Cu	ppm Mn	ppm Zn
3-(I)	1	13,50	3,305	0,925	7,404	0,087	0,895	0,508	164,2	16,6	49,2	43,8
	2	13,19	3,457	0,690	6,020	0,161	1,272	0,783	112,6	15,8	16,4	41,6
	3	10,90	2,699	0,665	3,491	0,188	1,580	0,984	123,4	17,5	22,0	44,0
	4	8,19	2,866	0,490	2,408	0,134	1,666	1,053	151,3	17,4	31,5	47,8
$\bar{X}$	11,45	3,08	0,69	4,83	0,14	1,35	0,83	137,8	16,8	29,7	44,3	
3-(II)	1	12,47	3,214	0,780	6,561	0,114	0,804	0,448	149,1	15,7	43,1	45,0
	2	10,95	2,805	0,575	4,695	0,175	1,021	0,718	104,1	14,3	16,5	41,7
	3	10,90	2,699	0,665	3,491	0,188	1,580	0,984	123,4	17,5	22,0	44,0
	4	6,98	1,819	0,425	2,107	0,087	1,465	0,849	212,4	21,6	63,7	38,6
$\bar{X}$	10,33	2,63	0,61	4,21	0,14	1,22	0,75	147,2	17,2	36,3	42,3	

Tabela 7.: Vsebnost hranil v pasji travi ( *Dactylis glomerata* )

Kombinacija	Košnja	pepela	% N <sub>2</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% K <sub>2</sub> O	% Na <sub>2</sub> O	% CaO	% MgO	ppm Fe	ppm Cu	ppm Mn	ppm Zn
5- (I)	1	13,60	2,744	0,875	6,381	0,114	0,985	0,542	171,6	15,6	69,7	40,2
	2	12,06	2,851	0,620	5,538	0,161	1,034	0,780	102,5	13,5	16,2	37,9
	3	10,78	2,987	0,605	5,779	0,136	1,305	0,896	104,6	15,3	23,8	38,3
	4	7,64	1,804	0,455	2,347	0,134	1,625	0,852	160,9	18,1	48,2	36,0
$\bar{X}$	11,02	2,60	0,64	5,01	0,18	1,24	0,77	134,9	15,6	39,4	38,1	
5-(II)	1	12,30	2,517	0,780	6,080	0,101	1,083	0,483	227,4	13,0	83,4	36,1
	2	12,47	2,502	0,600	5,658	0,178	0,968	0,663	121,2	15,9	25,2	39,6
	3	9,97	2,790	0,535	4,214	0,134	1,219	0,859	94,9	14,1	26,7	37,9
	4	9,43	2,744	0,575	3,190	0,269	1,375	0,958	150,2	19,7	38,2	42,4
$\bar{X}$	11,04	2,64	0,62	4,79	0,17	1,16	0,74	148,4	15,6	43,3	39,0	



Tabela 8: Vsebnost hranil v pasji travi ( dactylis glomerata)

Kombinacija	Košnja	pepela	% N <sub>2</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% K <sub>2</sub> O	% Na <sub>2</sub> O	% CaO	% MgO	ppm Fe	ppm Cu	ppm Mn	ppm Zn
6-(I)	1	13,73	2,593	1,180	7,103	0,134	1,067	0,645	208,1	20,1	86,4	53,4
	2	14,34	3,442	1,030	6,321	0,087	1,321	0,855	139,4	18,7	22,8	45,9
	3	12,67	3,214	0,875	4,394	0,114	1,633	1,007	114,3	15,4	29,1	41,8
	4	9,04	2,365	0,925	2,167	0,128	1,740	1,068	119,1	15,6	22,3	37,9
$\bar{x}$		12,20	2,90	1,00	5,00	0,12	1,44	0,89	145,2	17,4	40,1	44,7
6- (II)	1	13,74	4,231	1,350	6,222	0,060	0,763	0,582	226,9	18,5	226,5	54,7
	2	15,47	-	1,402	5,286	0,091	1,529	0,966	365,6	22,2	293,1	61,0
	3	13,70	1,698	0,945	4,996	0,060	1,756	1,072	219,9	19,9	29,2	41,9
	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
$\bar{x}$		14,30	2,96	1,23	5,50	0,07	1,37	0,87	270,8	20,2	182,9	52,5

Tabela 9: Vsebnost hranil v pasji travi ( dactylis glomerata)

Kombinacija	Košnja	Pepela	% N <sub>2</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% K <sub>2</sub> O	% Na <sub>2</sub> O	% CaO	% MgO	ppm Fe	ppm Cu	ppm Mn	ppm Zn
9- (I)	1	12,49	3,093	0,952	6,321	0,101	0,944	0,516	180,2	22,3	53,3	49,8
	2	12,29	3,305	0,620	5,779	0,134	1,223	0,809	128,7	17,1	17,0	53,5
	3	9,86	3,427	0,710	3,723	0,222	1,514	0,976	114,3	16,2	24,7	57,4
	4	7,92	2,099	0,470	1,505	0,202	2,306	0,961	160,9	16,7	31,6	43,0
$\bar{X}$		10,64	2,98	0,86	4,33	0,16	1,50	0,82	146,0	18,0	31,6	50,9
9- (II)	1	11,76	2,699	0,760	6,200	0,067	0,829	0,424	127,1	18,5	45,6	43,7
	2	11,62	2,910	0,535	5,117	0,114	1,128	0,680	124,4	15,3	18,5	43,4
	3	10,71	3,033	0,780	4,816	0,242	1,231	0,681	113,2	14,6	77,9	42,8
	4	10,93	2,032	0,475	2,408	0,242	1,182	0,705	138,0	21,7	81,1	35,5
$\bar{X}$		8,76	2,67	0,64	4,64	0,17	1,09	0,62	125,6	25,0	55,7	41,3

Tabela 10 : Vsebnost hranil v pasji travi (Dactylis glomerata)

Kombinacija	Košnja	Pepela	% N <sub>2</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% K <sub>2</sub> O	% Na <sub>2</sub> O	% CaO	% MgO	ppm Fe	ppm Cu	ppm Mn	ppm Zn
9 -(II)-N-(2)	1	14,74	3,139	0,900	5,779	0,101	2,199	0,586	285,4	16,6	117,6	48,2
	2	14,96	3,100	0,710	6,622	0,088	1,116	0,628	122,3	15,4	20,1	40,2
	3	12,48	3,427	0,610	6,200	0,101	1,383	0,618	128,7	15,2	80,3	42,9
	4	9,60	2,744	0,575	3,371	0,208	1,485	0,860	128,8	16,5	66,5	42,8
$\bar{X}$		12,95	3,10	0,70	5,49	0,12	1,55	0,67	166,3	15,9	71,1	43,5
9-(II)-N-(4)	1	16,02	2,775	0,830	6,020	0,128	2,749	0,678	243,5	18,6	143,3	46,2
	2	13,82	2,896	0,665	6,381	0,101	0,911	0,746	129,8	18,2	16,1	44,4
	3	12,58	3,609	0,755	5,779	0,134	1,288	0,838	112,6	17,3	55,6	47,4
	4	10,72	2,835	0,474	3,551	0,289	2,339	0,755	133,6	15,9	175,1	42,5
$\bar{X}$		13,29	3,03	0,68	5,43	0,16	1,82	0,75	154,8	17,5	97,5	45,1

Tabela 11: Vsebnost hranil v pasji travi ( Dactylis glomerata)

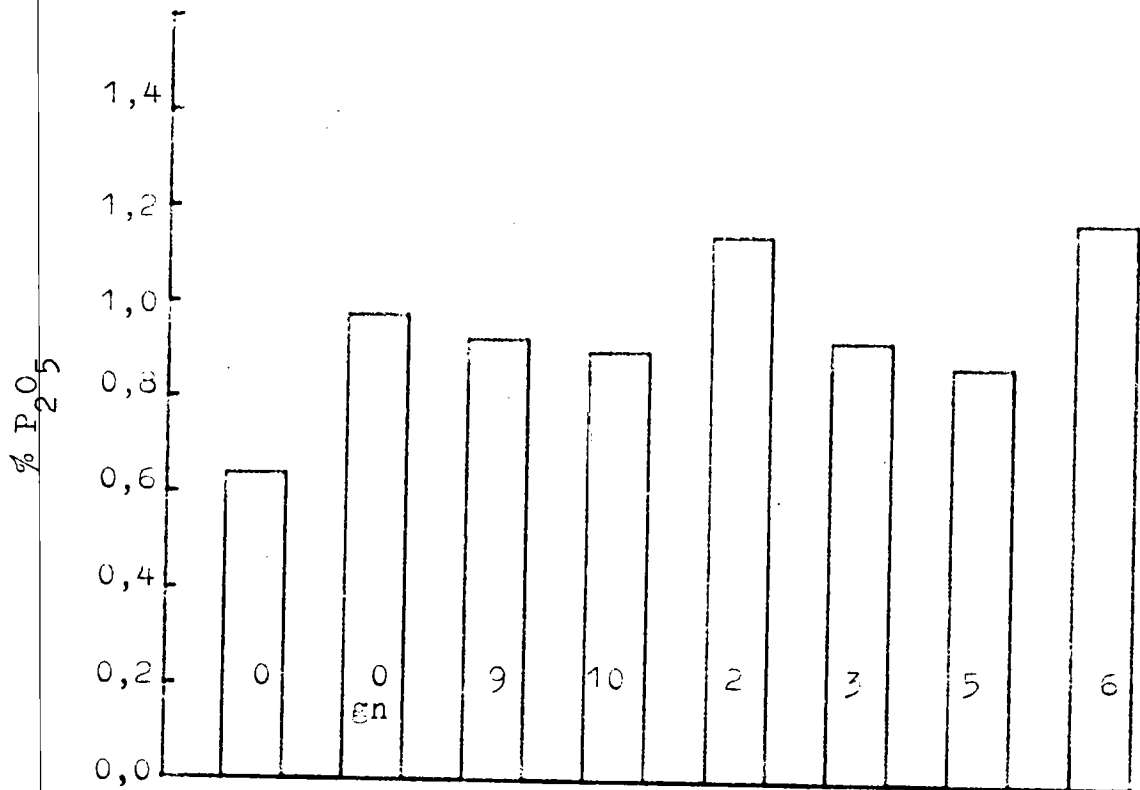
Kombinacija	Košenja	pepela	% N <sub>2</sub>	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% K <sub>2</sub> O	% Na <sub>2</sub> O	% CaO	% MgO	ppm Fe	ppm Cu	ppm Mn	ppm Zn
10-(I)												
1	12,46	2,077	0,900	6,200	0,101	0,903	0,502	162,0	16,1	52,7	45,5	
2	11,66	2,911	0,555	4,936	0,060	1,186	0,825	119,1	15,0	17,7	44,6	
3	9,96	2,760	0,575	3,551	0,101	1,272	0,939	123,4	14,2	21,4	39,5	
4	7,54	2,092	0,555	2,107	0,060	1,518	0,921	146,9	19,2	34,7	39,5	
$\bar{x}$	10,41	2,46	0,65	4,20	0,08	1,22	0,80	110,3	16,1	31,6	42,7	
10-(II)												
1	12,10	2,714	0,710	6,501	0,060	0,767	0,414	126,6	14,0	36,9	40,5	
2	11,86	2,912	0,490	5,418	0,202	1,490	0,774	174,3	15,3	19,1	46,9	
3	10,63	3,078	0,535	3,551	0,134	1,260	0,995	107,3	13,2	21,3	41,4	
4	7,47	1,774	0,510	2,287	0,065	1,354	0,884	114,3	15,7	39,2	40,4	
$\bar{x}$	10,52	2,63	0,56	4,44	0,12	1,22	0,77	130,6	14,5	29,1	42,3	

Tabela 12: Analitski podatki mešanice tal in kompostov po končanem poskusu

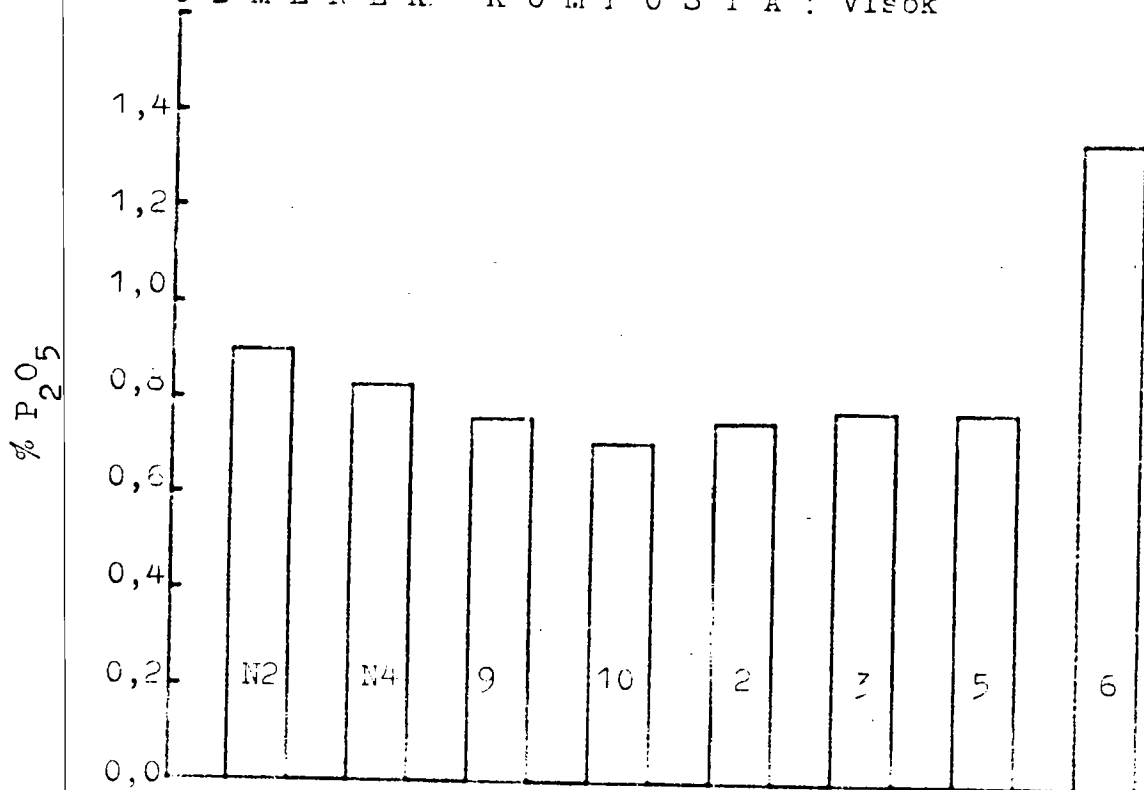
om. Prid.	pH		%		%		%		mg/100 g tal		meq / 100 g tal		mg		H <sup>+</sup>		S vr.		T vr.		V %		
	H <sub>2</sub> O	KCl	N <sub>2</sub>	O.S.	C	C:N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Ca <sup>+</sup>	Mg <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	H <sup>+</sup>	14	15	16	17	18					
3,09	7,92	7,38	0,254	6,700	3,879	15,2	9,6	12,0	26,198	2,886	0,168	0,286	1,468	29,538	31,006	95,2							
4,67	7,90	7,38	0,291	6,365	3,685	12,6	2,7	12,0	26,977	2,736	0,232	0,285	1,836	30,230	32,066	94,7							
6,70	8,04	7,59	0,260	7,370	4,267	16,4	30,0	6,0	26,509	2,308	0,130	0,280	1,416	29,227	30,647	95,3							
10,37	8,06	7,55	0,327	9,045	5,237	16,0	42,4	4,8	28,381	2,519	0,131	0,217	1,836	31,248	33,084	94,4							
9,14	8,10	7,66	0,294	7,370	4,267	14,5	18,3	4,8	26,042	2,220	0,127	0,218	1,154	28,607	29,760	96,1							
11,72	8,03	7,56	0,403	9,715	5,624	13,9	17,7	4,9	30,252	2,664	0,132	0,252	1,940	33,300	35,240	94,4							
7,83	8,10	7,60	0,224	9,045	5,237	23,3	16,0	4,7	25,574	2,330	0,129	0,196	1,574	28,229	29,803	94,7							
7,46	7,78	7,45	0,421	8,375	4,849	11,5	13,7	2,6	28,069	2,752	0,281	0,195	2,098	31,279	33,395	93,7							
7,02	7,60	7,20	0,357	9,045	5,237	14,6	16,0	9,6	25,262	5,283	0,268	0,194	3,776	31,007	34,783	89,1							
1,49	6,55	6,18	0,457	11,390	6,583	14,4	26,0	43,3	27,133	10,321	1,265	0,273	12,588	38,992	51,580	75,5							
9,10	8,08	7,60	0,254	5,025	2,209	11,4	21,2	7,1	25,754	2,625	0,185	0,252	1,311	28,609	29,920	95,6							
9,05	8,03	7,58	0,381	10,720	6,206	15,8	18,3	7,2	29,004	3,019	0,191	0,226	1,574	32,440	34,014	95,3							
7,12	8,00	7,56	0,418	11,055	6,400	15,3	19,5	12,0	29,784	3,230	0,296	0,217	1,731	33,527	35,285	95,0							
2,07	8,04	7,60	0,473	11,265	6,517	13,7	23,3	24,1	31,188	2,963	0,728	0,239	1,836	35,172	37,008	95,0							
9,77	8,05	7,57	0,342	9,380	5,431	15,8	17,7	7,2	26,666	2,652	0,168	0,196	1,574	29,682	31,256	94,4							
11,73	7,95	7,55	0,400	14,237	8,343	20,6	14,8	7,2	29,160	3,041	0,191	0,239	1,993	32,631	34,624	94,2							

## Histogram :6

ELEMENT : fosfor  
 REZ : prve  
 ODMEREK KOMPOSTA : nizek



ODMEREK KOMPOSTA : visok



## 5. DISKUSIJA

### P r i d e l e k

Komposti, ki so bili vključeni v raziskavo so vplivali na boljšo rast trave in tako povežali pridelek. Izračun analize varijanse je pokazal, da so razlike v pridelkih med kombinacijami signifikantne.

Že nizek odmerek komposta (50 g na lonec) je dal zane - sljivo višji pridelek kot pa kontrola brez komposta "Ogn". V tem primeru je bil kompost št. 10 najboljši, nekoliko slabša sta bila komposta št. 3 in 9.

Visok odmerek komposta (200 g na lonec) je dal v treh primerih večji pridelek kot nizek. Ponovno najboljši je bil kompost št. 10 in kompost št. 3 s pridelkom 11,7 g suhe snovi na lonec. Nekoliko slabši je kompost št. 2 z 10,4 g/lonec. Visok odmerek komposta št. 6 je dal zelo nizek pridelek (1,5 g/lonec). Tudi pri kompostih št. 5 in št. 9 lahko ugotovimo negativno delovanje visokega odmerka na pridelek.

V poročilu inštituta za celulozo in papir so natančni podatki o postopku priprave kompostov in količini dodatkov. Tudi v tabeli 1 so podatki o količinah gnojil, ki so jih dodali lubju pri pripravi kompostov.

S primerjavo podatkov o pridelkih z podatki o dodanih snoveh lubju lahko ugotovimo kako so ti dodatki vplivali

na kvaliteto kompostov. Glede vpliva na višino pridelka so se pokazali kot najboljši tisti komposti katerim je bila dodana sečnina (komposti št. 2, 3 in 10). Dodatek 70 kg sečnine na 10 m<sup>3</sup> lubja je dal najboljši kompost, ki pa ni bil signifikantno boljši od dodatka 20 kg sečnine, niti pri nizkem niti pri visokem odmerku komposta. Tudi tuji raziskovalci (M i d g l e y , 1963; C a p p a e r t , et al., 1975) poročajo o nujnosti dodajanja dušika pri kompostiranju lubja. Glede količine dodanega dušika so prav tako ugotovili, da je dovolj 0,5 - 0,8 % dodatnega dušika , odvisno od vlažnosti lubja ( C a p p a e r t , et al., 1975).

Kompost pripravljen brez dodatkov (št. 9) je bil z 9,1 g suhe snovi na lonec kvalitetnejši kot komposta katerima je bil dodan dušik v amonitratni ali amonfosfatni obliki. Vzrok za to bo verjetno v dodanem apnu (kompost št. 5) oziroma preveliki količini dušika (kompost št. 6). Nerazumljivo visok dodatek apna, kljub nevtralnemu do bazični reakciji lubja (7,0 pH v KCl) je zavrl predvsem procese mineralizacije in humifikacije lubja, pozneje pa je tudi oviral rast rastlin.

Druga nepravilnost pri določanju dodatkov lubju je neupoštevanje čistih hranil. Ker so že bili izbrani trije viri dušika (sečnina, amonitrat in amonfosfat) predpostavljamo, da je bil namen tako zastavljenega kompostiranja ugotoviti kateri vir dušika bo učinkovitejši



oziroma cenejši. Tega pa žal ni mogoče napraviti ker je bilo s sežnino dodano 32,2 kg dušika oz. 9,2 kg, z amonitratom 7,0 kg in amonfosfatom 127 kg N na 10 m<sup>3</sup> lubja.

Še ena nepravilnost je bila napravljena pri izbiri vira fosfora kot dodatka za kompostiranje lubja. Najprej ni bila upoštevana količina čistih hranil (superfosfat 3,4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> in mikrofos 6 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). Prav tako je znano, da je mikrofos kot surovi fosfat topen (oz. deluje) le pri pH nižjem od 5,5 (Leskošek, 1976), vemo pa že da je imela skorja pH 7,0. Zato tudi ne moremo govoriti o pozitivnem vplivu mikrofosa na kvaleteto komposta (na kar delno kaže primerjava podatkov o pridelkih komposta št. 2 in št. 3), poleg tega pa je bil kompostu št. 2 dodan še humus Burgo.

Slična nepravilnost kot je bila napravljena pri pripravi komposta št. 6, smo ponovili tudi mi z kombinacijama 15 in 16. Na osnovi poznanega o mineralizaciji organske snovi s širokim C : N razmerjem (slama) v tleh smo tudi pri gnojenju z dozorelimi komposti iz lubja pri C : N razmerju 32 predvidevali znatnejšo vezavo mineralnega dušika iz zemlje za mikrobiološke procese. Negativne posledice (pomanjkanje dušike za rast rastlin) tega predvidenega procesa pa smo želeli odpraviti z dodatnim gnojenjem s 400 mg oz. 800 mg dušika na lonec.

Podatki o pridelkih pa kažejo, da je bila bojazen o vezavi mineralnega dušika odveč. Sedaj lahko sklepamo, da je proces mineralizacije organske snovi v kompostiranem lubju tako počasen da se kljub visokemu C : N razmerju mikroorganizmi ne pojavljajo kot večji porabnik mineralnega dušika iz talne raztopine. Previsoka koncentracija aminosjevih in nitratnih ionov je ovirala rast rastlin pri kombinaciji 9/II/N<sub>2</sub> (15), 9/II/N<sub>4</sub> (16) in 6/I, predvsem pa pri 6/II kjer so rastline propadle po treh rezeh.

#### K e m i č n e l a s t n o s t i

Končni cilj izrabe lesnih odpadkov je kompost oziroma humus. Zato je kemična raziskava teh kompostov zelo pomembna. Kompost, ki ga dodamo tleh vpliva na kemične in fizikalne lastnosti tal ( pH , sorptivna sposobnost, zračnost, vodne razmere , struktura in podobno). Efekt na tla in rastline je še večji če dodamo takšnim kompostom še komercialna gnojila.

Organske kisline lahko v kompostu tvorijo komplekse z anorganskim fosforjem ali drugimi elementi. Uranila v teh kompleksih so dalj časa dostopna rastlinam. Seveda pa je zaradi aktivnejšega delovanja mikroorganizmov tudi več dušika v tleh.

Najpomembnejše je ugotoviti optimalno razmerje med kompostom in tlemi. V primeru dodajanja komercialnih gnojil in drugih hranil kompostom pa je pomembno razmerje med hranili v tleh.

3 poskusom smo ugotovili, da to razmerje v vseh vrstah kompostov ni bilo najidealnejše. Za fosfor ugotavljamo, da ga je bilo v nekaterih primerih pri osnovni pripravi kompostov dodanega preveč (kompost št. 6).

Pomembna je tudi oblika fosforjarki ga dodajamo kompostu. Značilno je, da je fosfor dodan v obliki superfosfata bolje deloval, kot v obliki fosforitne moka. To je seveda razumljivo, saj deluje fosforitna moka le pri nižjem pH, zato bodo komposti mešani s takšnim virom fosforja aktivnejši v zelo kislih tleh (kompost št. 3). Pri našem poskusu pa so bila tla nevtralna do rahlo bazična.

V kombinaciji št. 2, kjer je bil pri osnovni pripravi kompostu dodan fosfor v obliki superfosfata (Oblak 1977) je bilo v talni mešanici pri nižjem odmerku  $30 \text{ mg P}_2\text{O}_5 / 100 \text{ g tal}$ , pri visokem odmerku pa celo  $42,4 \text{ mg P}_2\text{O}_5 / 100 \text{ g tal}$ , kar je trikrat več kot v kombinaciji brez dodanega kompsta, oziroma enkrat več v primerjavi s kombinacijama 9 I in 9 II, kjer je bil dodan tlem kompost brez dodatkov.

Slabše je deloval fosfor v kombinaciji 3 I in 3 II, kjer je bil pri osnovni pripravi kompsta dodan fosfor v obliki fosforitne moka (Oblak 1977). Vsebnost fosforja v talni

mešanici ,kljub dodatku fosforja ni bila višja od kombinacije 9,kjer je bil dodan kompost brez dodatkov. To nam potrjuje, da fosfor iz fosforitne moko ni mnogo doprinesel k vsebnosti aktivnega fosforja v tleh, čeprav je bil pridelek v tej kombinaciji zadovoljiv.

Posebnost je kombinacija št. 6 ,kjer je bilo pri osnovni pripravi komposta dodano 600 kg  $(NH_4)_2HPO_4$  /m<sup>3</sup> (Oblak 1977). Tako visok odmerek fosforja in tudi dušika je izrazito vplival na razmere v tleh. Že pri nizkem odmerku tega komposta se je količina aktivnega fosforja v tleh povečala na 166 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /100 g tal, kar je 4 krat več kot je norma v literaturi za zelo dobro založena tla s fosforjem. Pri visokem odmerku komposta pa smo ugotovili celo 206 mg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> /100 g tal. Tako visoka količina fosforja je zaradi nesorazmerja z drugimi hranili poleg dušika negativno vplivala na pridelek trave. Iz tega lahko zaključimo , da dodajanje fosforja in dušika v tako velikih količinah ne dosega ekonomskega učinka. Dodajanje zmernih količin uree s kompostom je ugodno vplivalo na pridelek.

## 6. Z a k l j u č k i

Rezultati opravljene raziskave dovoljujejo naslednje zaključke o vplivu kompostov iz lubja na rast trave:

1. najvišji pridelek suhe snovi smo ugotovili pri gnojenju s kompostom št. 10, ki je bil pripravljen z 70 kg uree/10 m<sup>3</sup> lubja.

2. kompost brez dodatkov (št. 9) je bil le nekoliko slabši od komposta št. 10.

3. nižji dodatek uree lubju (20 kg/10 m<sup>3</sup>) je dal v enem primeru kompost (št. 3) enake kvalitete kot je bil kompost št. 9, v drugem primeru pa slabšega (kompost št. 2).

4. kompost pripravljen z amonitratom (št. 5) ni bil značilno boljši od komposta z amonofosfatom (št. 6).

5. pri visokem odmerku (200 g/lonec) komposta je bilo pozitivno delovanje dodane uree lubju še bolj izraženo saj smo ugotovili pri kompostih št. 10, 3 in 2 najvišje pridelke. Višji pridelki kot pri nizkem odmerku so tudi posledica boljše preskrbe z ostalimi hranilnimi snovmi.

6. v primerjavi z nizkim odmerkom komposta je visok odmerek komposta št. 9, 5 in posebno št. 6 oviral rast trave.

7. mineralizacija organske snovi komposta je kljub širokemu C : N razmerju zelo počasna in ni nevarnosti znatnejše vezave mineralnega dušika tal, zato je kot dodatek lubju zadostoval že nizek odmerek uree (20 kg/10 m<sup>3</sup>).

8. dodatek ostalih hranilnih snovi lubju je nepotreben ker iz rezultatov ni razvidno, da je vplival na kvaliteto komposta in s tem na višino pridelka suhe snovi.

9. dodajanje superfosfata pri osnovni pripravi komposta je vplivalo na povečanje fosforja v rastlinskem materialu, medtem ko pri fosforitni moki tega nismo zasledili.

Dodani  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$  je neugodno vplival na razmerje hranil v tleh in rastlinah.

## Literatura:

1. CAPAERT , I; (1975) .Composting of hardwood bark.  
Compost Sci, No 4, p .12-15
2. GARY .D. CHRISTIAN ; (1970) .Atomic Absorption Spectroscopy  
New York
3. GOLUBEKE ,C; (1972). Composting , Rodale Press, Emmaus ,Pa.
4. LESKOŠEK ,M; (1976).Praktično gnojenje ,ČZP.Kmečki glas.
5. LOBNIK ,F. ,T.VIDRIH ;( 1976).Vpliv gnojenja z odpadnim  
blatom na vsebnost nekaterih elementov v pasji travi.  
Zbornik biot.f. UL. Kmet. 26,p. 33-39.
6. MIDGLEY,A ;(1963). and wood bark wastes make fertile  
compost. Compost Sci.,No1.p.29-31.
7. OBLAK ,M;(1976-77). Predelava odpadnih drevesnih skorij  
v organsko gnojilo. Poročilo za RŠS.
8. SYKES ,F; (1959). Modern Humus Farming.London 1959.
9. VIDRIH,T.,F.LOBNIK ;(1976).Vpliv odpadnega blata na ve=  
getativno rast pasje trave.Zbornik biot.f.JL.Kmet.26, p25.31.

P R I L O G E



Priloga 1: Iridelek prve košnje ( g suhe snovi / lonec)

Št. komp.	doza	PON				* PON
		A	B	C	D	
6	I.	1.9500	2.1300	1.4500	2.0500	1.8950
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
	II.	1.0200	1.1500	1.2400	.9200	1.0825
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
10	I.	2.0000	2.8500	2.7000	2.6500	2.5500
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
	II.	2.4500	2.4000	2.5300	3.0800	2.6150
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
9	I.	2.7000	2.4300	2.0000	2.7200	2.4625
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
	II.	3.1000	3.3000	2.8000	2.3000	2.8750
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
3	I.	2.4000	1.8000	2.5000	2.1500	2.2125
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
	II.	3.5000	3.3000	3.2000	2.6000	3.1500
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
2	I.	1.5000	2.3000	2.1000	2.0000	1.9750
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
	II.	3.5500	4.2500	2.7500	4.0000	3.6375
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
5	I.	2.6000	2.1000	2.9000	1.9000	2.3750
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
	II.	2.2000	2.7000	2.7500	2.0000	2.4125
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
0 gn	I.	1.2200	1.7000	1.6500	2.0000	1.6425
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
0	I.	1.1000	1.5300	1.7200	1.2500	1.4000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
9/N2	II.	1.7000	1.3000	1.3000	1.0000	1.3250
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
9/N4	I.	.4000	.6000	.5000	.7000	.5500
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)

$F_{0,05}^{15,45} \text{ tab} = 1,9$        $19,3 = F \text{ rač}$

LSD = 0,52 g suhe snovi

Priloga 2: Iridelek druge košnje (g suhe snovi / lonec)

Št. komp.	doza	PON				ACROSS
		A	B	C	D	PON
6	I.	1.4500000 ( 1)	2.0000000 ( 1)	1.1500000 ( 1)	1.6500000 ( 1)	1.5625000 ( 4)
	II.	.3000000 ( 1)	.3000000 ( 1)	.3200000 ( 1)	.3100000 ( 1)	.3075000 ( 4)
10	I.	1.9000000 ( 1)	2.4500000 ( 1)	2.5000000 ( 1)	2.0000000 ( 1)	2.2125000 ( 4)
	II.	2.1000000 ( 1)	2.5500000 ( 1)	2.7000000 ( 1)	2.5000000 ( 1)	2.4625000 ( 4)
9	I.	1.9000000 ( 1)	1.6500000 ( 1)	2.0000000 ( 1)	2.0500000 ( 1)	1.9000000 ( 4)
	II.	2.0000000 ( 1)	1.8000000 ( 1)	1.5500000 ( 1)	2.1000000 ( 1)	1.8625000 ( 4)
3	I.	2.0000000 ( 1)	1.4000000 ( 1)	2.1500000 ( 1)	1.5500000 ( 1)	1.7750000 ( 4)
	II.	2.5500000 ( 1)	2.8000000 ( 1)	2.0000000 ( 1)	2.1000000 ( 1)	2.3625000 ( 4)
2	I.	1.5500000 ( 1)	1.5000000 ( 1)	2.0800000 ( 1)	1.8000000 ( 1)	1.7325000 ( 4)
	II.	2.5000000 ( 1)	2.7000000 ( 1)	2.0500000 ( 1)	2.6000000 ( 1)	2.4625000 ( 4)
5	I.	1.8200000 ( 1)	1.3500000 ( 1)	1.2200000 ( 1)	1.6000000 ( 1)	1.4975000 ( 4)
	II.	1.7500000 ( 1)	1.6000000 ( 1)	1.4500000 ( 1)	1.3000000 ( 1)	1.5250000 ( 4)
0 gn	I.	.9000000 ( 1)	.6500000 ( 1)	1.2000000 ( 1)	1.0000000 ( 1)	.9375000 ( 4)
	II.	.7500000 ( 1)	.8500000 ( 1)	.6000000 ( 1)	.8000000 ( 1)	.7500000 ( 4)
9/N2	II.	1.6000000 ( 1)	.9000000 ( 1)	1.0000000 ( 1)	.8500000 ( 1)	1.0875000 ( 4)
9/N4	II.	.4000000 ( 1)	0.0000000 ( 1)	0.0000000 ( 1)	.6000000 ( 1)	.2500000 ( 4)

F 15,45  
05 tab = 1,9 26,0 = F rač

LSD = 0,40 g suhe snovi

Priloga 3: Ividelek tretje košnje (g suhe snovi/lonec)

Štev. komp.	doza	PON				* ACROSS * PON
		A	B	C	D	
6	I.	* 1.3000000	* 1.8000000	* 1.1500000	* 1.4000000	* 1.4125000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
	II.	* .1000000	* .1000000	* .1000000	* .1000000	* .1000000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
10	I.	* 1.4000000	* 2.5500000	* 2.4500000	* 1.4200000	* 1.9550000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
	II.	* 2.4500000	* 2.9000000	* 2.9000000	* 2.6700000	* 2.7300000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
10	I.	* 2.5000000	* 1.7000000	* 2.0000000	* 2.1000000	* 2.0750000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
	II.	* 2.2500000	* 2.0000000	* 1.9000000	* 1.6000000	* 1.9375000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
3	I.	* 1.6500000	* 1.5500000	* 2.0500000	* 1.7000000	* 1.7375000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
	II.	* 2.6000000	* 2.5500000	* 2.1000000	* 2.0000000	* 2.3125000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
2	I.	* 1.4000000	* 1.5500000	* 1.7000000	* 1.2500000	* 1.4750000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
	II.	* 2.0500000	* 2.0000000	* 1.8000000	* 1.9500000	* 1.9500000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
5	I.	* 1.4500000	* 1.3000000	* 1.8000000	* 1.5500000	* 1.5250000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
	II.	* 1.3500000	* 1.4000000	* 1.9000000	* 1.2500000	* 1.4750000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
0 gn		* .9000000	* .6500000	* 1.0000000	* .9500000	* .8750000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
0		* .4000000	* .4500000	* .2200000	* .3500000	* .3550000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
9/N2	II.	* 1.6000000	* 1.0000000	* 1.3000000	* 1.1000000	* 1.2500000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)
9/N4	II.	* .9500000	* 0.0000000	* 0.0000000	* 1.2000000	* .5375000
		* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 1)	* ( 4)

F  $\frac{15,45}{.05}$  tab = 1,9      21,2 = F rač

LSD = 0,45 g suhe snovi

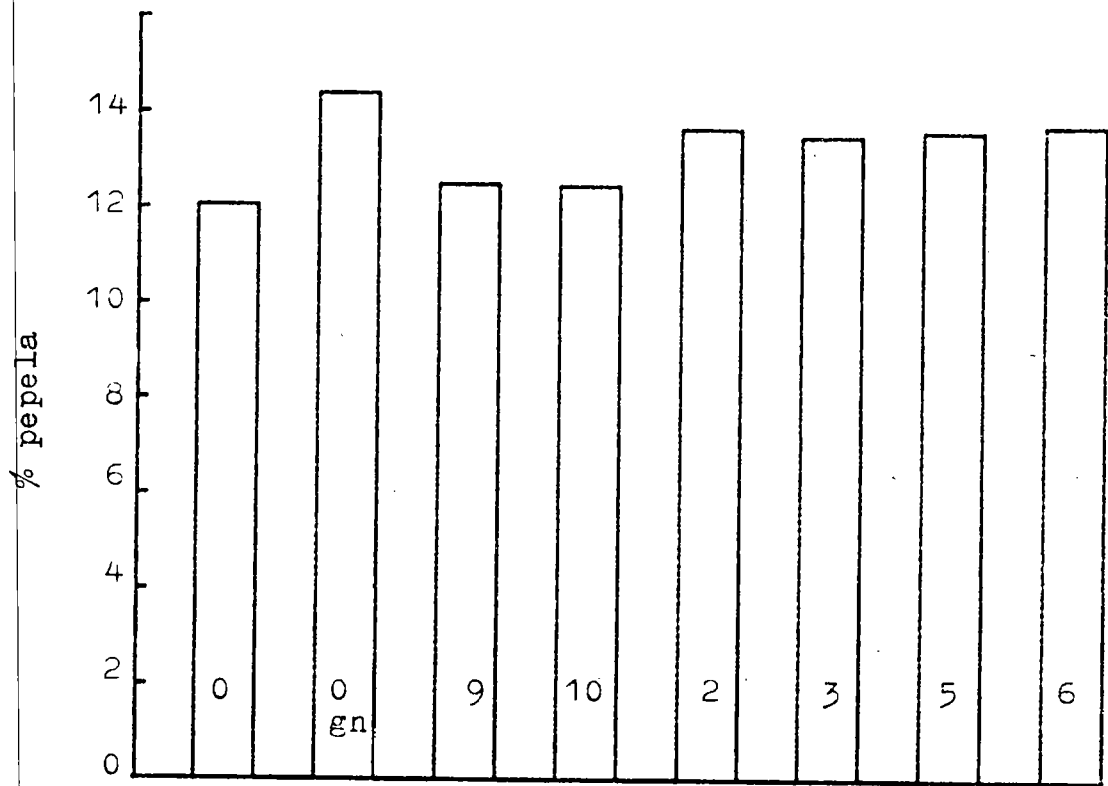
Priloga 4: Pridelek četrte košnje (g suhe snovi/lonec)

Št. komp.	doza	POL				ACROSS
		A	B	C	D	PON
6	I.	2.6200000	2.4500000	2.0500000	1.4900000	2.1525000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
	II.	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000	0.0000000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
10	I.	3.2600000	3.0600000	3.4100000	2.4700000	3.0500000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
	II.	4.4400000	3.1000000	4.0500000	4.0900000	3.9200000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
9	I.	2.9100000	2.2500000	2.6700000	2.8200000	2.6625000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
	II.	2.2700000	2.4400000	2.2900000	2.5100000	2.3775000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
3	I.	3.3900000	3.1700000	3.6000000	3.5100000	3.4175000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
	II.	3.6400000	3.7100000	3.8700000	4.3500000	3.8925000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
2	I.	1.6600000	1.9200000	1.5800000	1.1600000	1.5800000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
	II.	2.8700000	2.3300000	1.6400000	2.4200000	2.3150000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
5	I.	2.5200000	2.6900000	2.6100000	1.9100000	2.4325000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
	II.	1.8800000	2.1500000	2.8800000	1.2600000	2.0425000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
0 gn	I.	1.3300000	1.0300000	1.4100000	1.0700000	1.2100000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
0	I.	.5800000	.6600000	.4500000	.6600000	.5875000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
9/N2	II.	3.4100000	3.7000000	3.6500000	3.0700000	3.4575000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)
9/N4	II.	1.3500000	0.0000000	0.0000000	1.5900000	.7350000
		( 1)	( 1)	( 1)	( 1)	( 4)

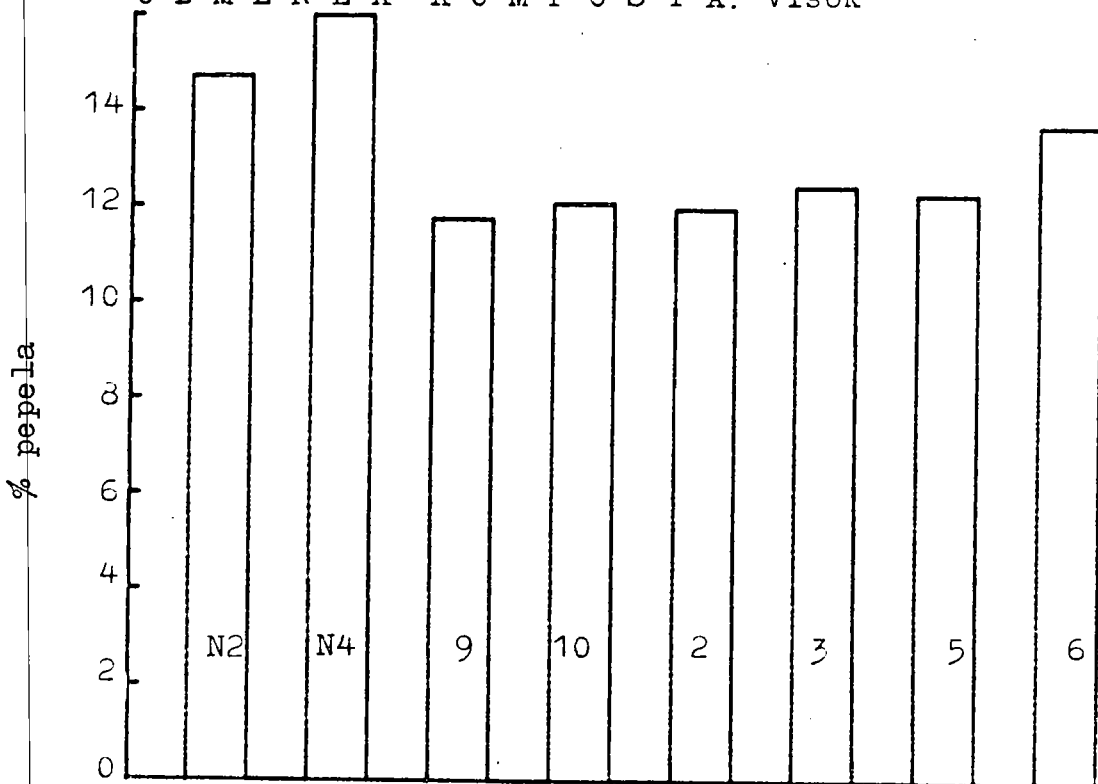
F .15,45<sub>05</sub> tab = 1,9 32,3 = F rač

LSD = 0,59 g suhe snovi

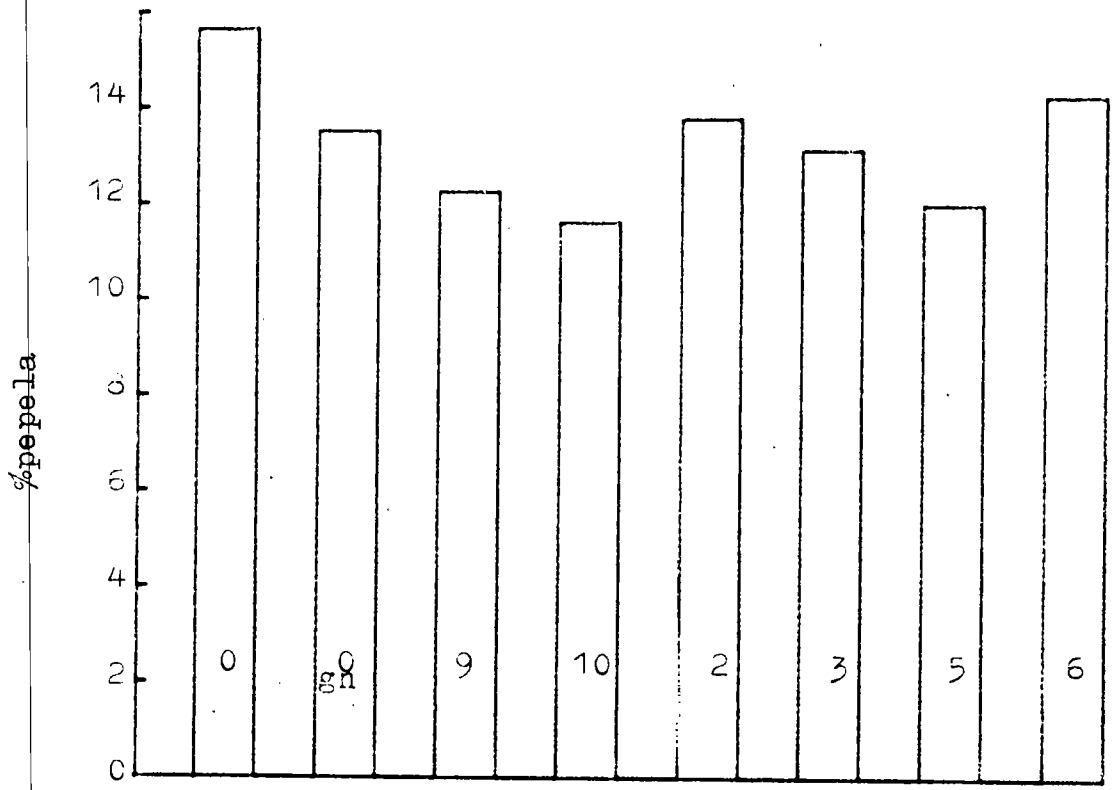
PEPEL  
K O M P O Z I C I J A : prva  
ODMEREK K O M P O S T A : nizek



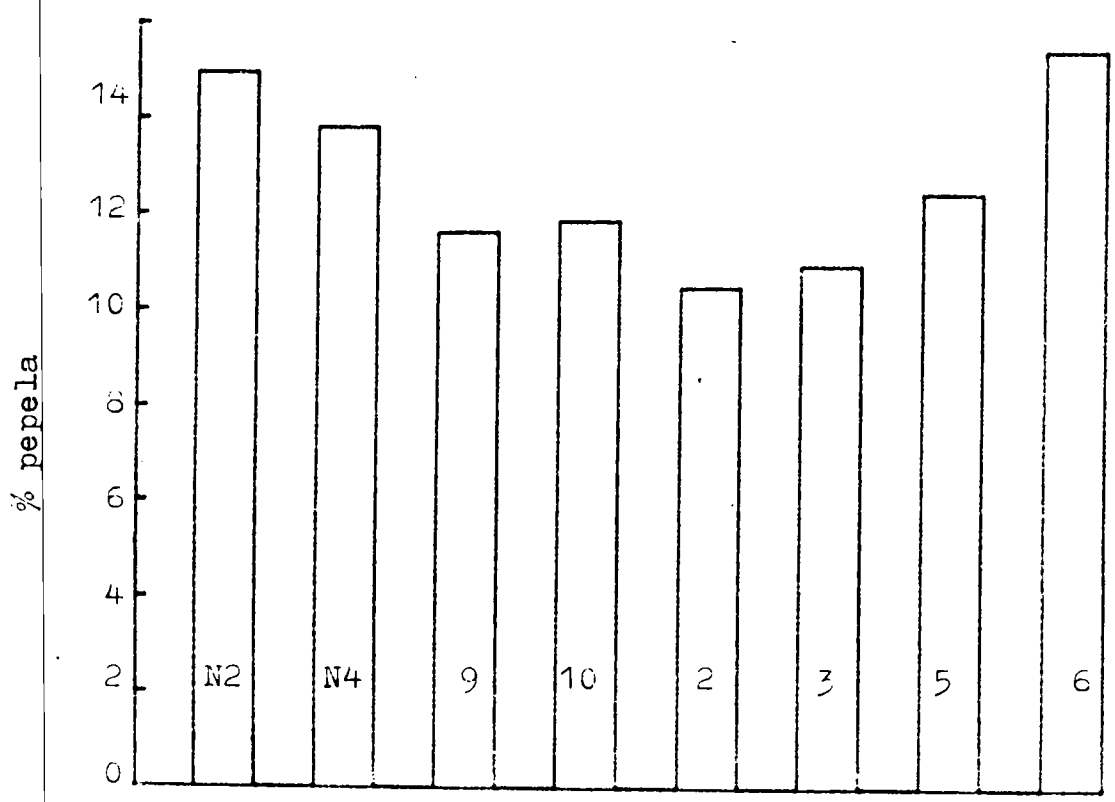
ODMEREK K O M P O S T A : visok



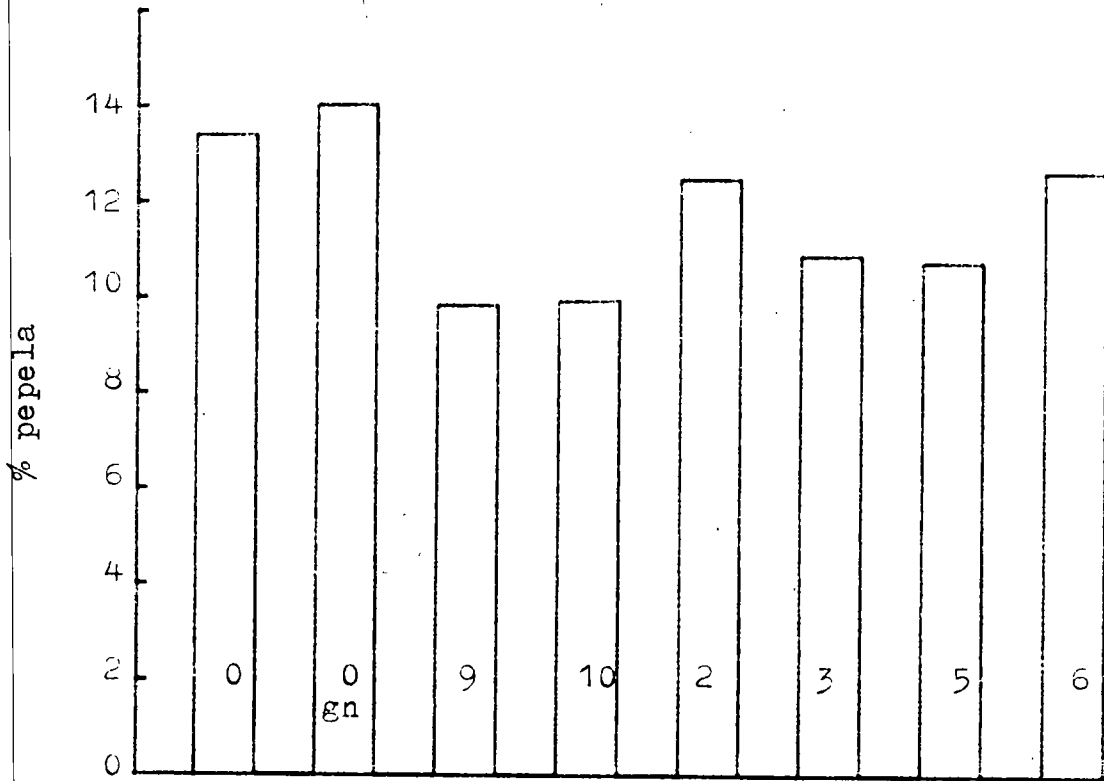
PEPEL  
 KONSJENJA : druga  
 ODMEREREK KOMPOSTA : nizek



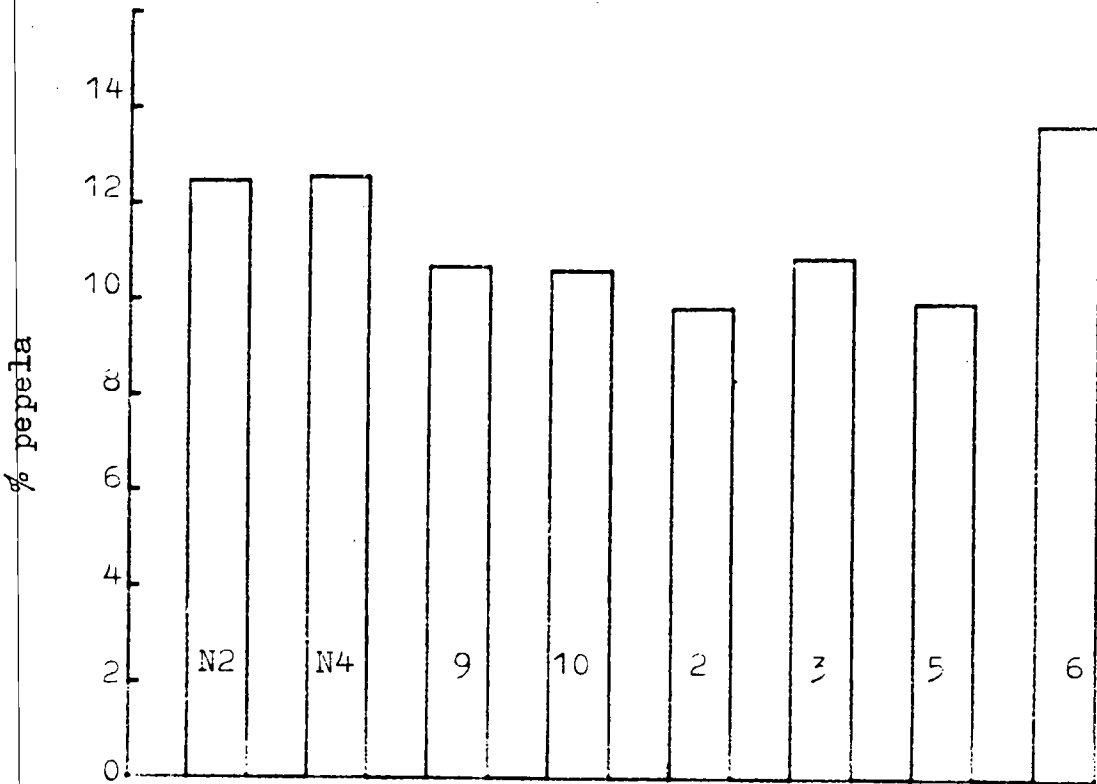
ODMEREREK KOMPOSTA : visok



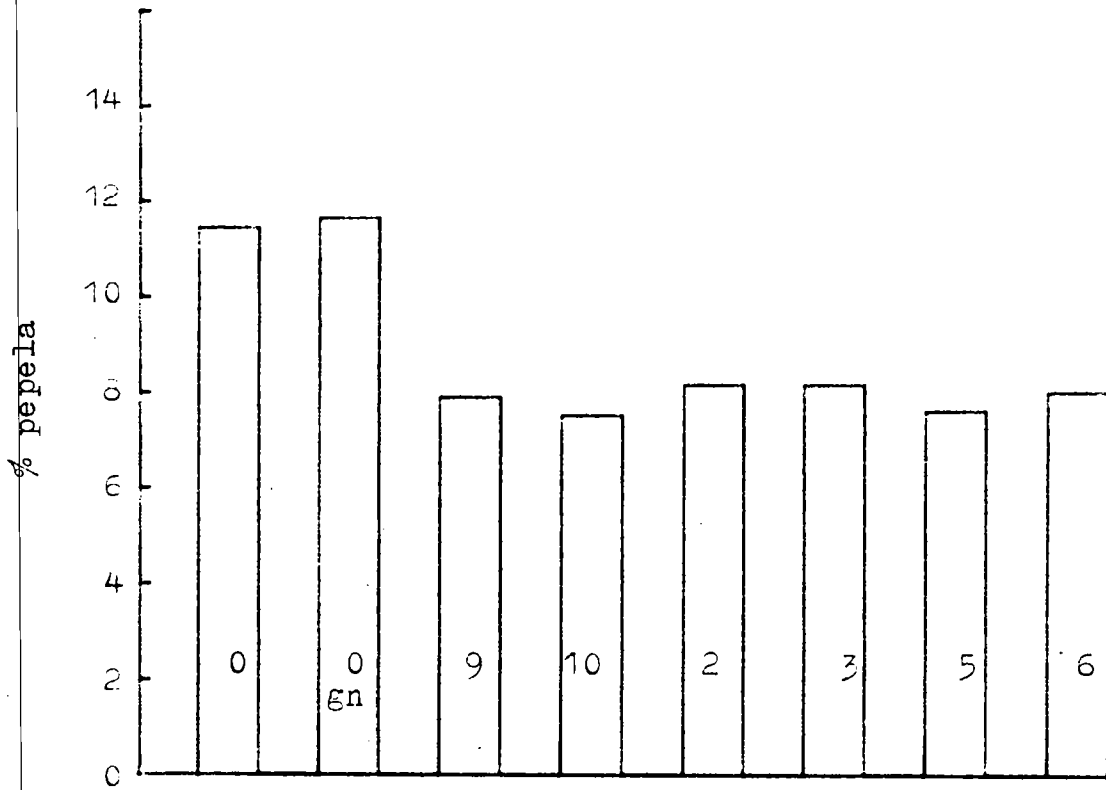
PEPEL  
 KONSJENJA : tretja  
 ODMEREK KOMPOSTA : nizek



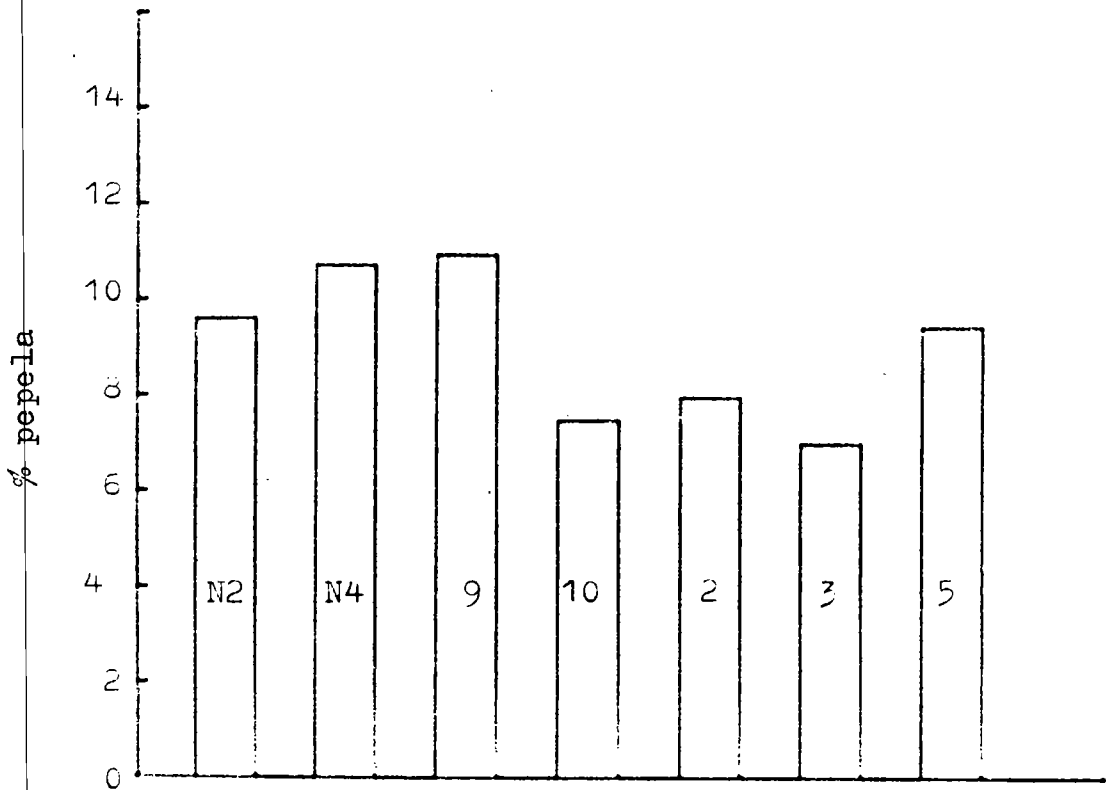
ODMEREK KOMPOSTA : visok



PEPEL  
KOSNJA : četrt  
ODMEREK KOMPOSTA : nizek

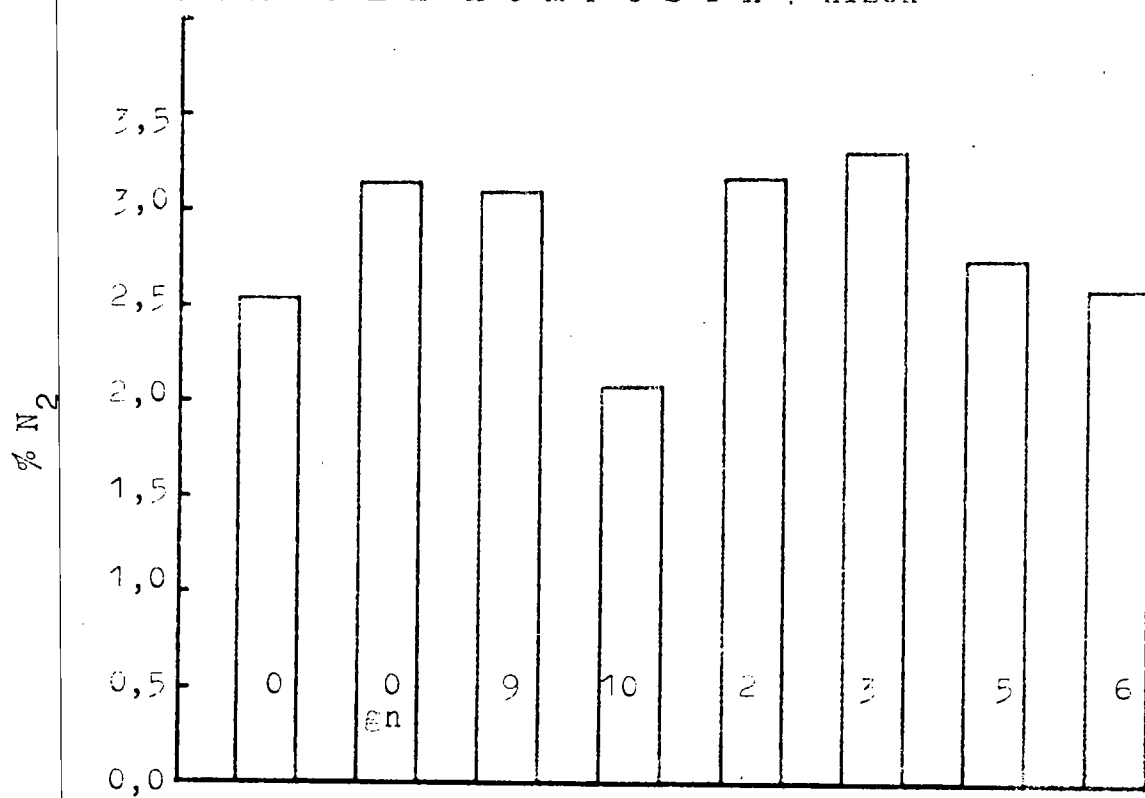


ODMEREK KOMPOSTA : visok

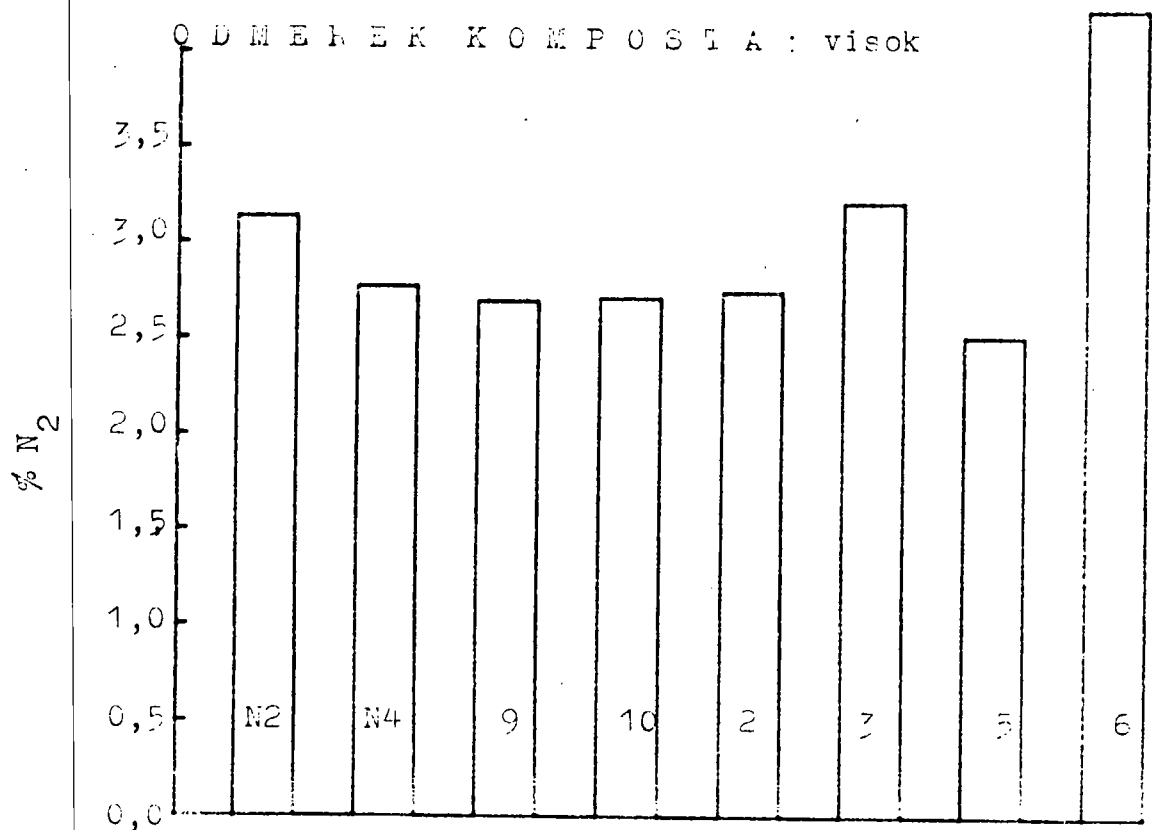




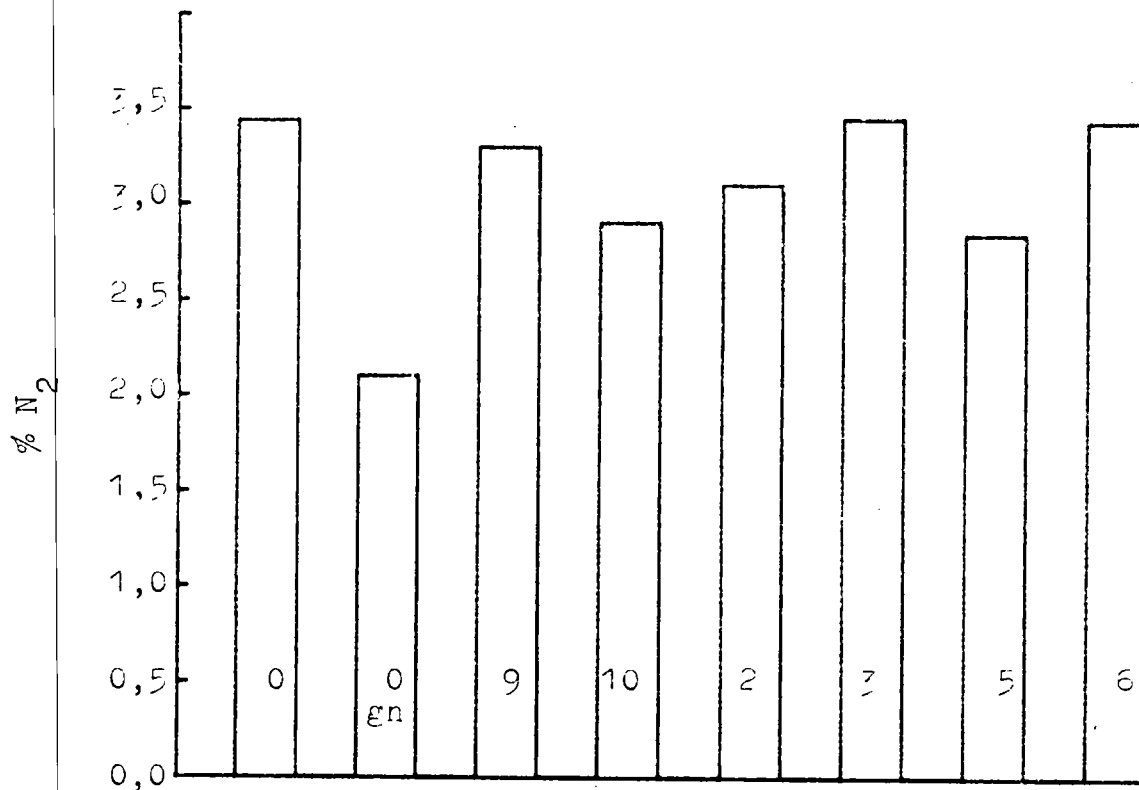
ELEMENT: dušik  
REZ : prva  
ODMEREK KOMPOSTA : nizek



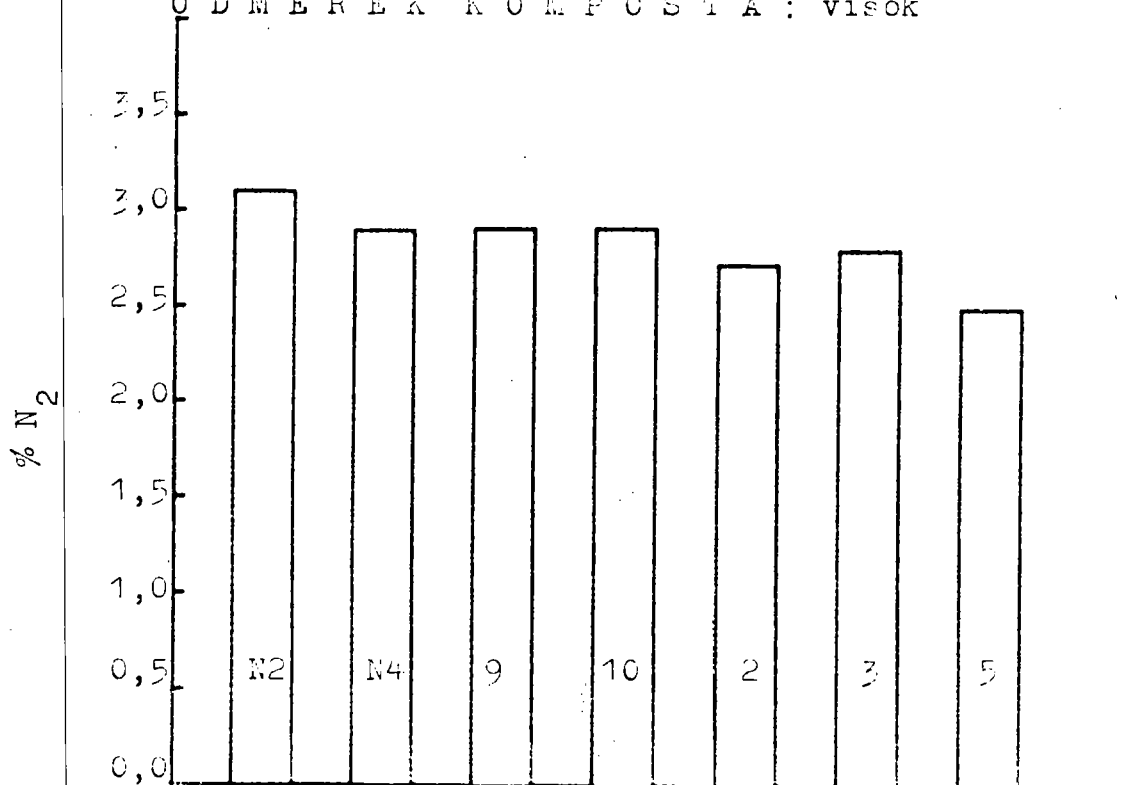
ODMEREK KOMPOSTA : visok



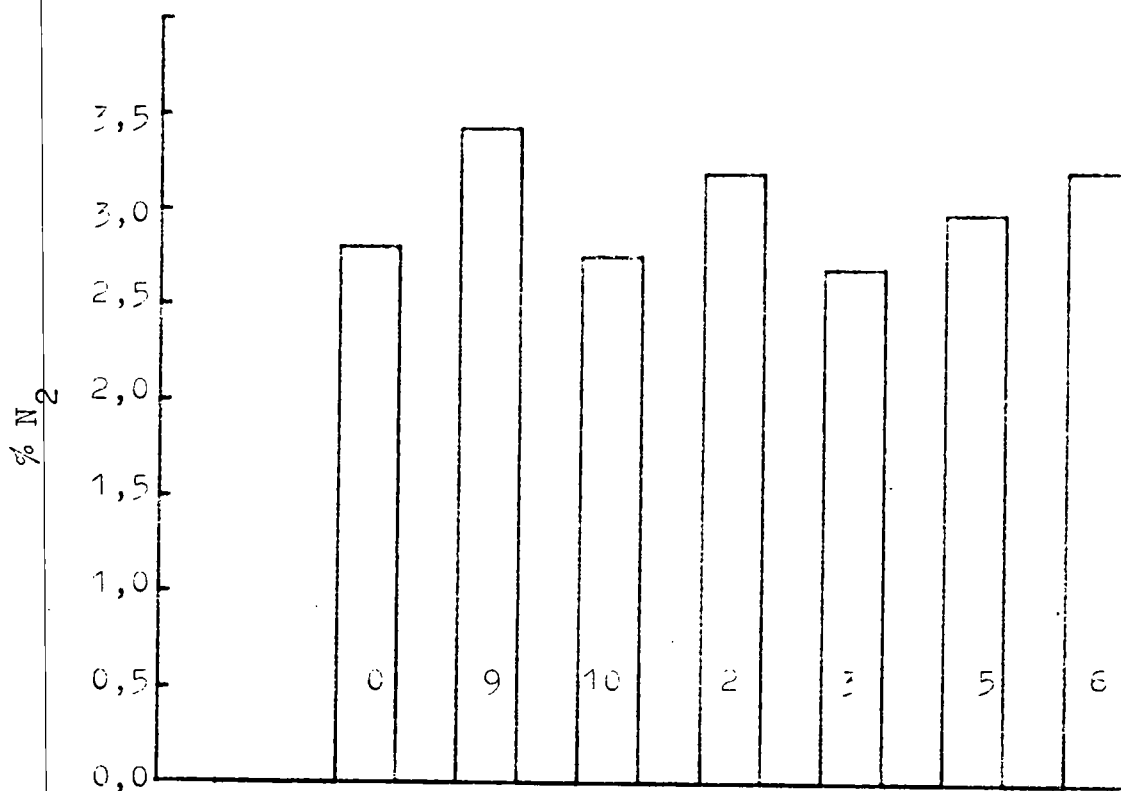
E L E M E N T : dušik  
 R E Z : druga  
 O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



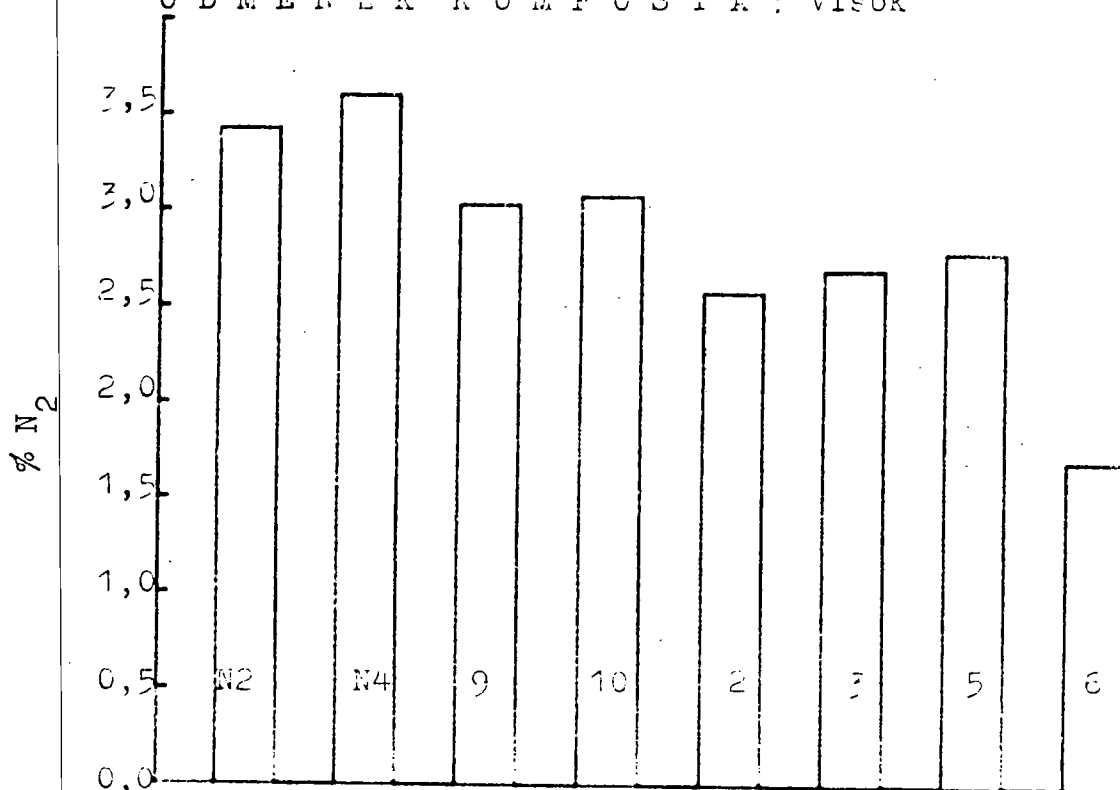
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



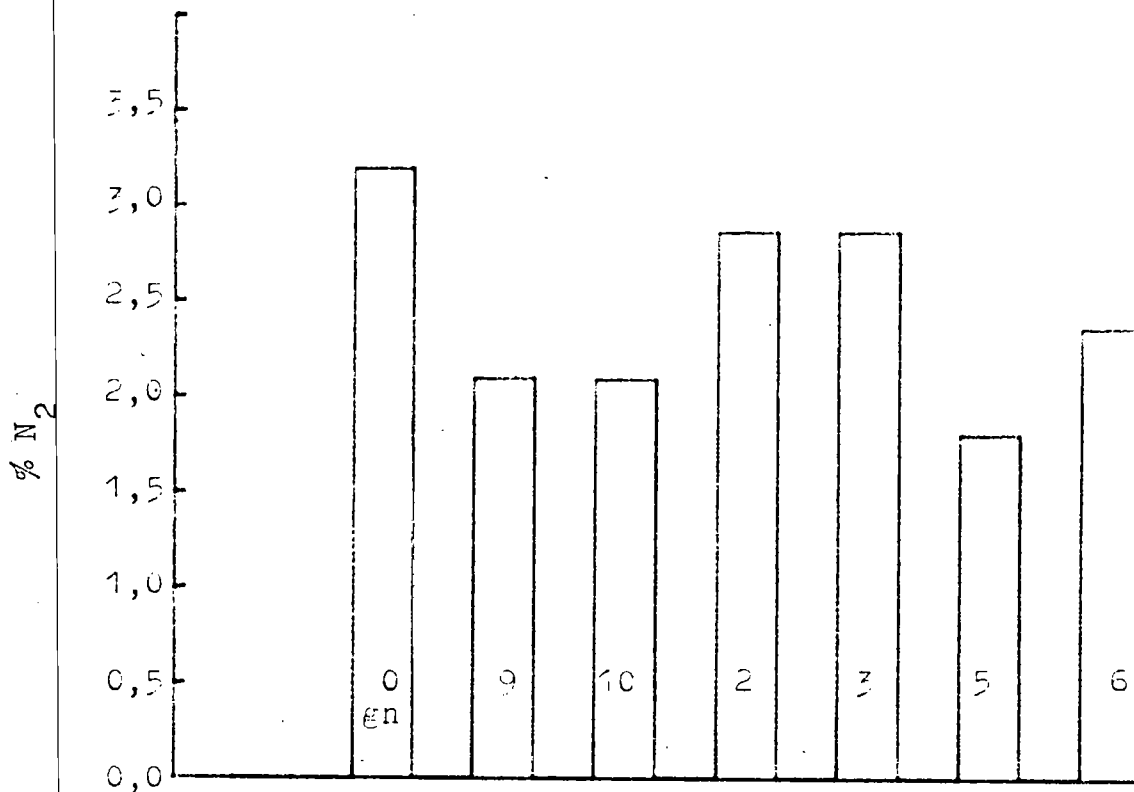
E L E M E N T : dušik  
R E Z : tretja  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



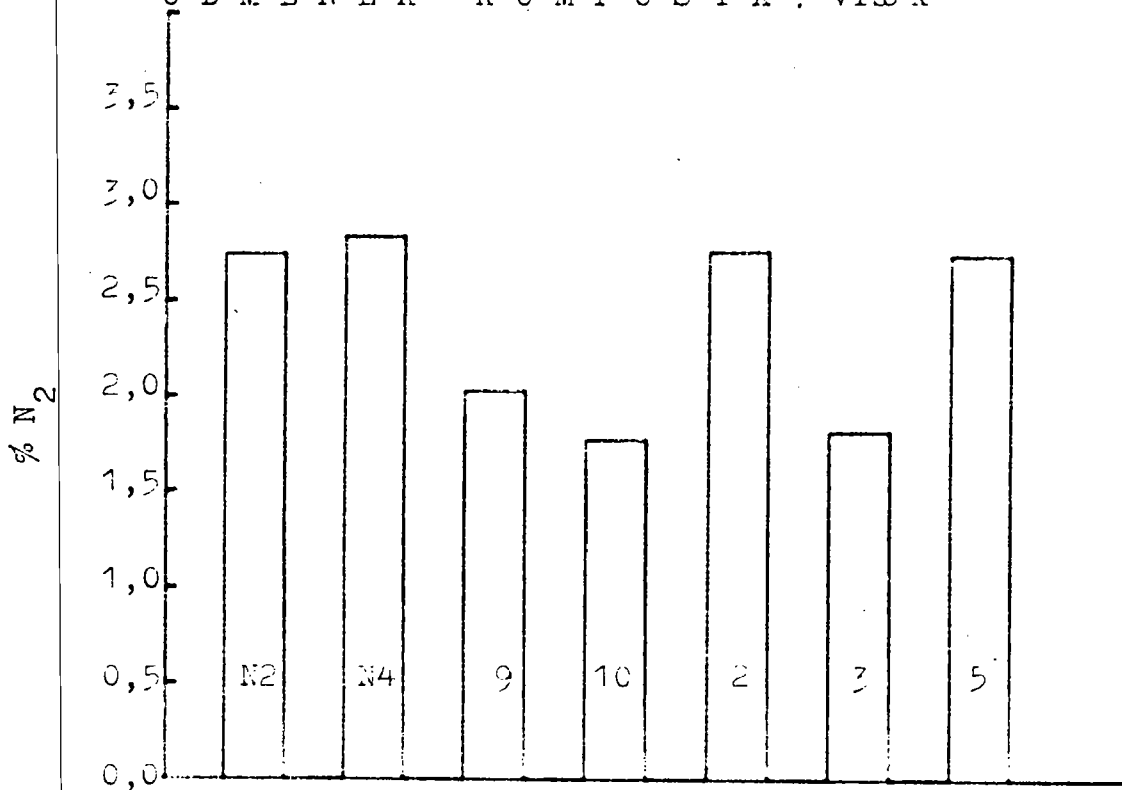
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



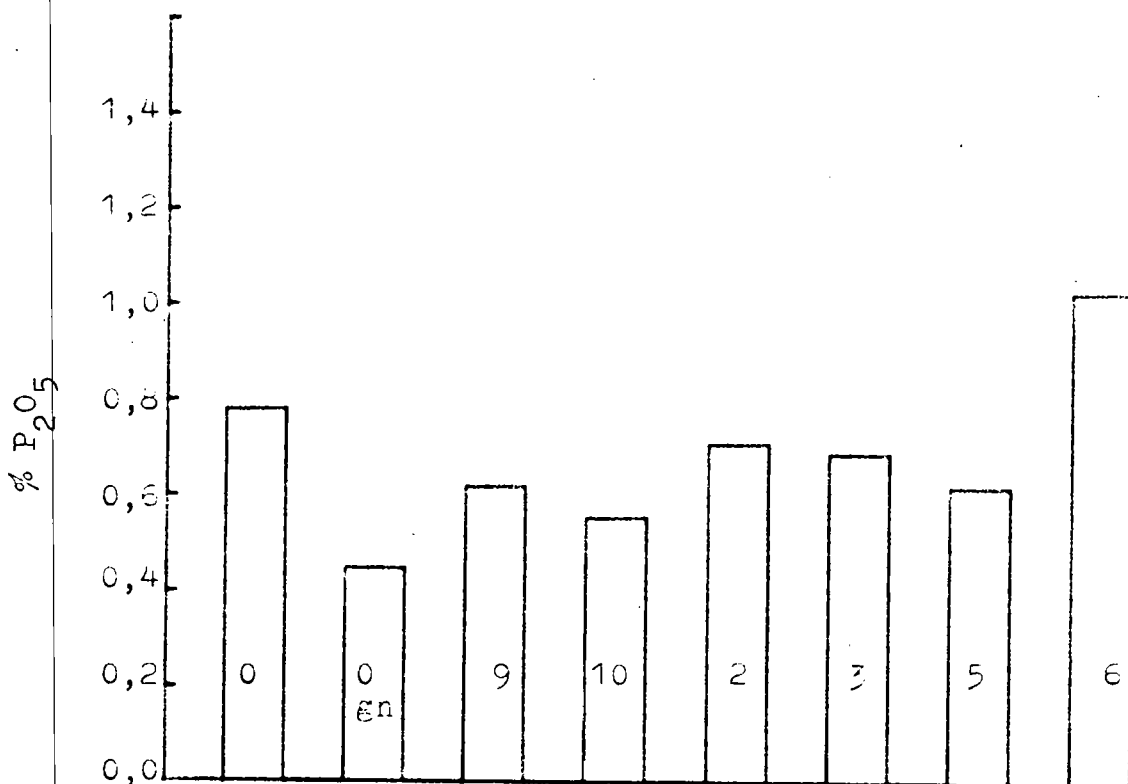
ELEMENT : dušik  
REZ : četrta  
ODMEREK KOMPOSTA : nizek



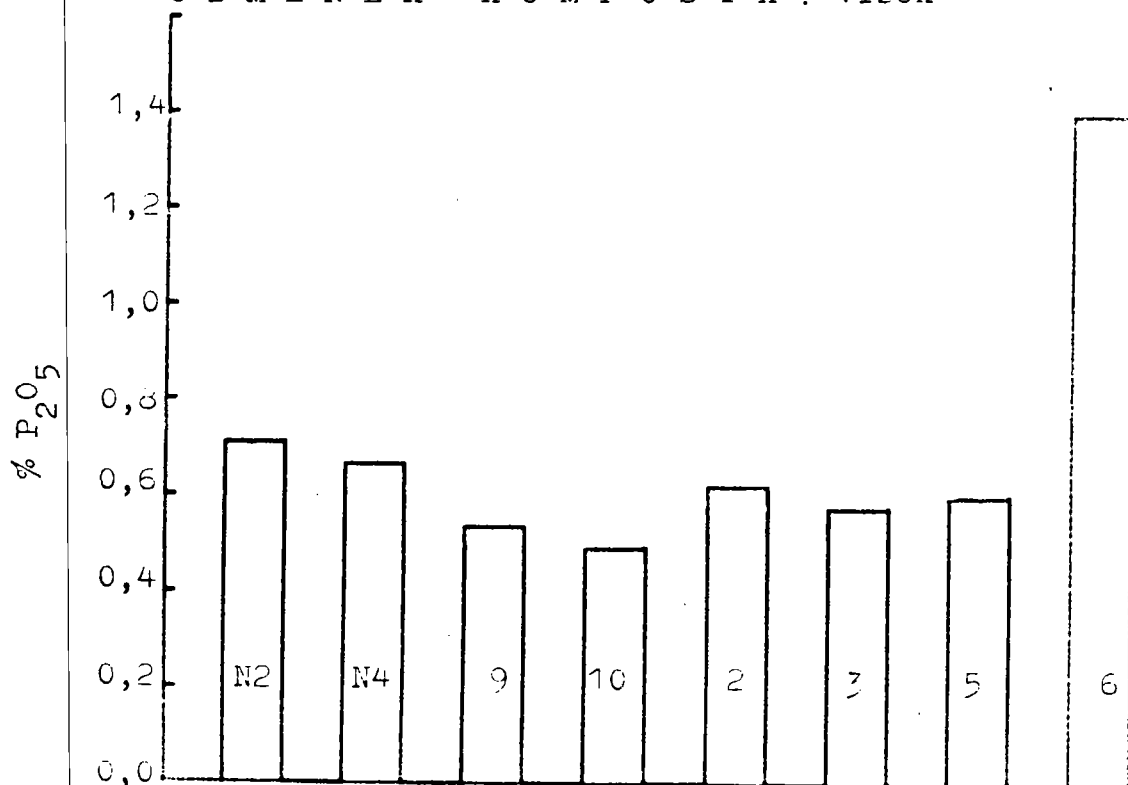
ODMEREK KOMPOSTA : visok



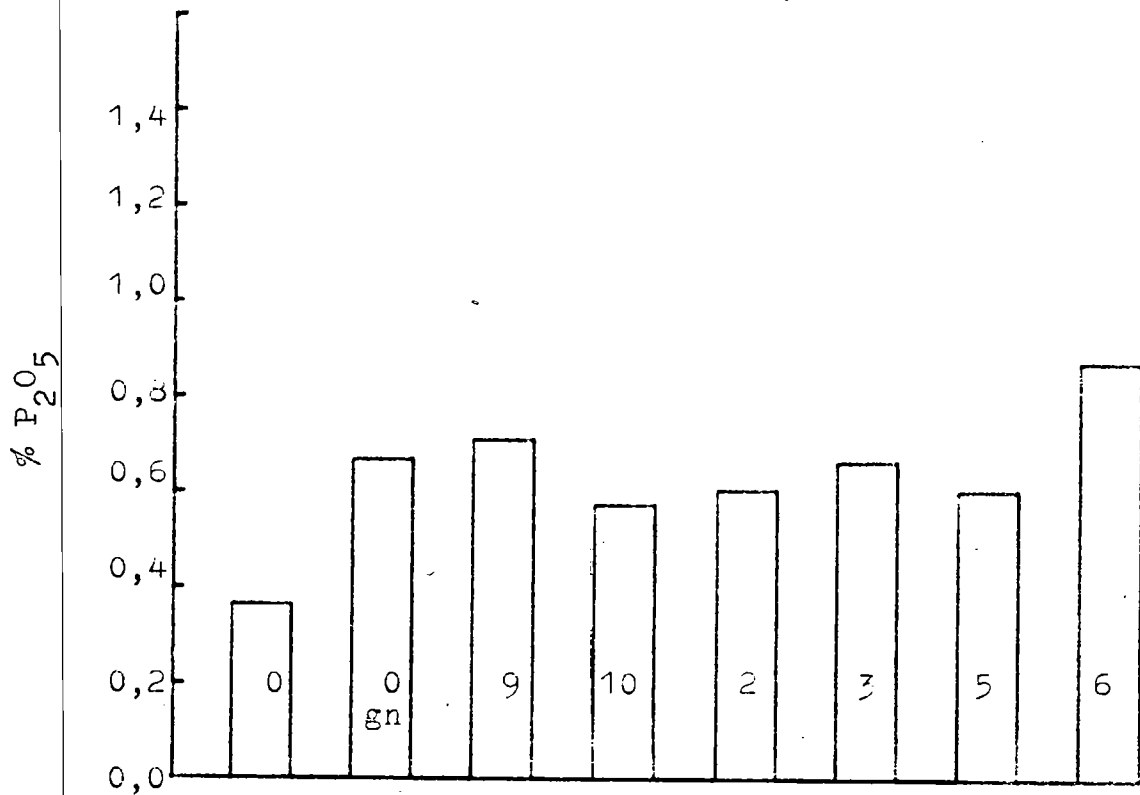
E L E M E N T : fosfor  
R E Z : druga  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



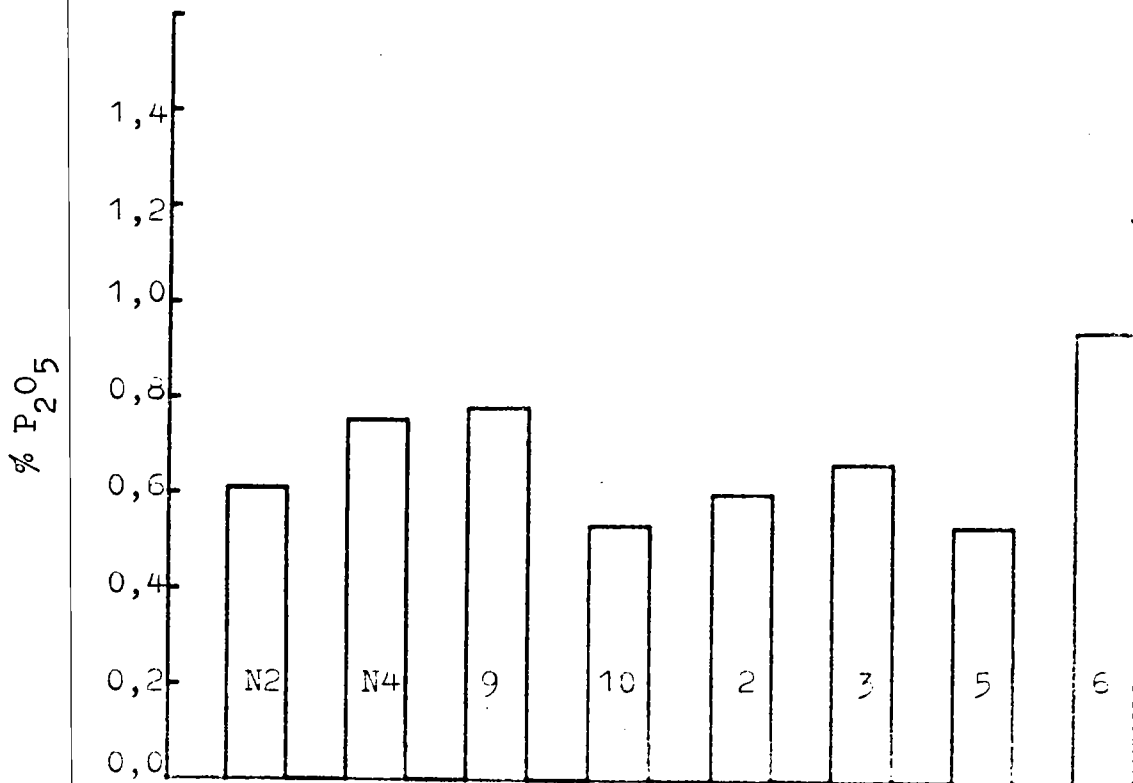
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



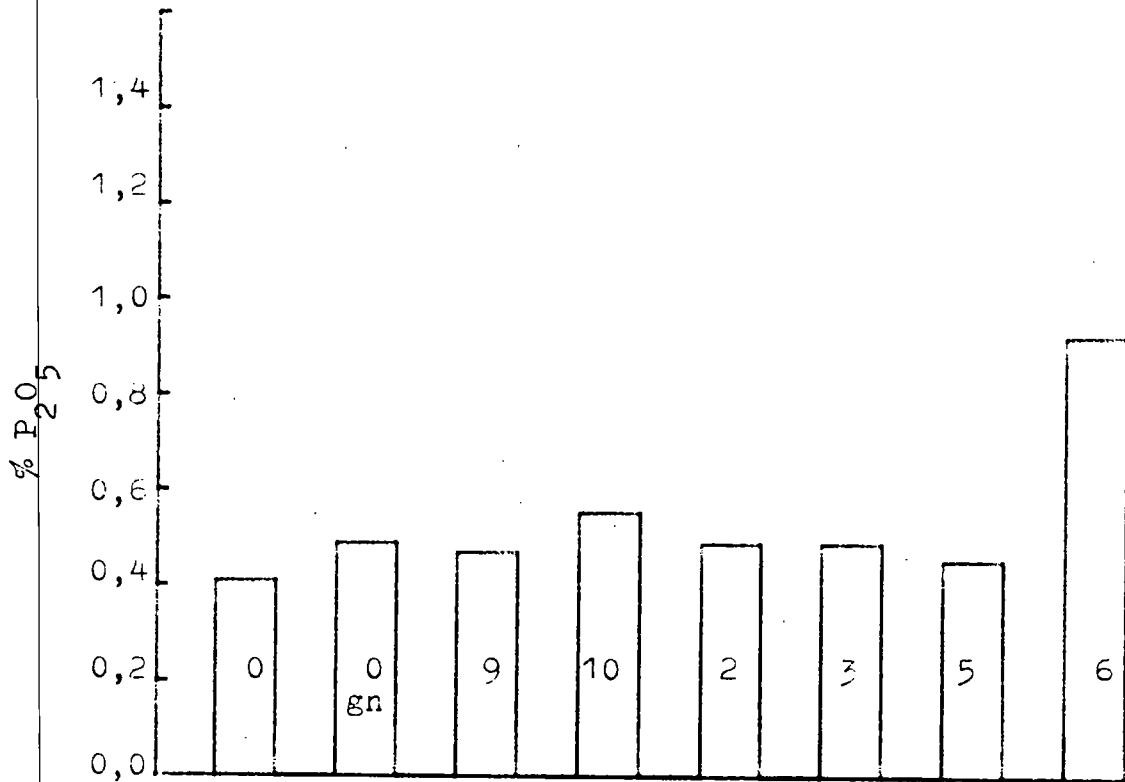
E L E M E N T : fosfor  
R E Z : tretja  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



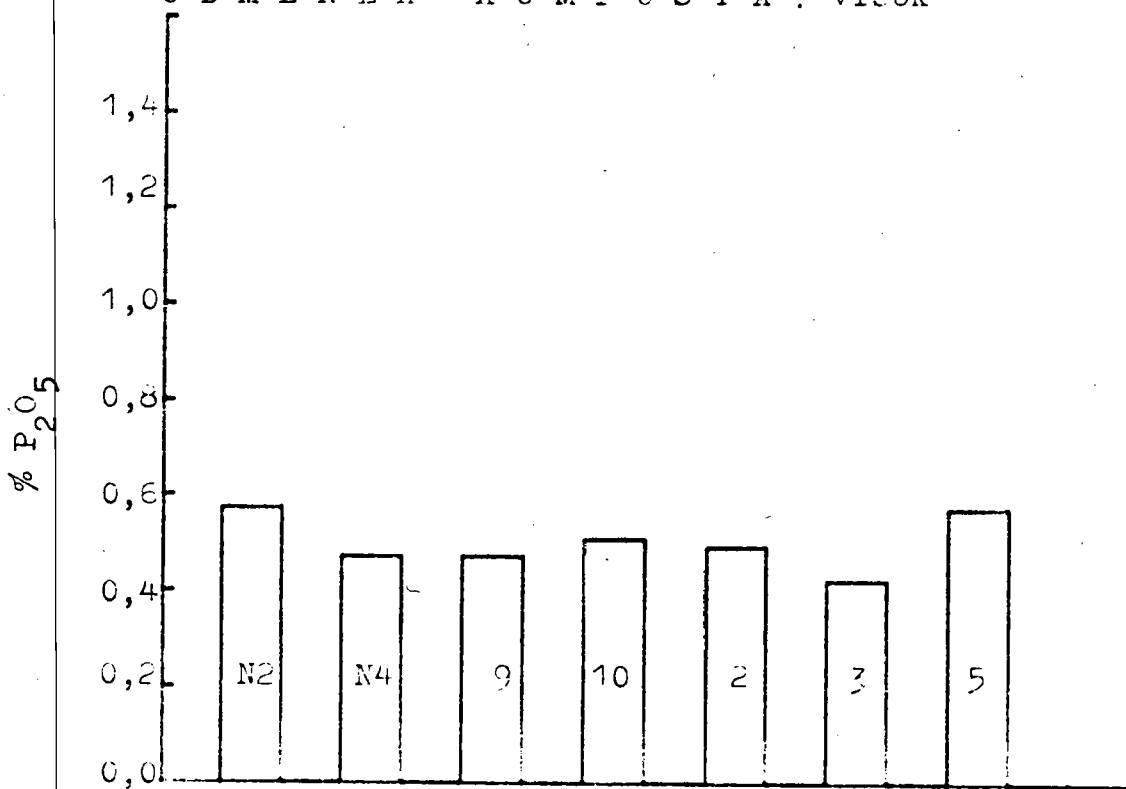
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



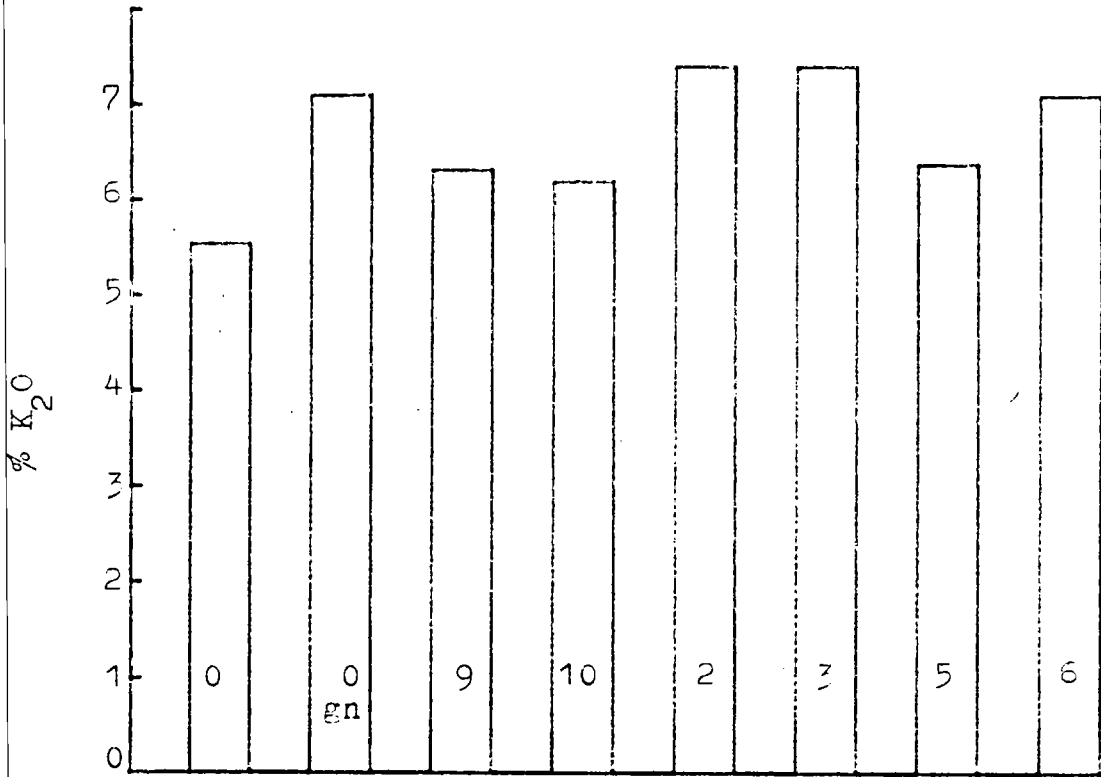
E L E M E N T : fosfor  
R E Z : četvrt  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



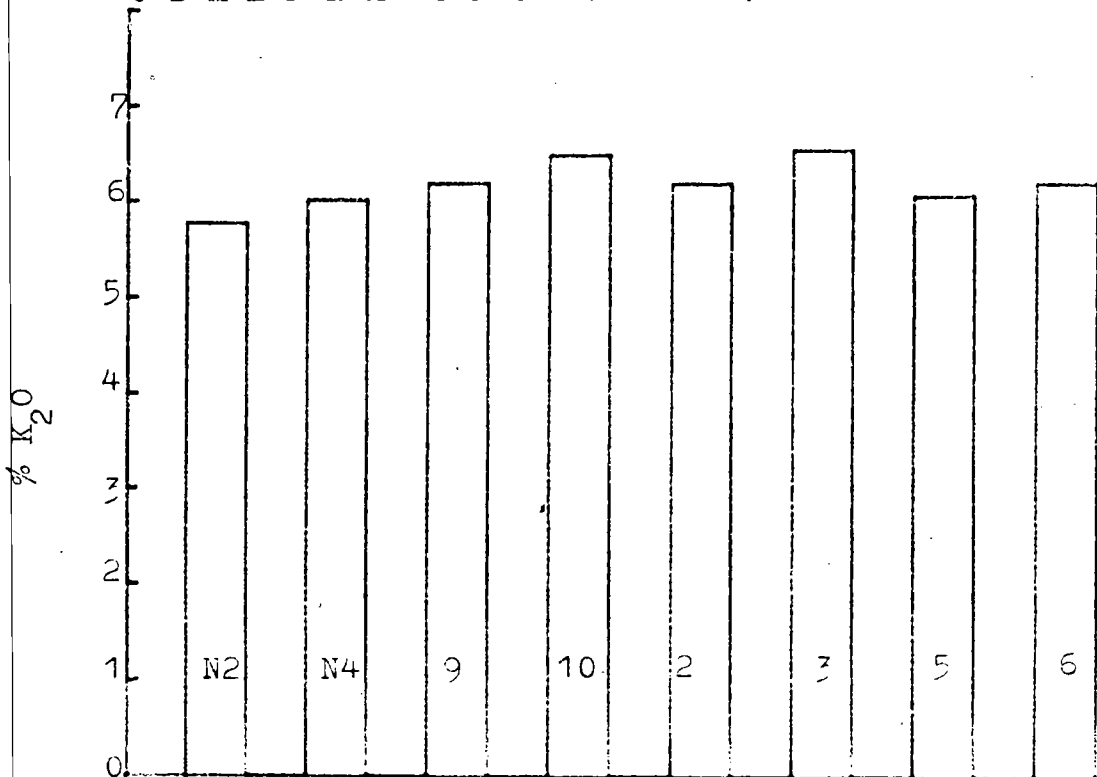
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



E L E M E N T : kalij  
R E Z : prva  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek

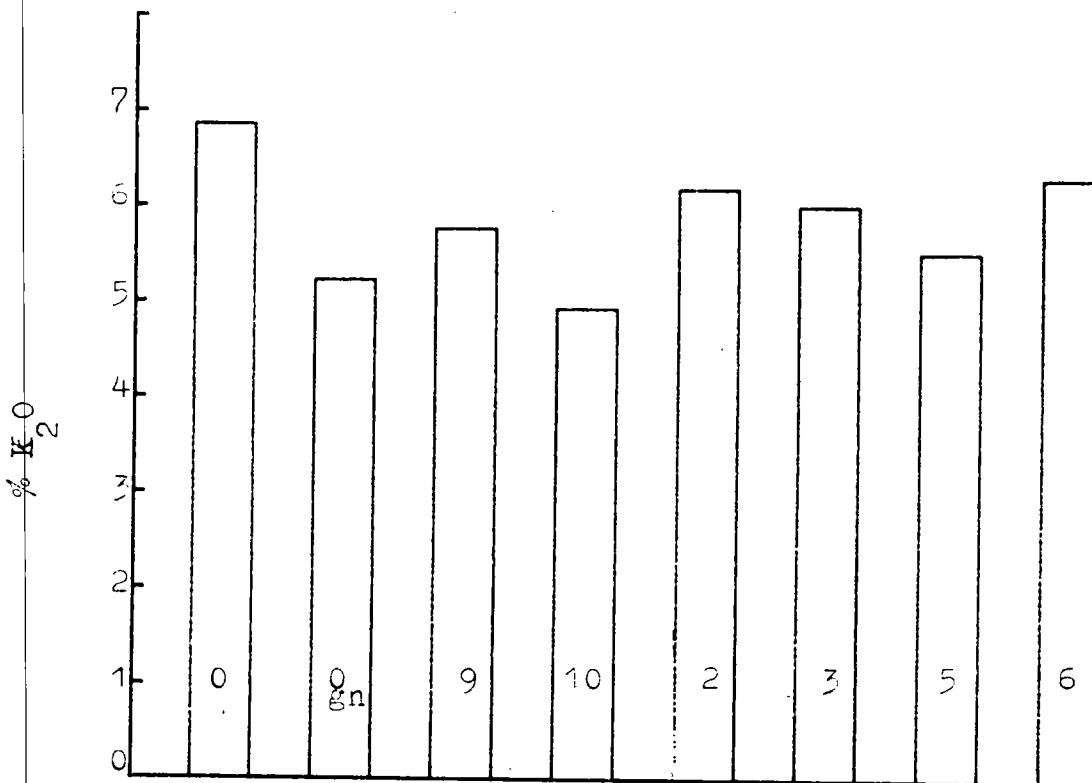


O D M E R E K K O M P O S T A : visok

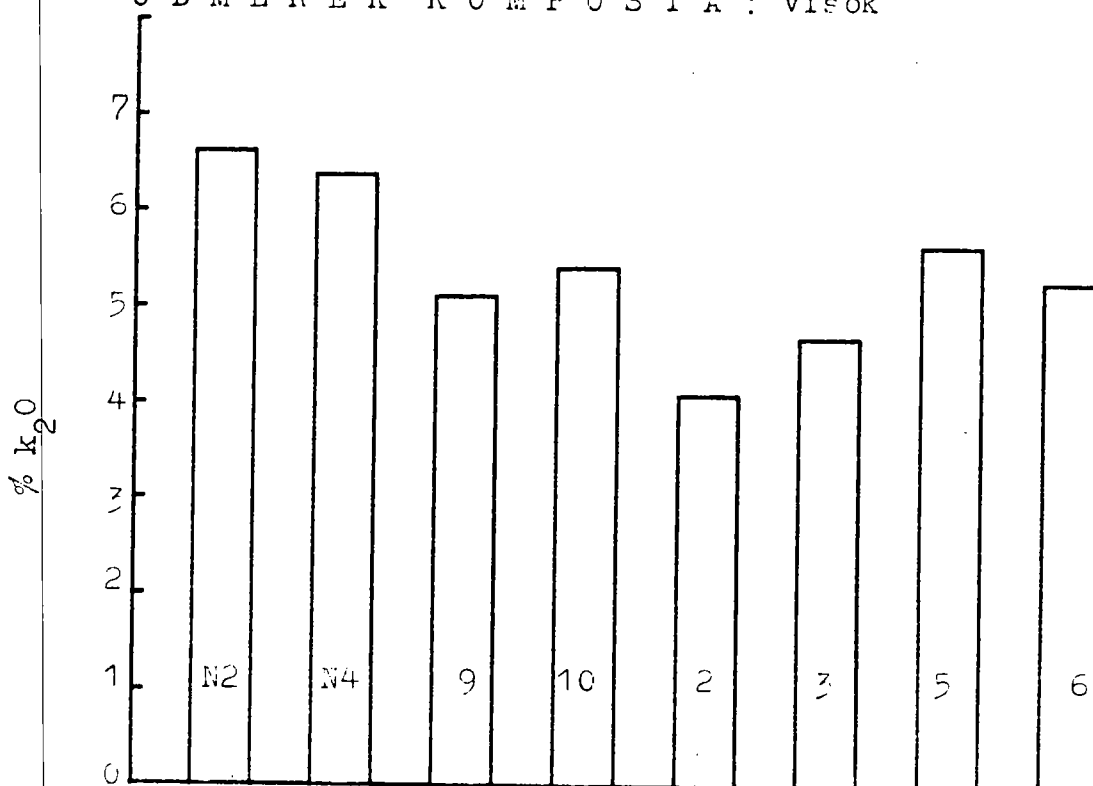




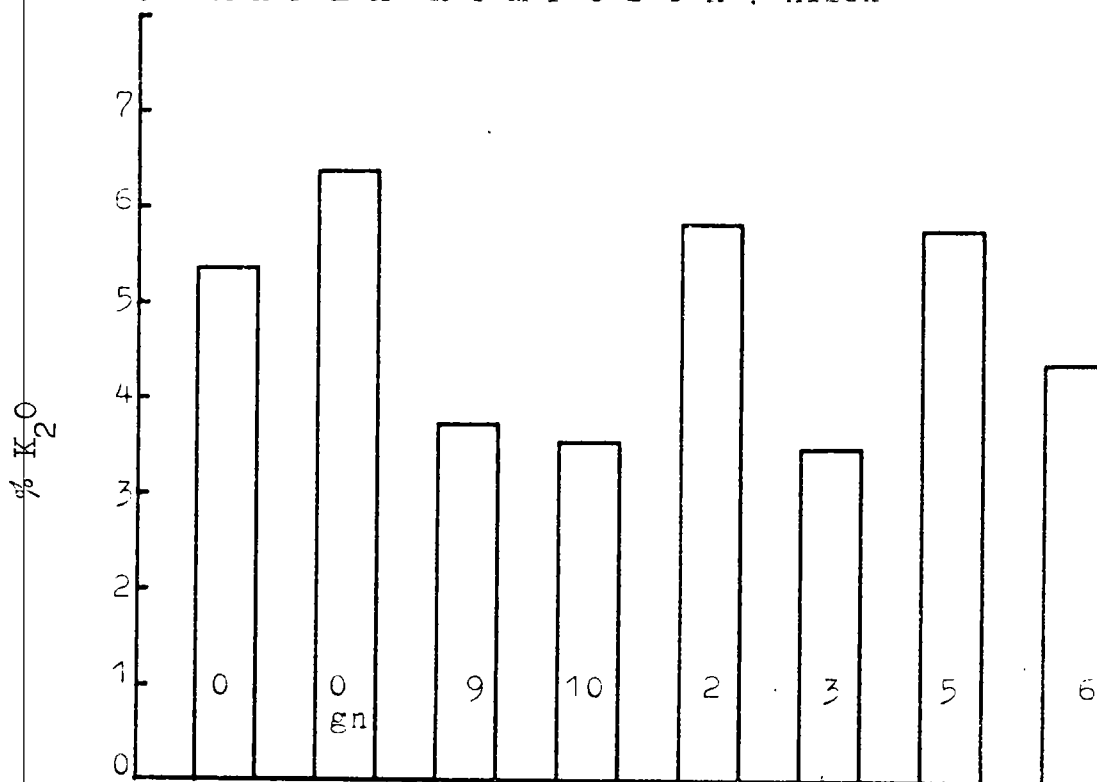
E L E M E N T : kalij  
R E Z : druga  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



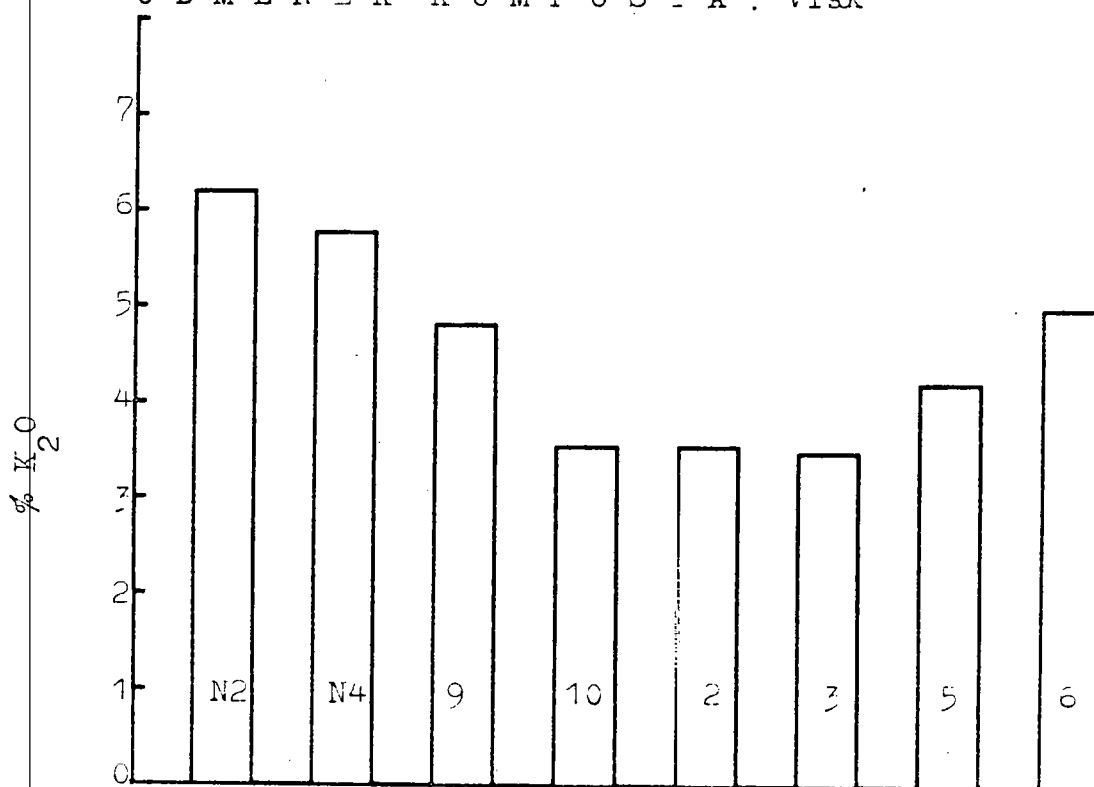
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



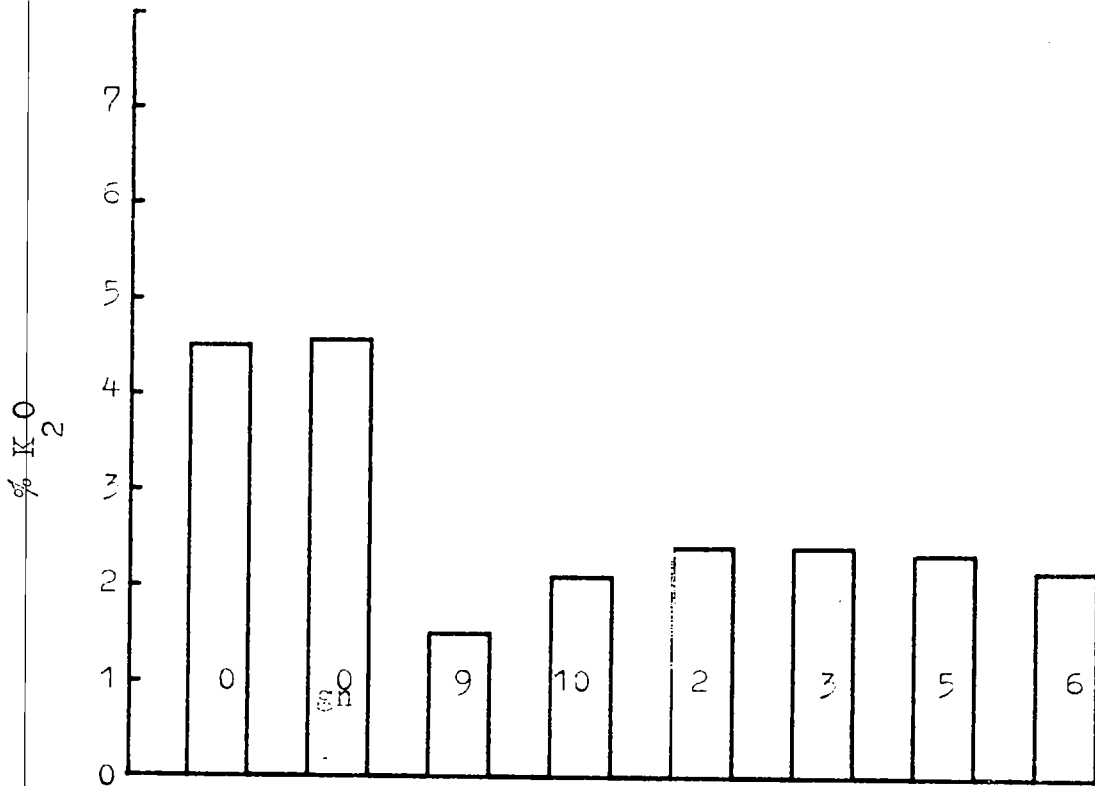
E L E M E N T : kalij  
R E Z : tretja  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



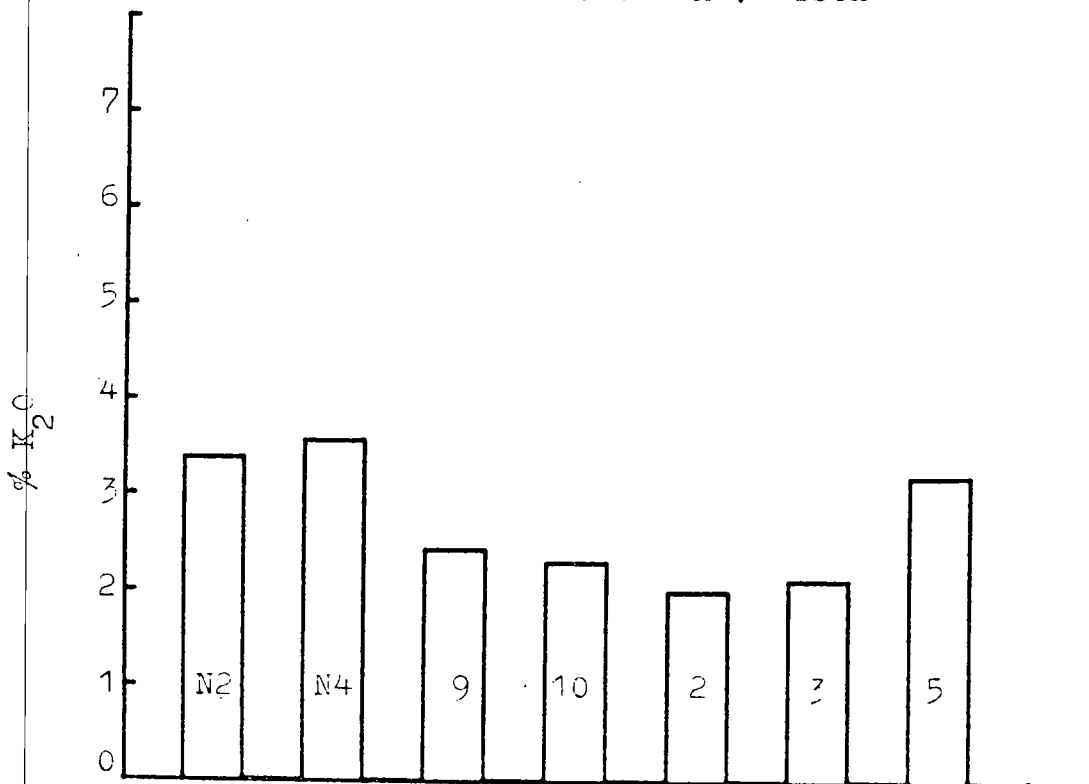
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



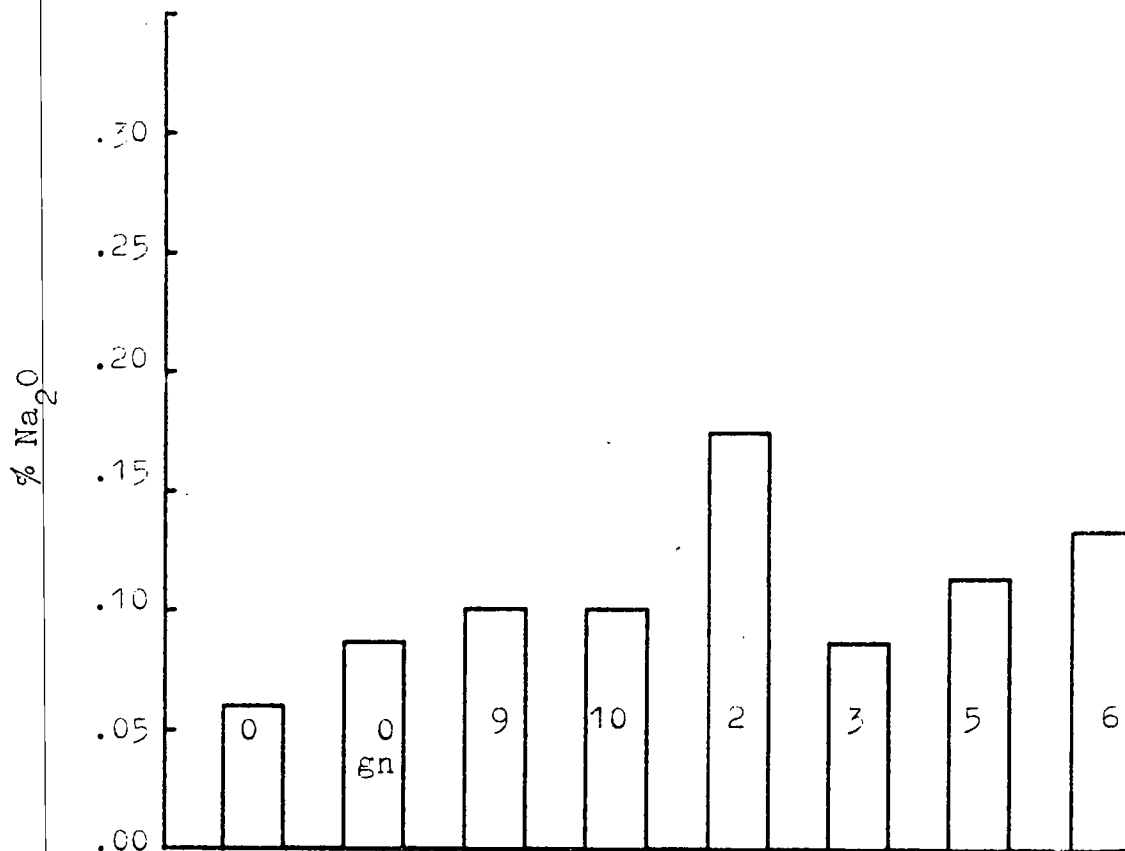
E L E M E N T : kalij  
R E Z : četrti  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



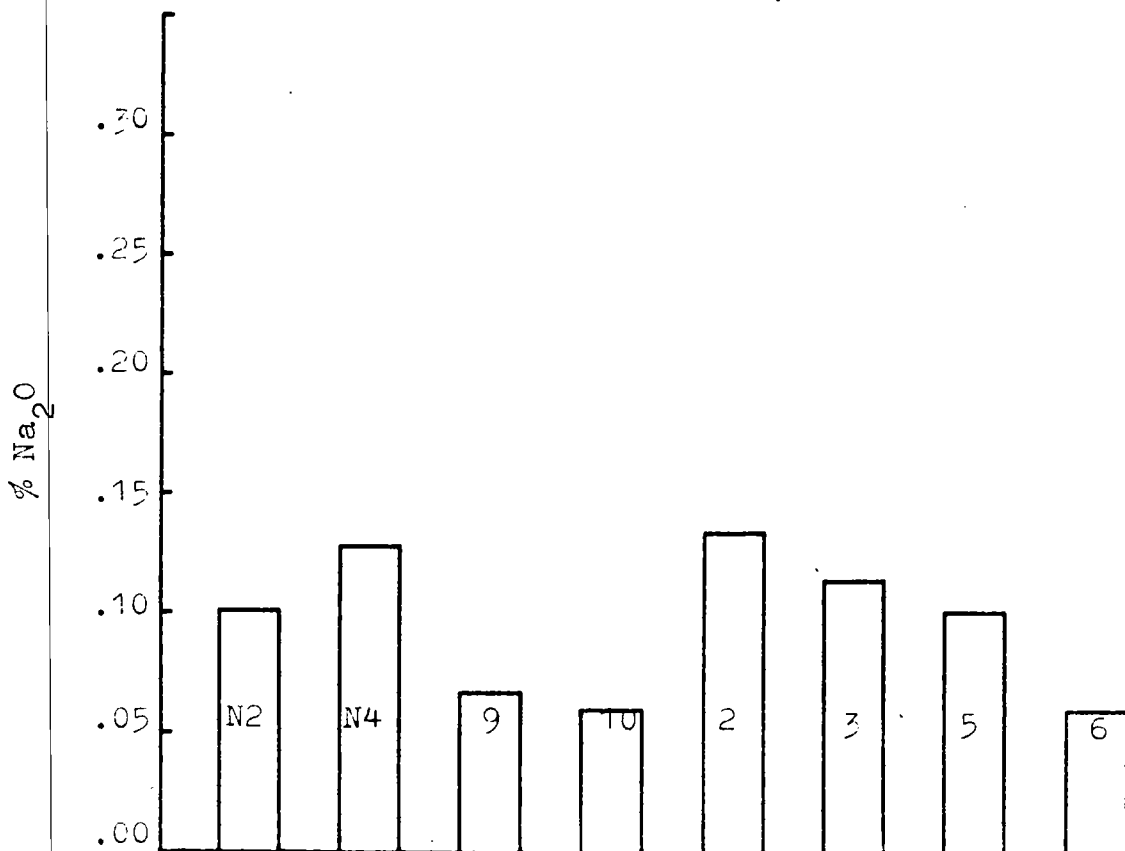
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



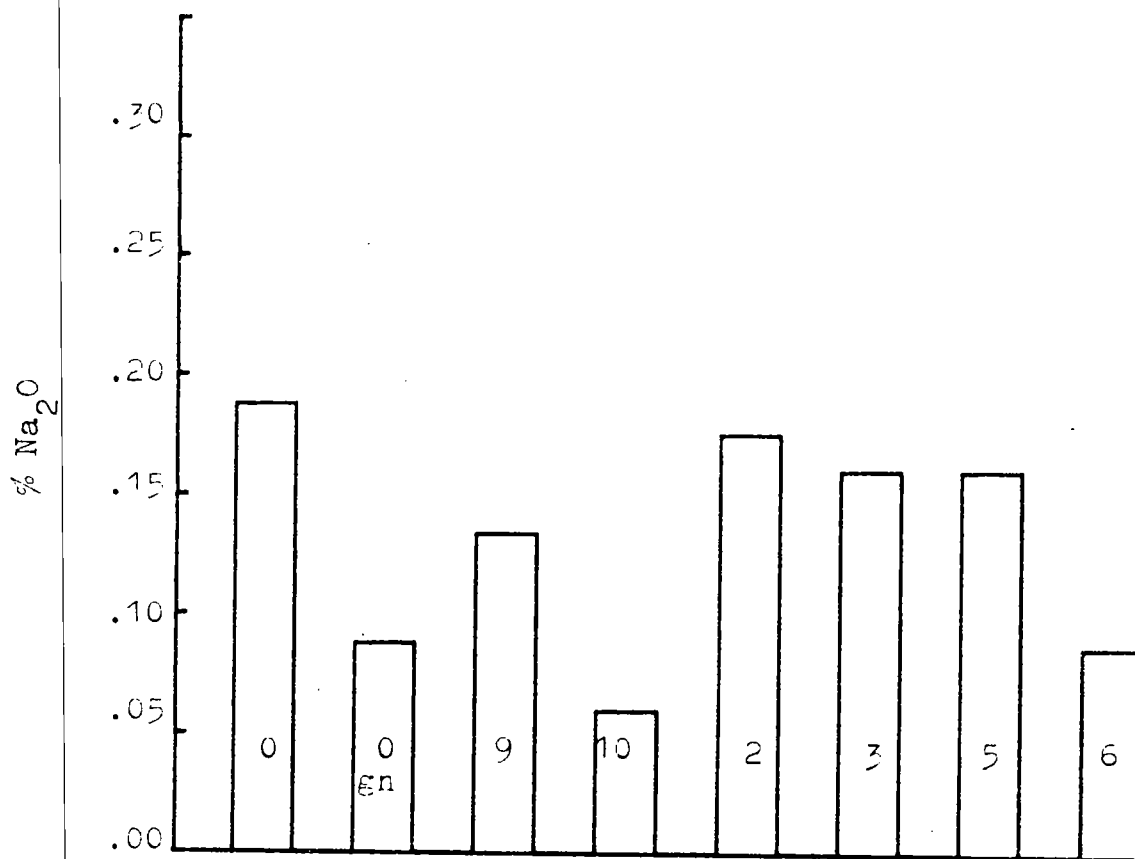
E L E M E N T : natrij  
R E Z : prva  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



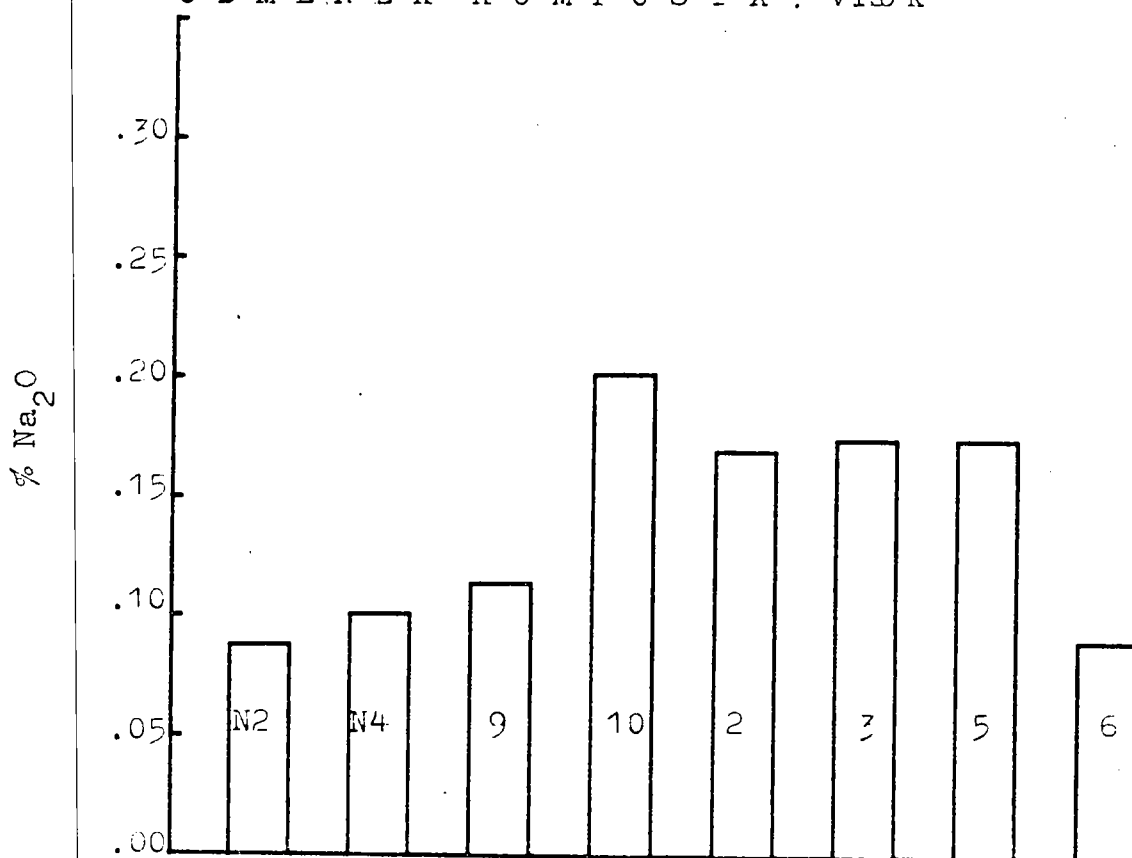
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



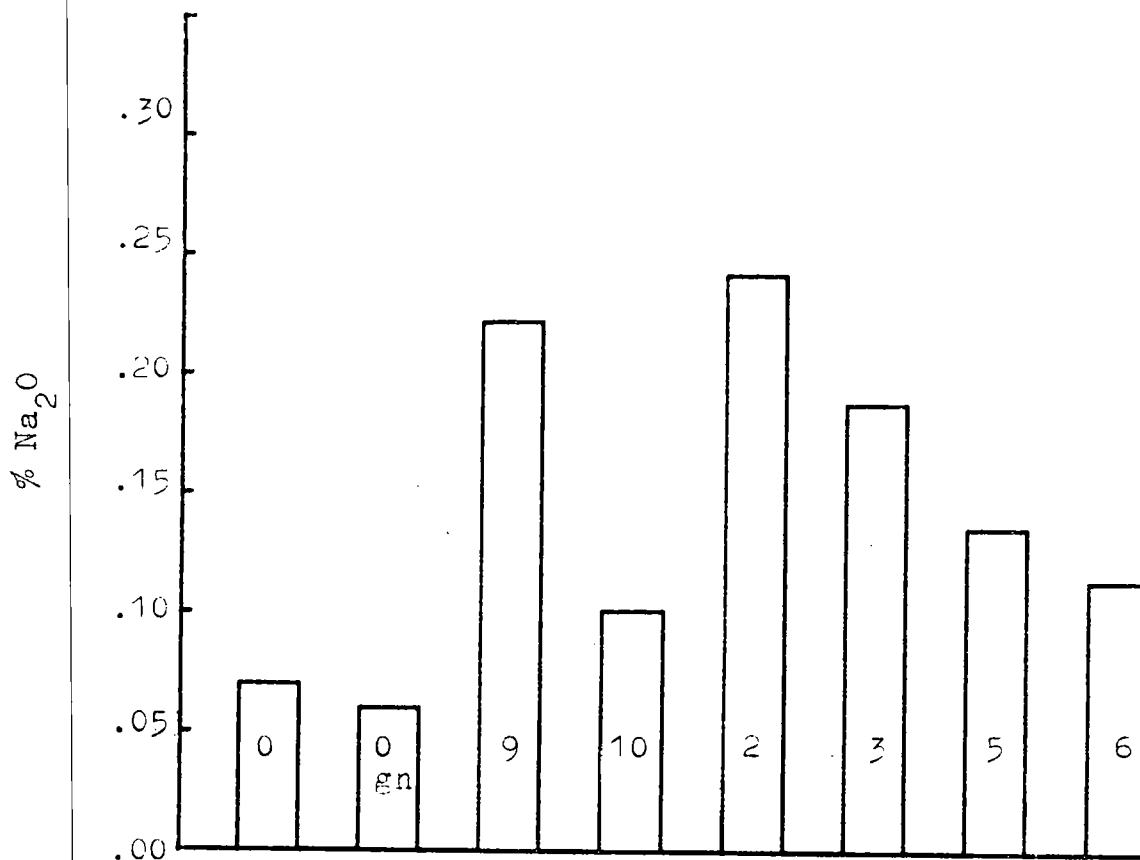
E L E M E N T : natrij  
R E Z : druga  
O D M E R E K K O M P O S I T A : nizek



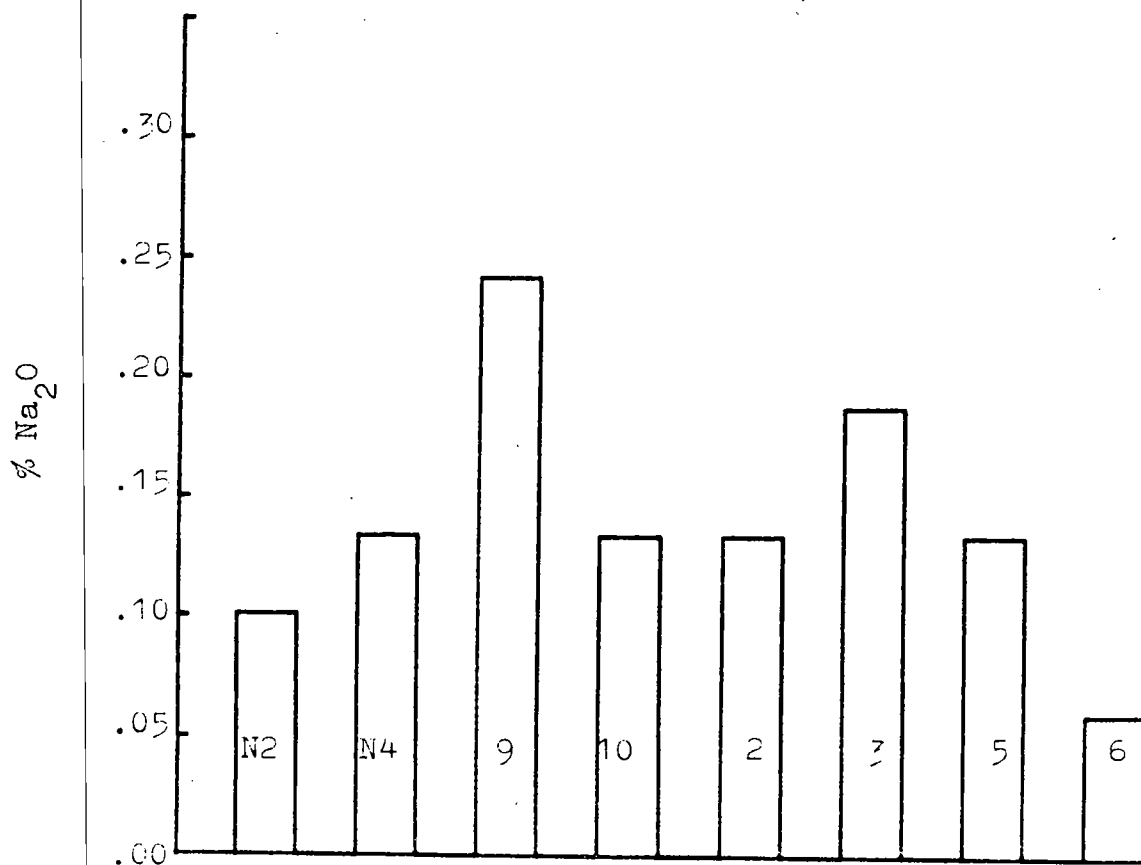
O D M E R E K K O M P O S I T A : visok



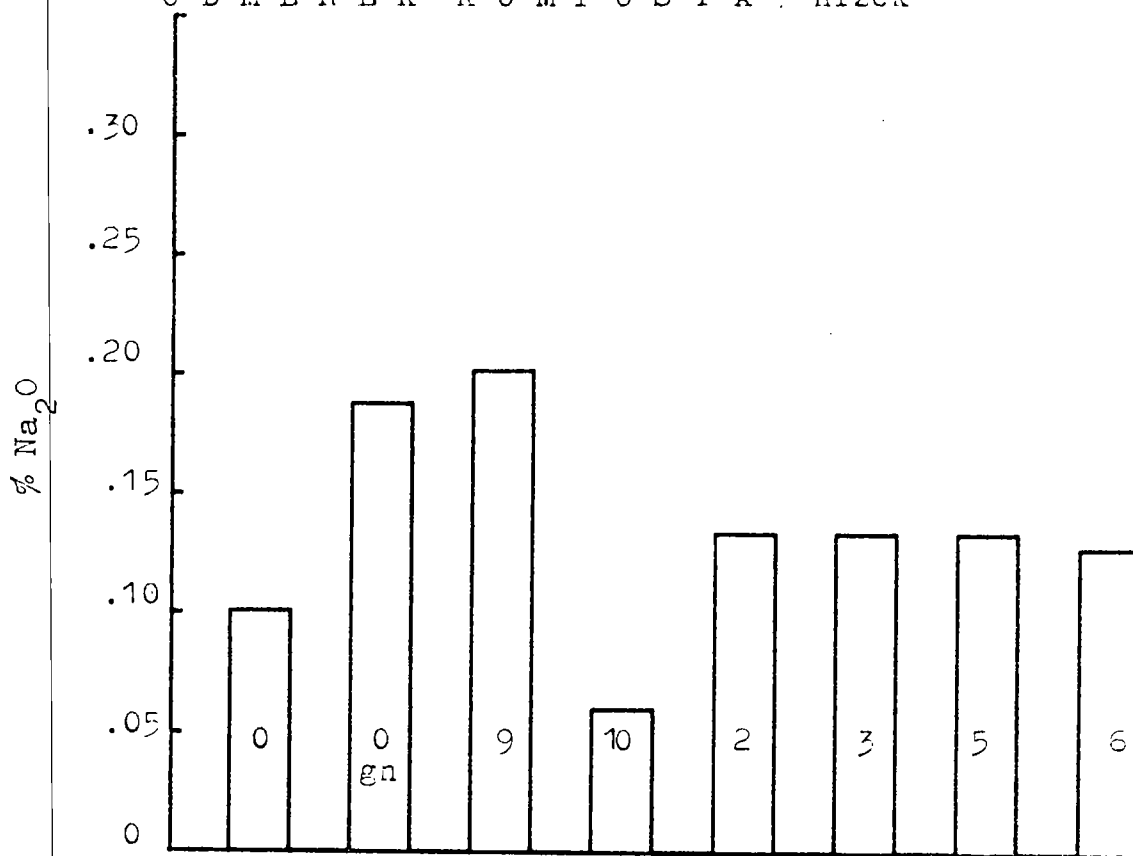
E L E M E N T : natrij  
R E Z : tretja  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



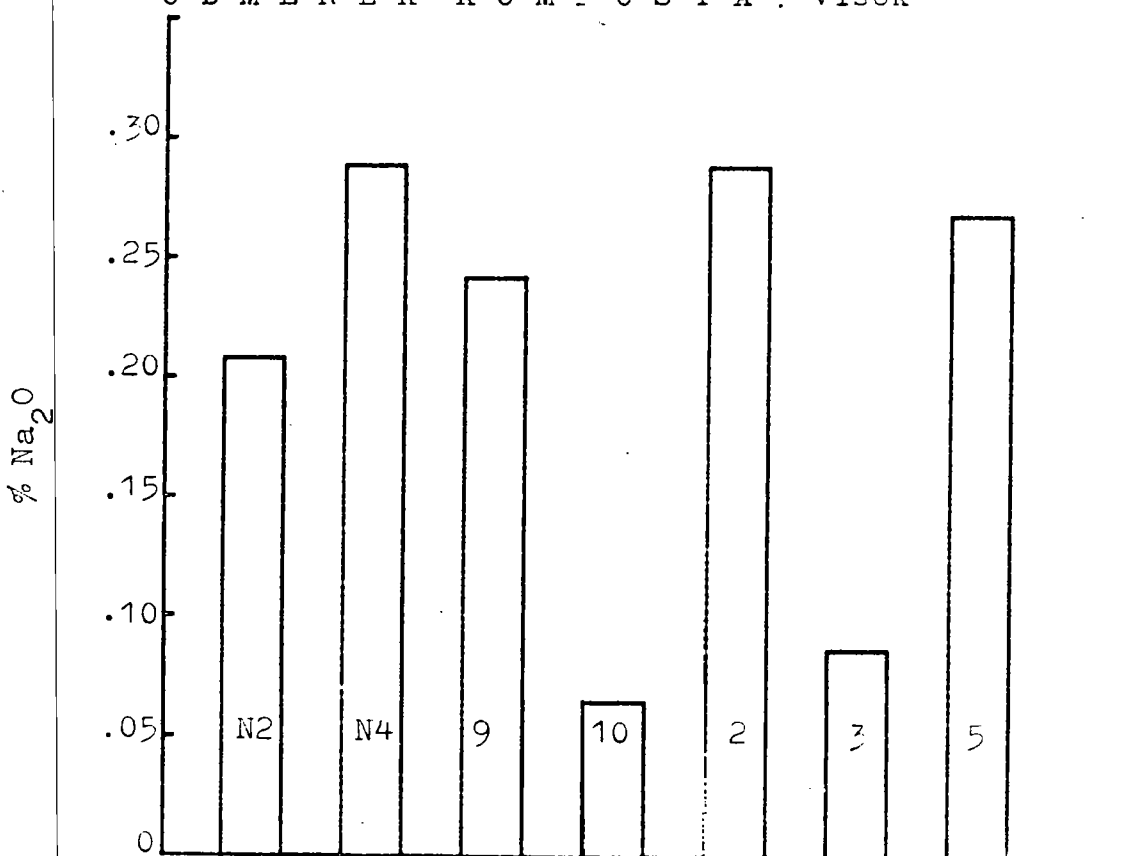
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



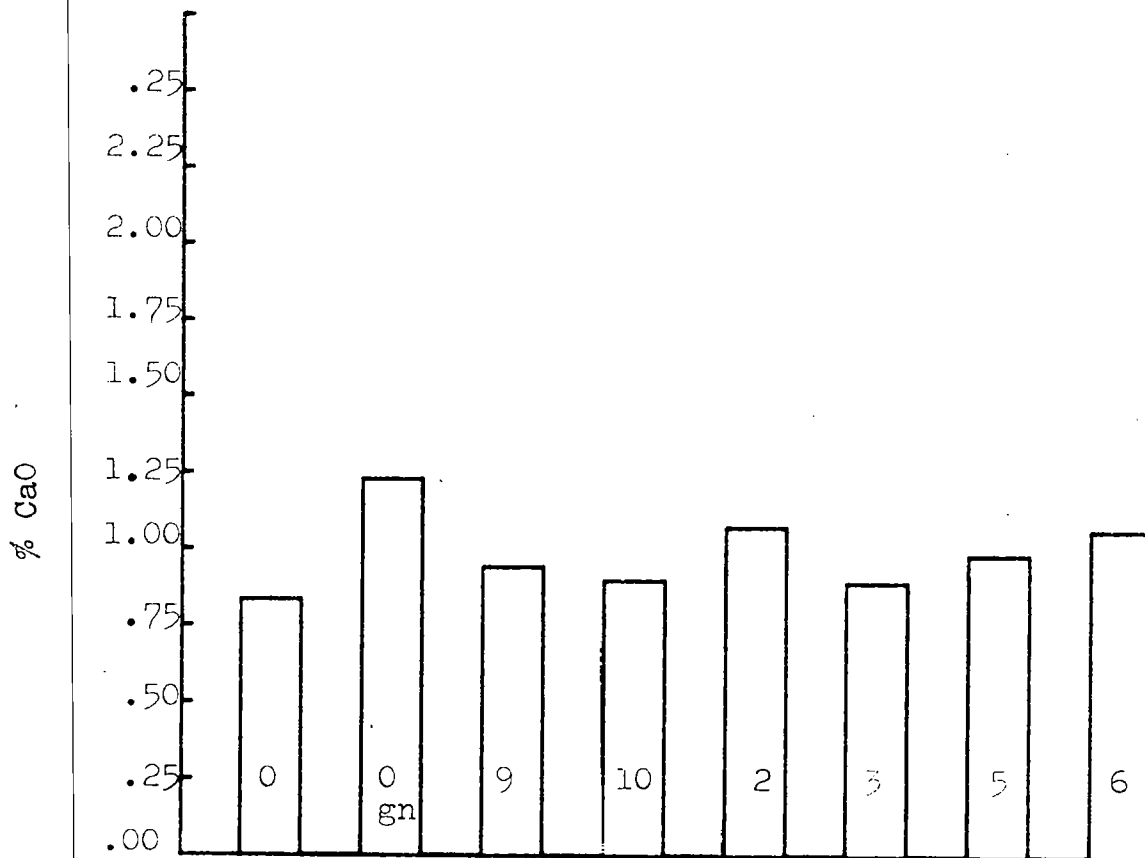
E L E M E N T : natrij  
R E Z : četrti  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



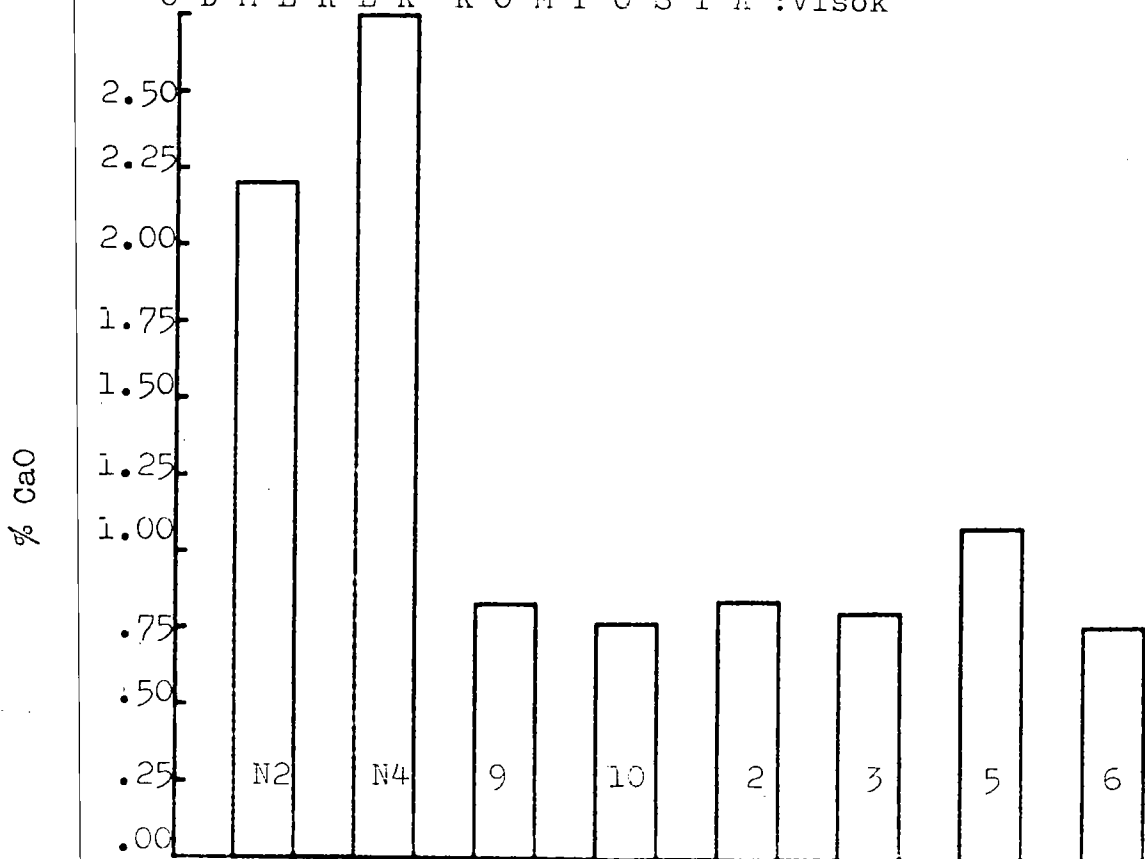
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



E L E M E N T :kalcij  
R E Z :prva  
O D M E R E K K O M P O S T A :nizek



O D M E R E K K O M P O S T A :visok

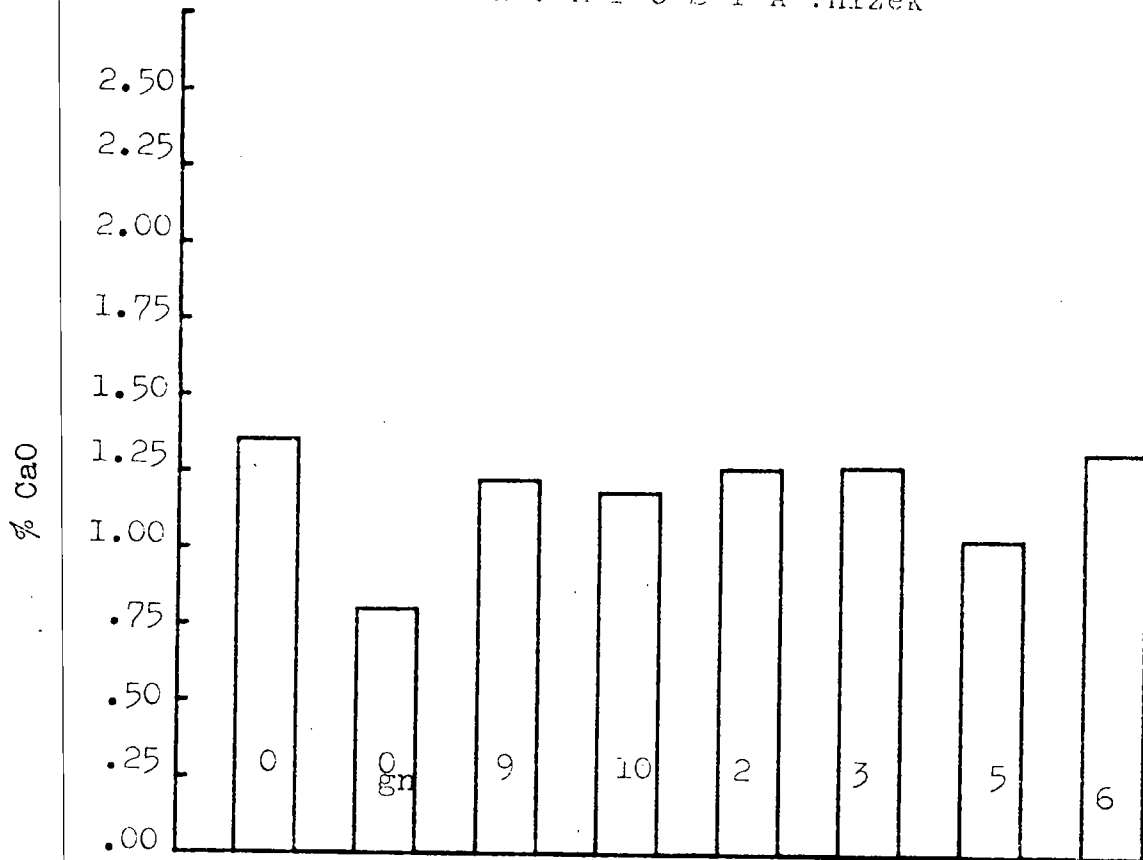




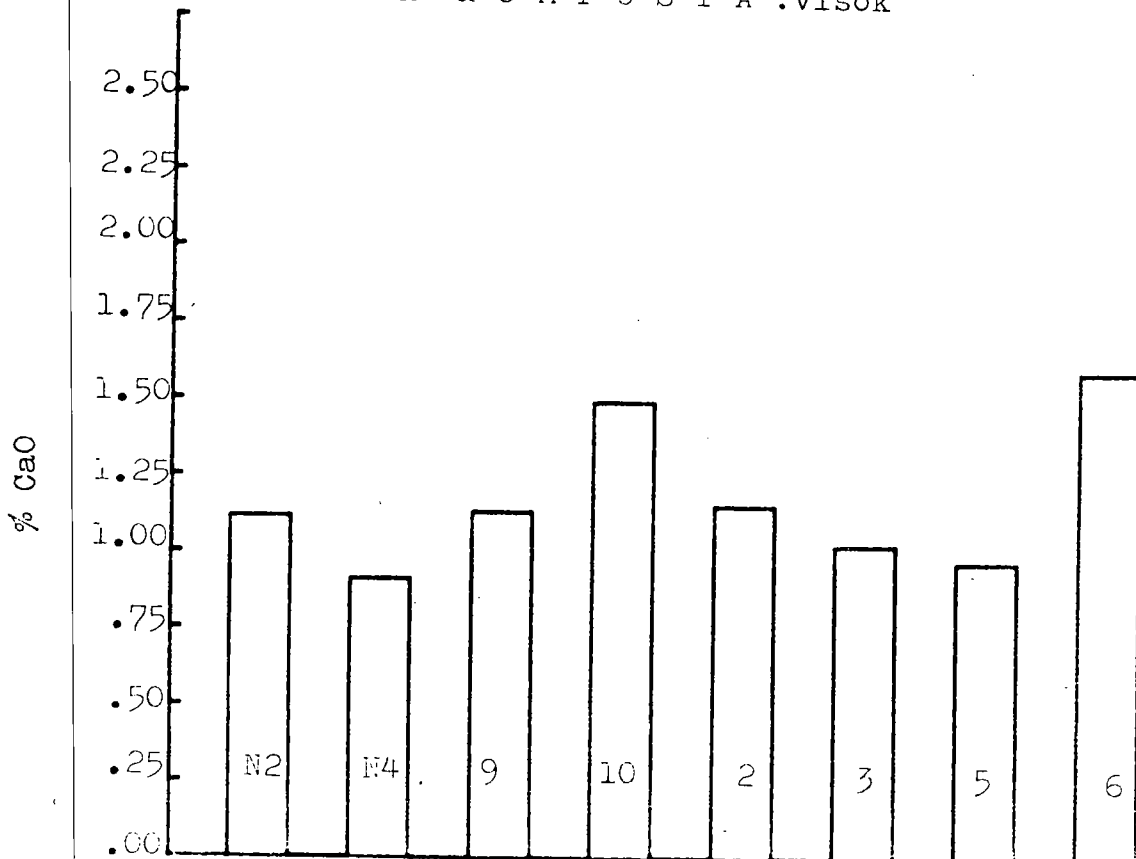
E L E M E N T :kalij

R E Z :druga

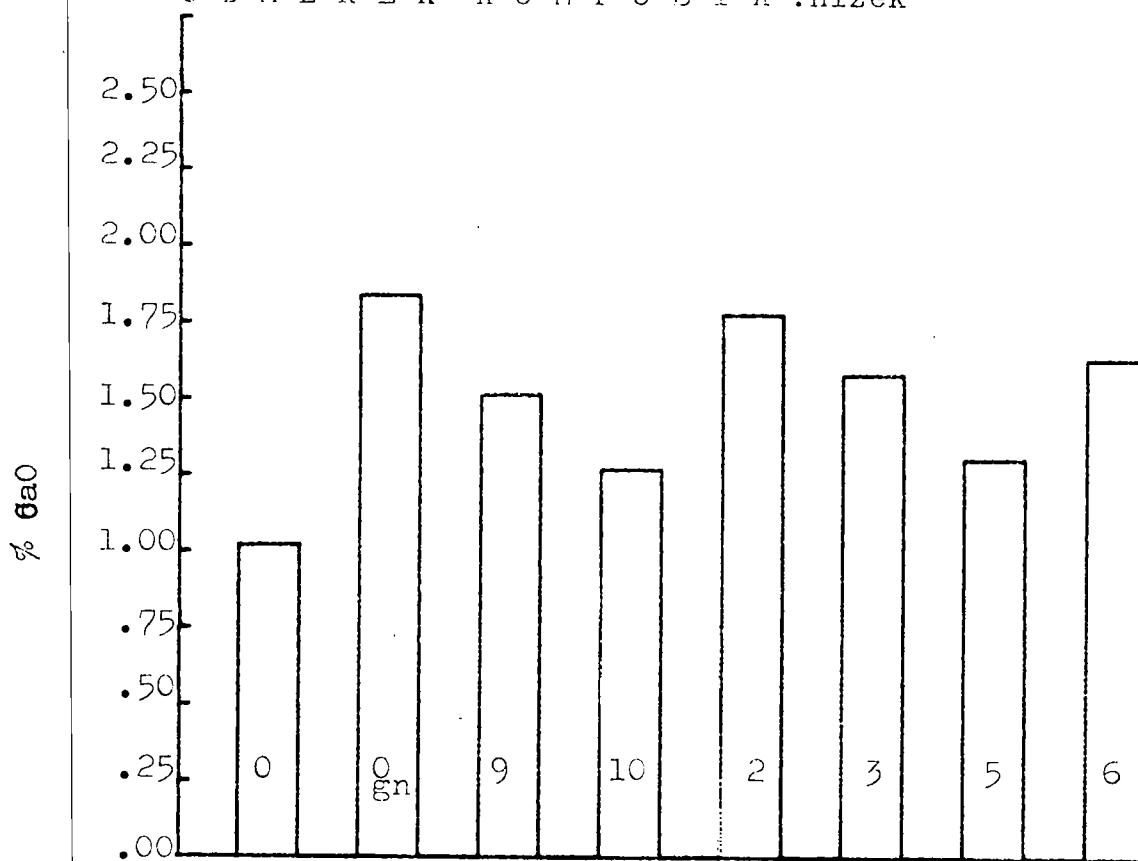
O D M E R E K K O M P O S T A :nizek



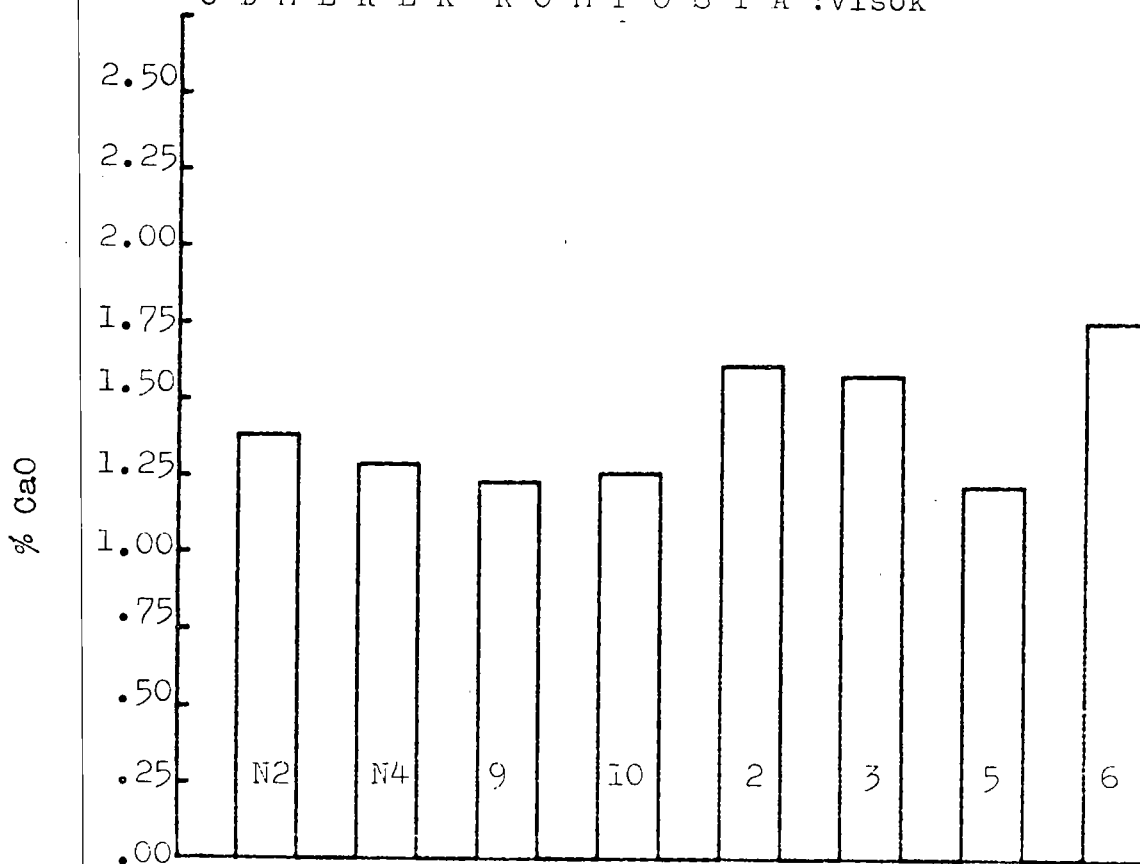
O D M E R E K K O M P O S T A :visok



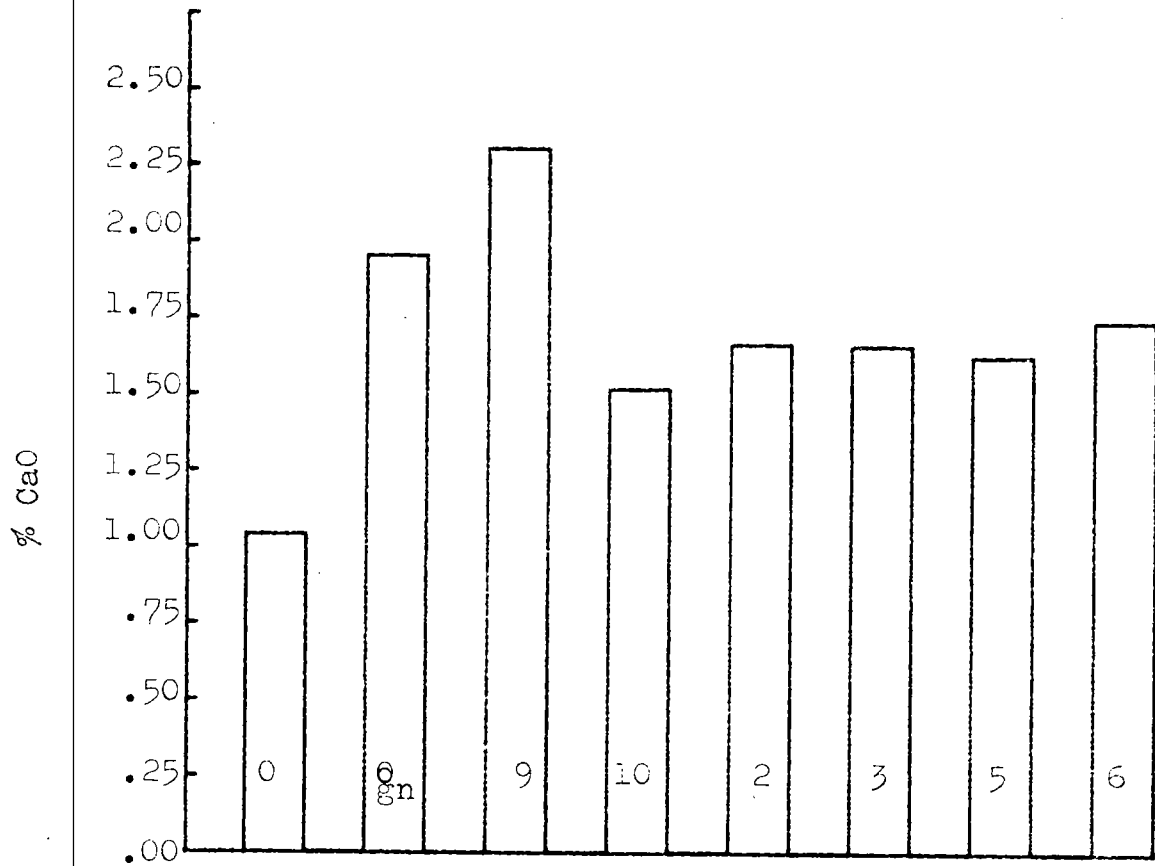
E L E M E N T :kalcij  
R E Z :tretja  
O D M E R E K K O M P O S T A :nizek



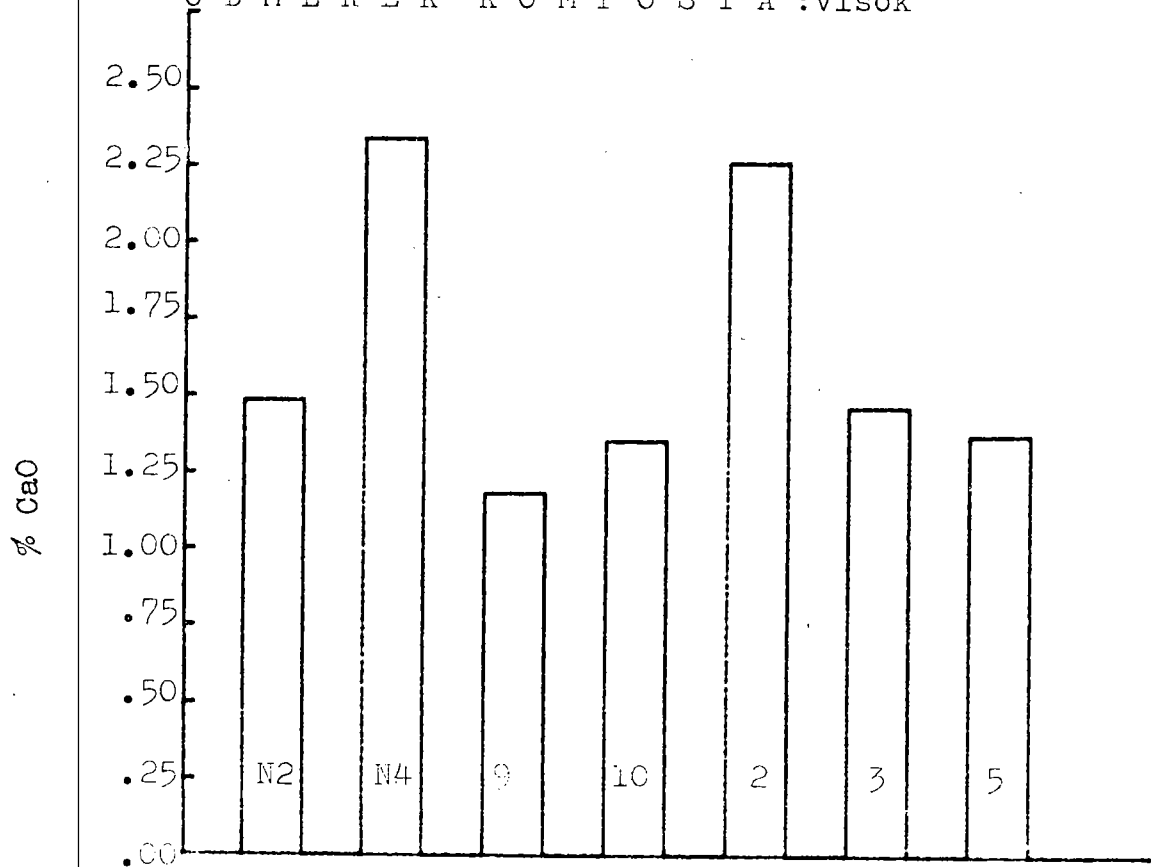
O D M E R E K K O M P O S T A :visok



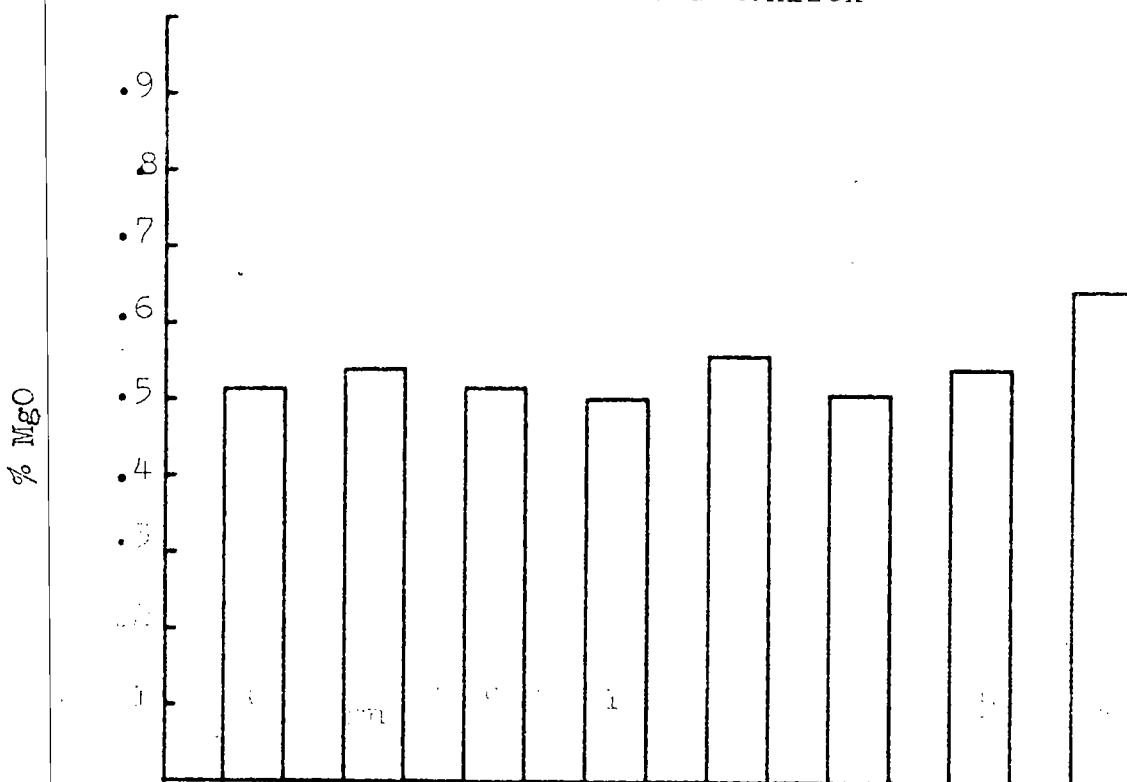
E L E M E N T :kalcij  
R E Z :četrti  
O D M E R E E K K O M P O S T A :nizek



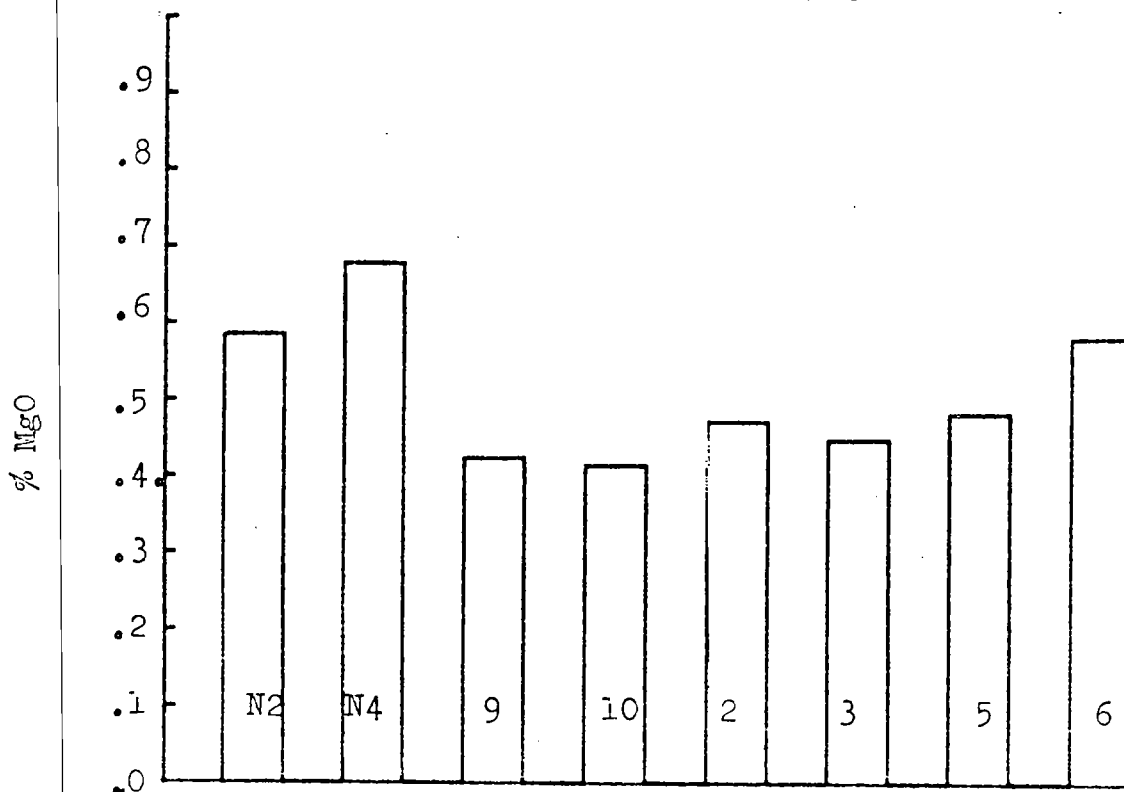
O D M E R E E K K O M P O S T A :visok



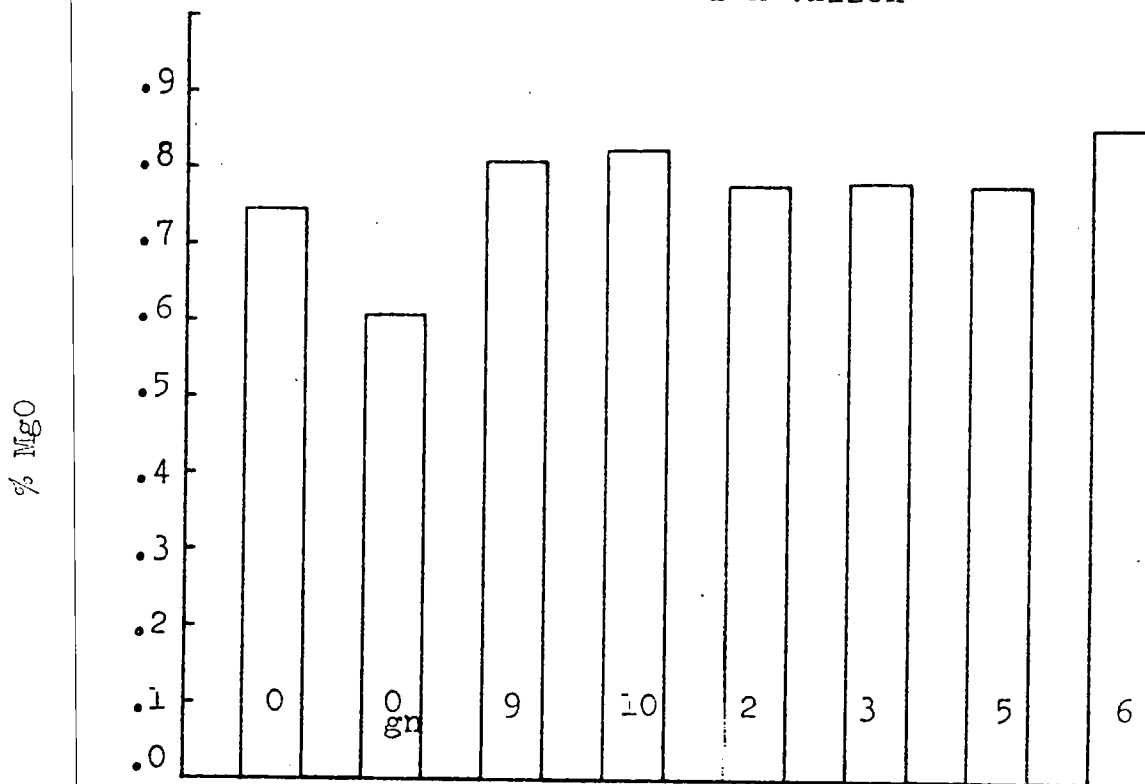
E L E M E N T : m a g n e z i j  
R E Z : p r v a  
O D M E R E K K O M P O S T A : n i z e k



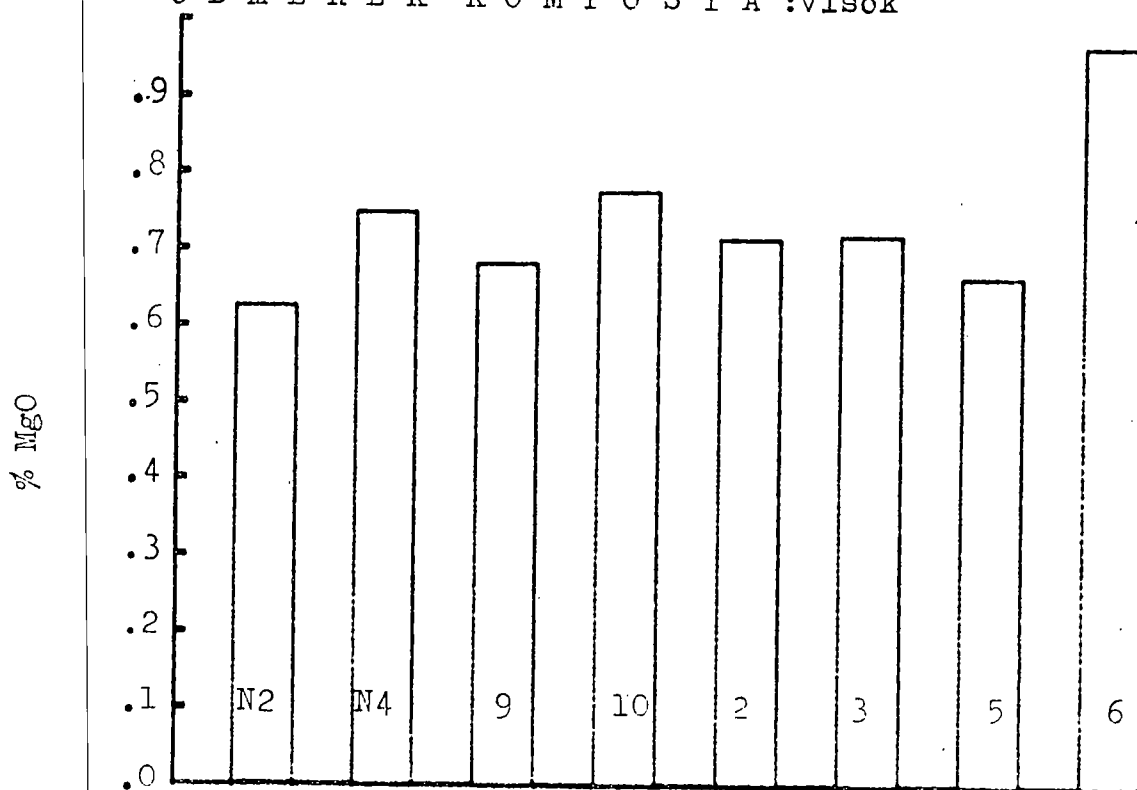
O D M E R E K K O M P O S T A : v i s o k



E L E M E N T :magnezij  
R E Z :druga  
O D M E R E K K O M P O S T A :nizek



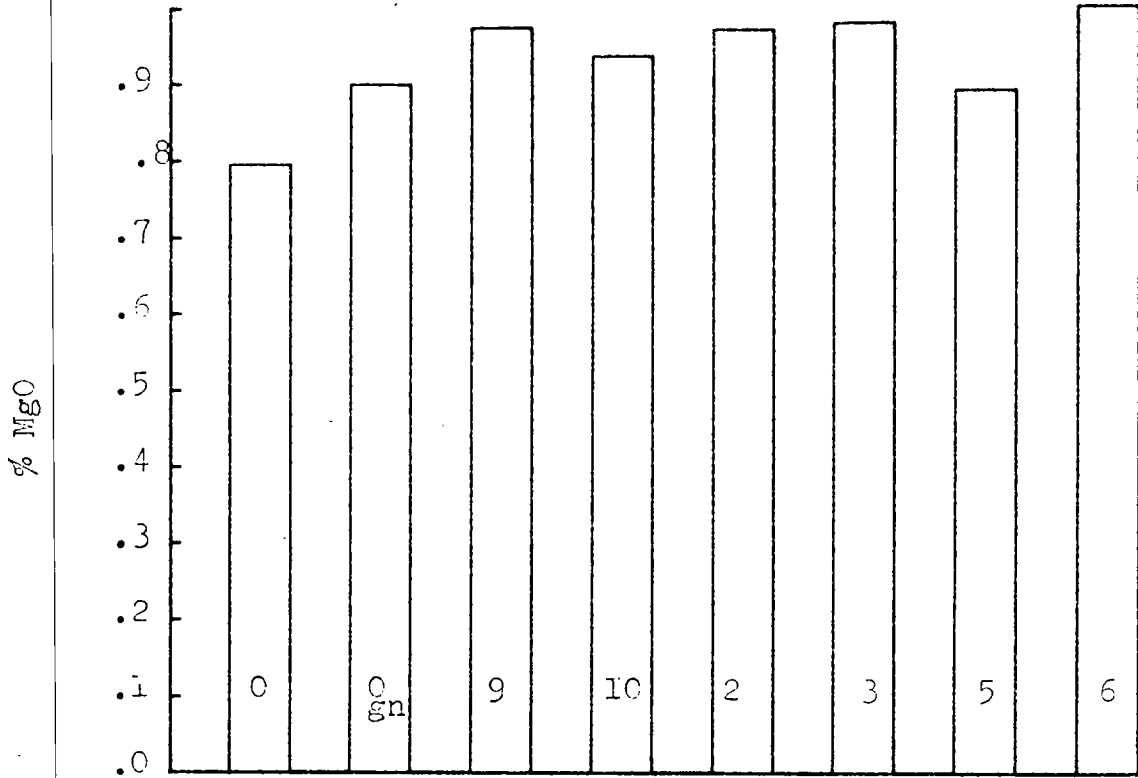
O D M E R E K K O M P O S T A :visok



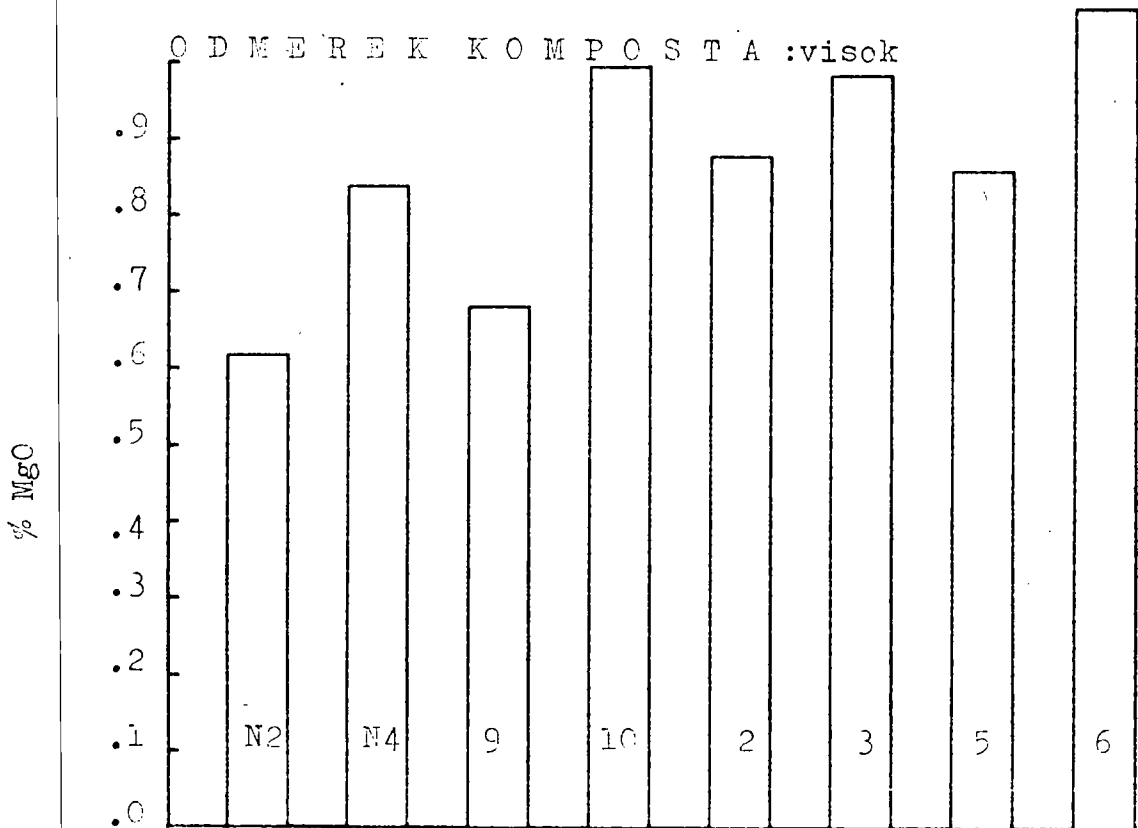
E L E M E N T :magnezij

R E Z :tretja

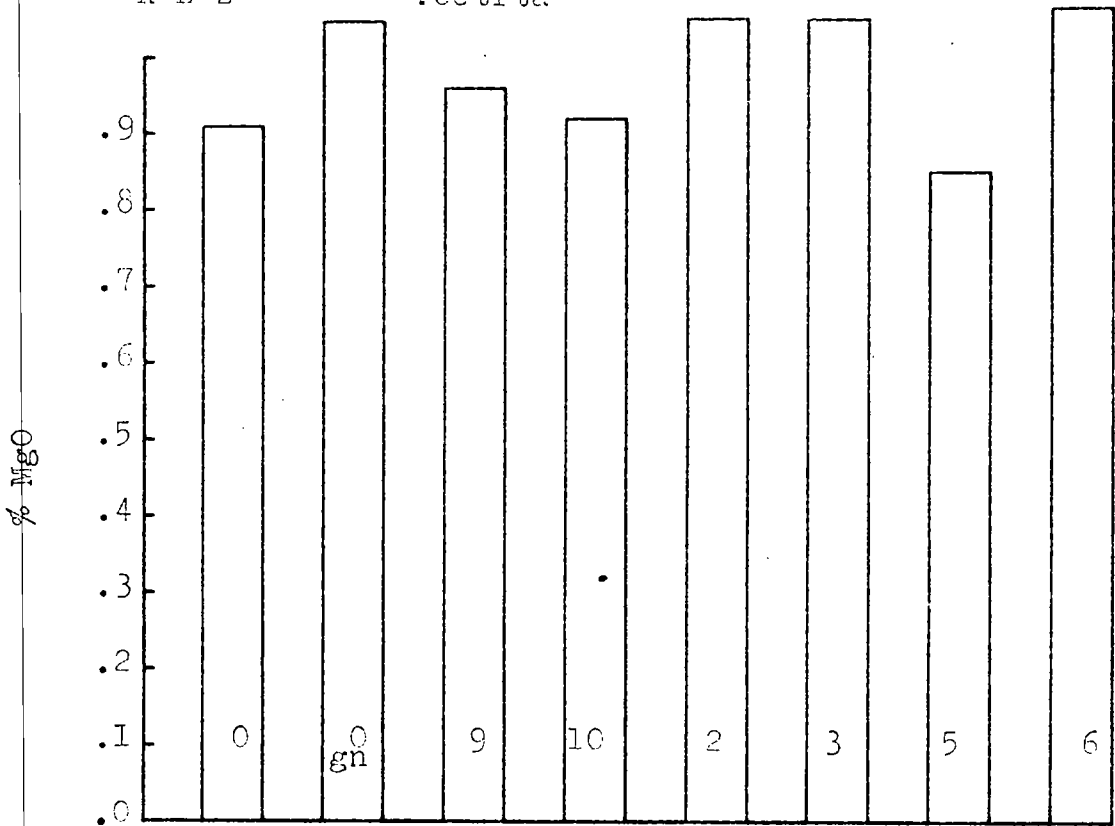
O D M E R E K K O M P O S T A :nizek



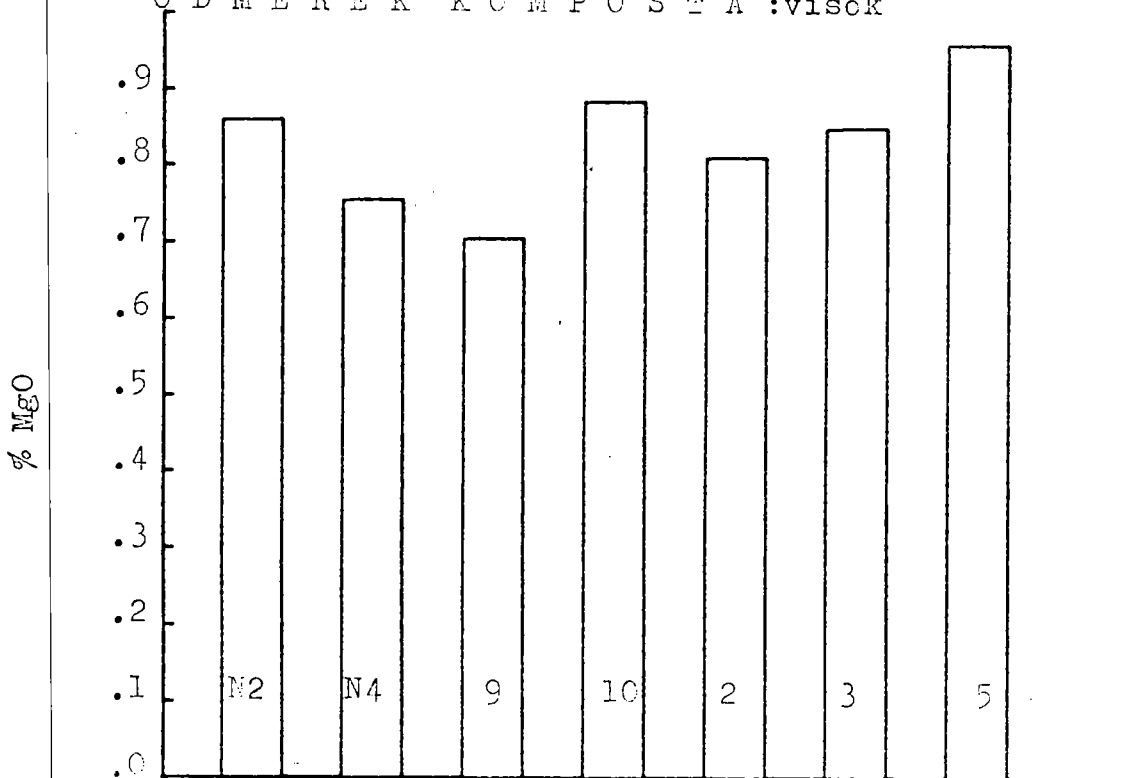
O D M E R E K K O M P O S T A :visok



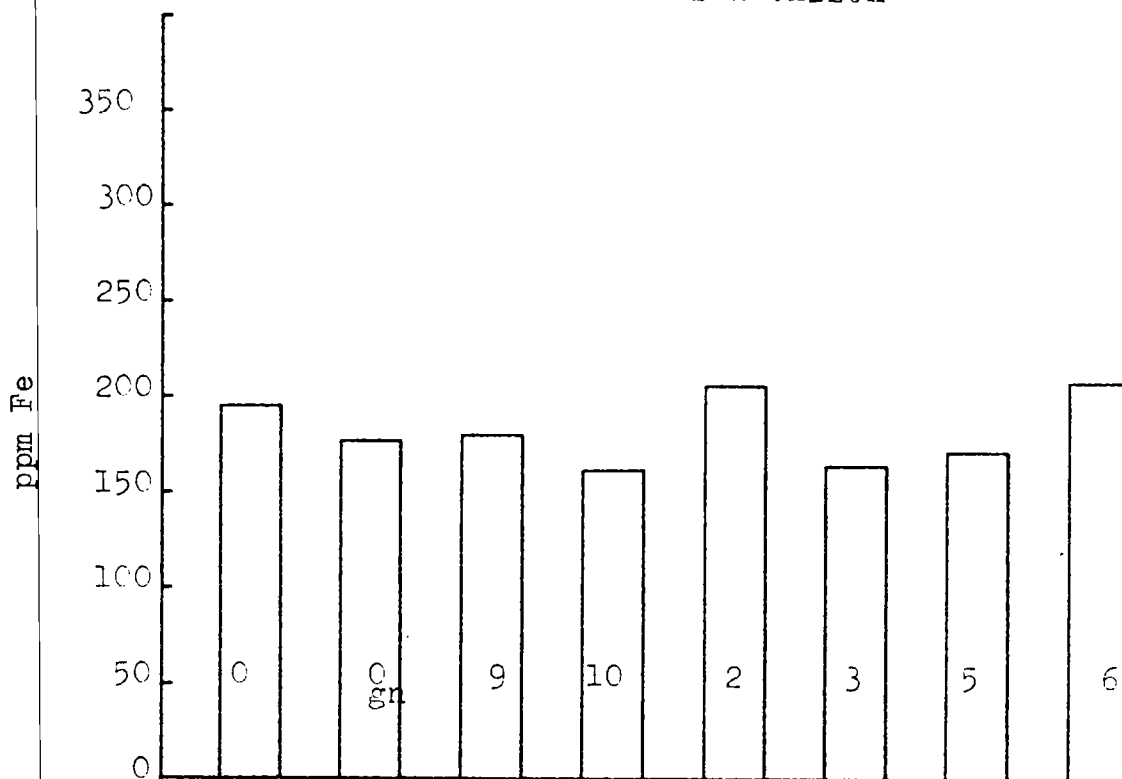
ODMEREK KOMPOSTA :nizek  
ELEMENT :magnezij  
REZ :četrti



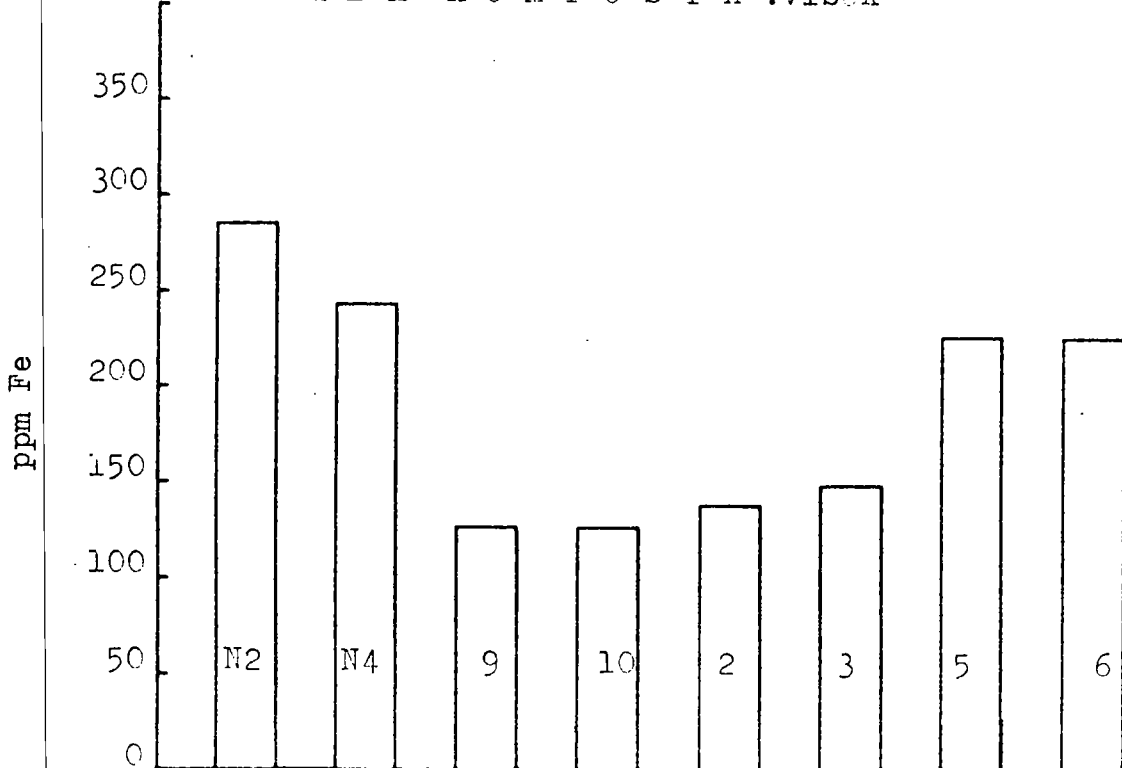
ODMEREK KOMPOSTA :visok



E L E M E N T : železo  
R E Z : prva  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek

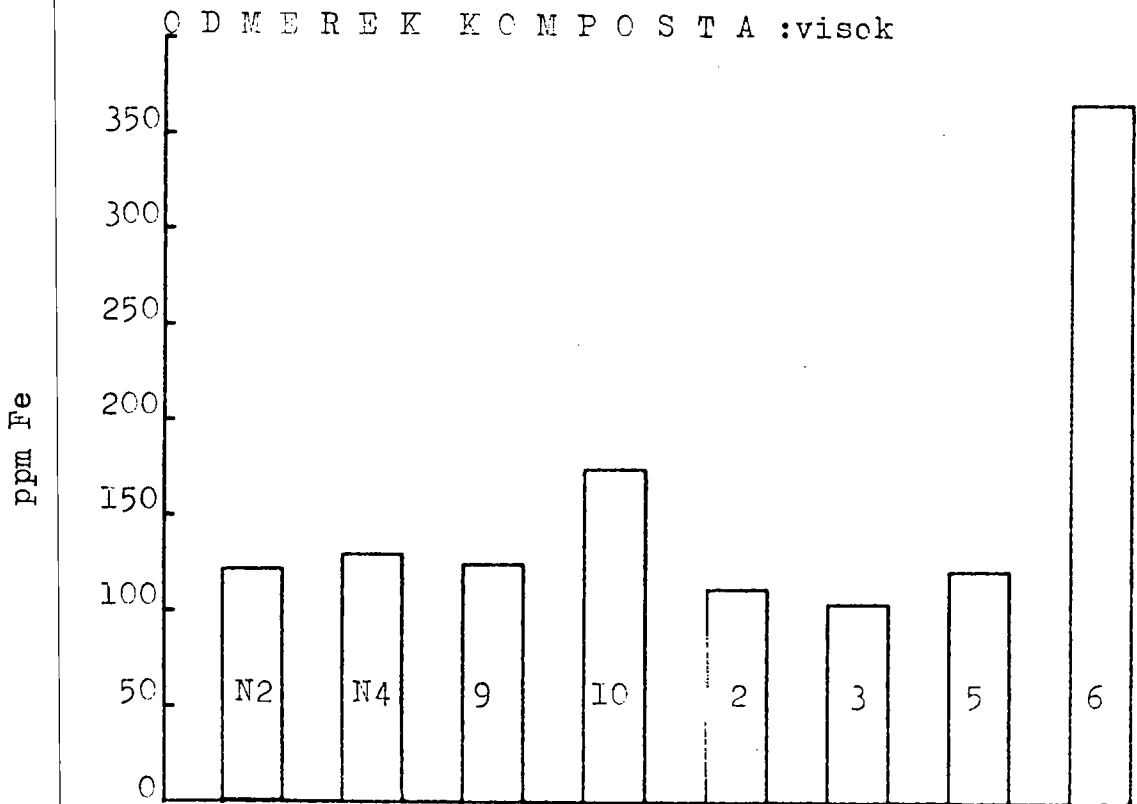
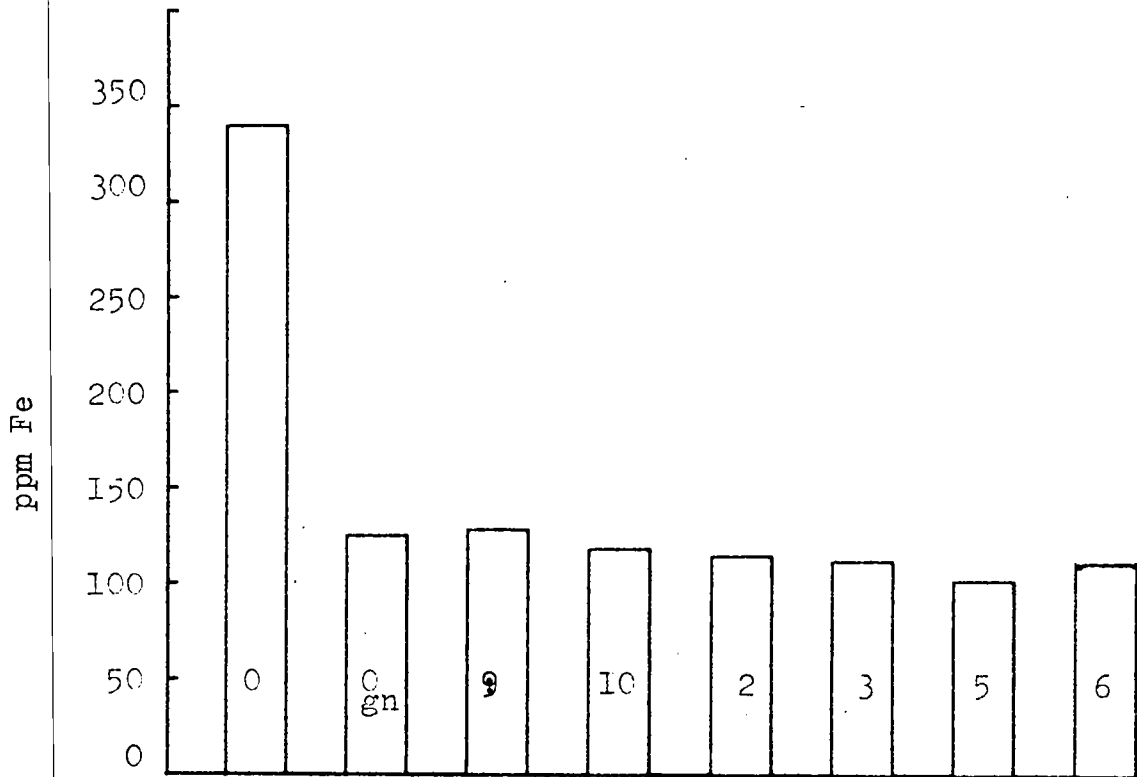


O D M E R E K K O M P O S T A : visok



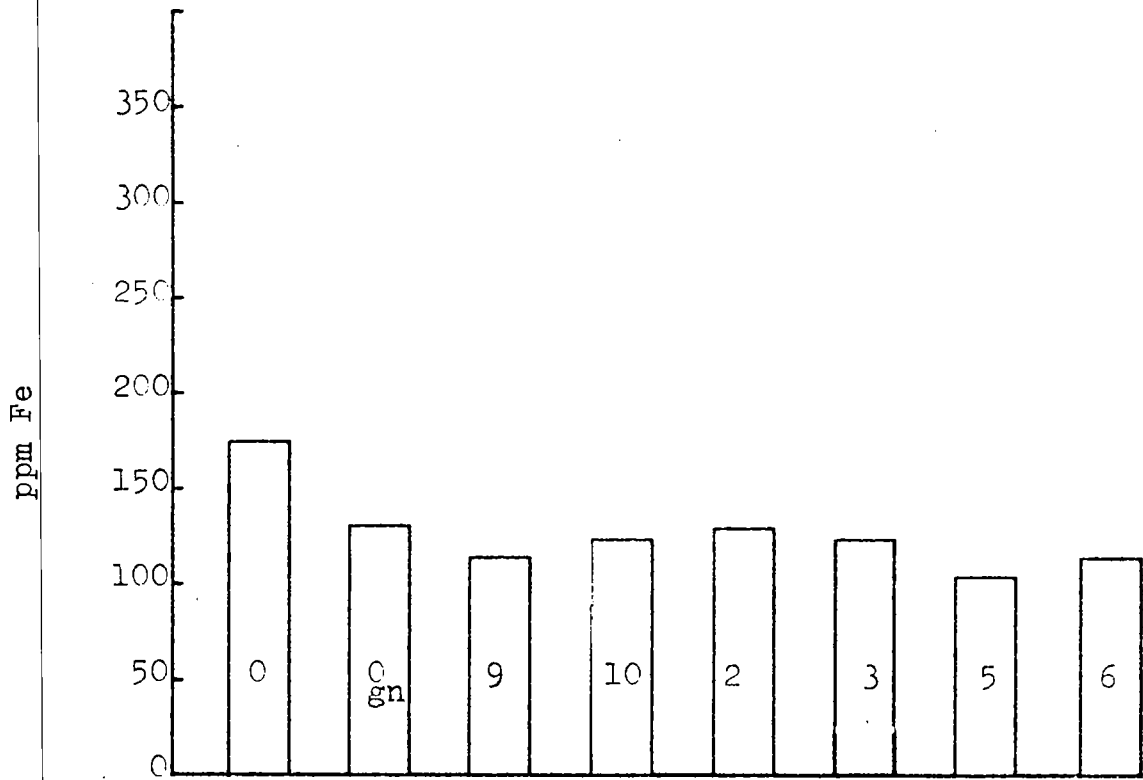


E L E M E N T : železo  
R E Z : druga  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek

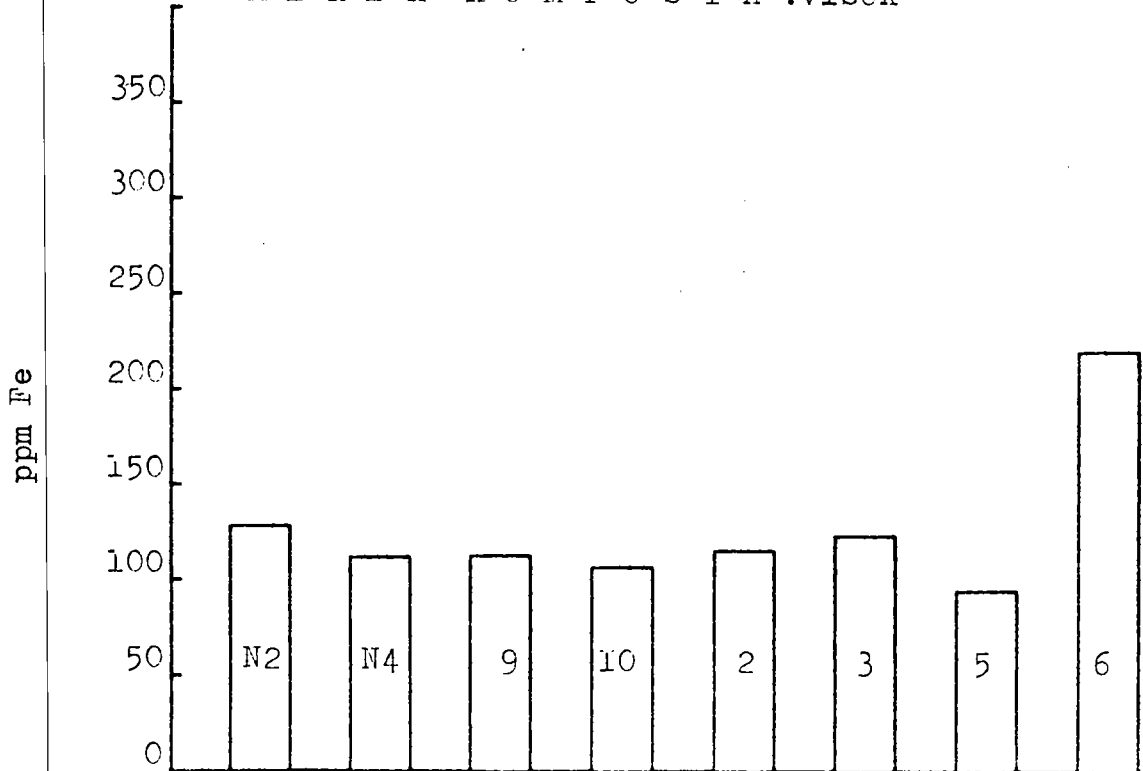


ppm Fe s. K12

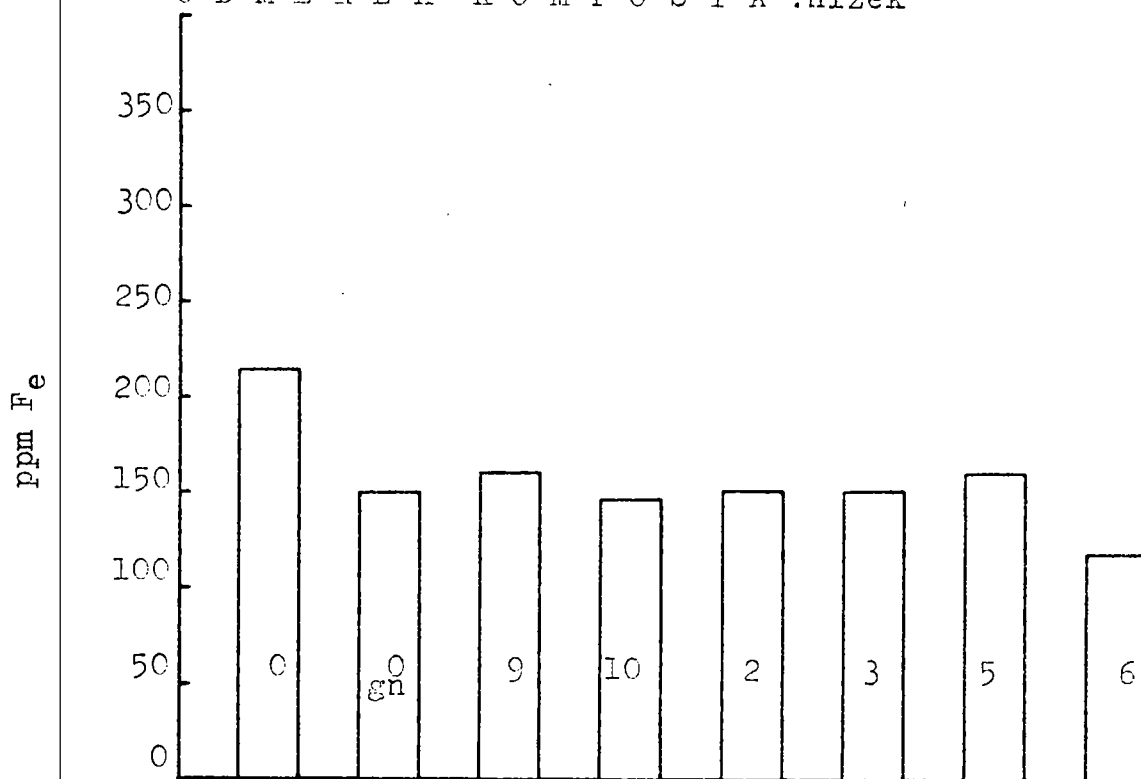
E L E M E N T : železo  
R E Z : tretja  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



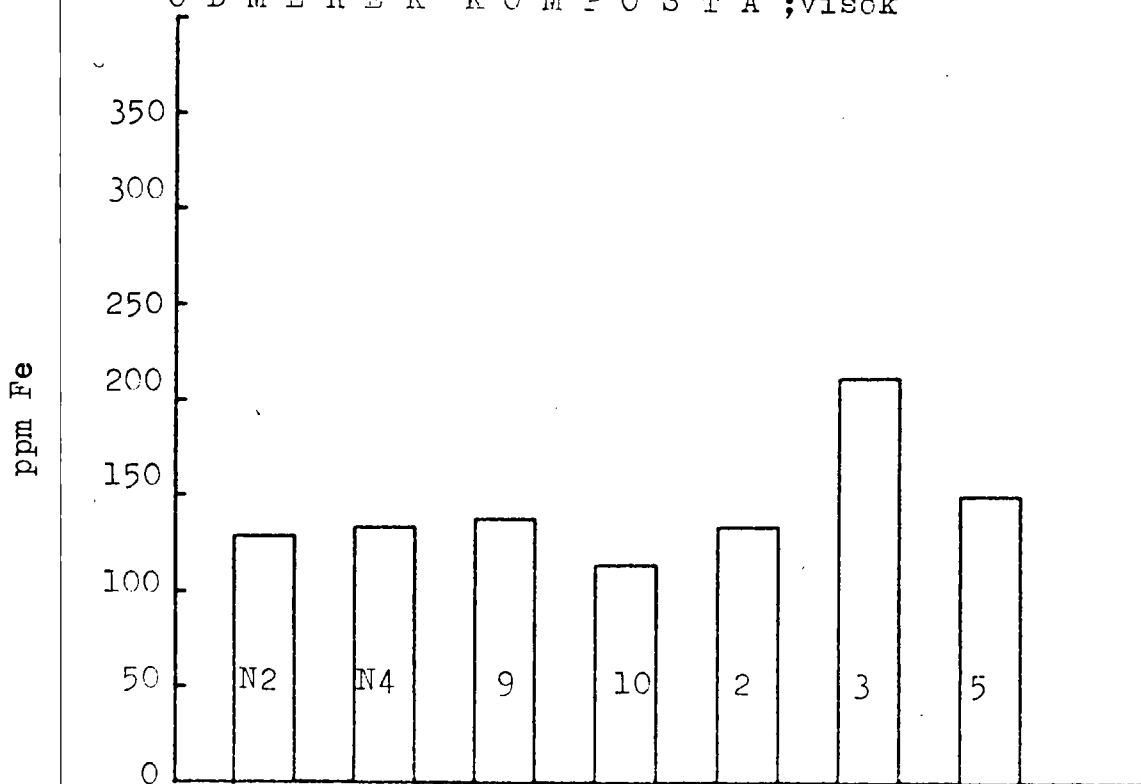
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



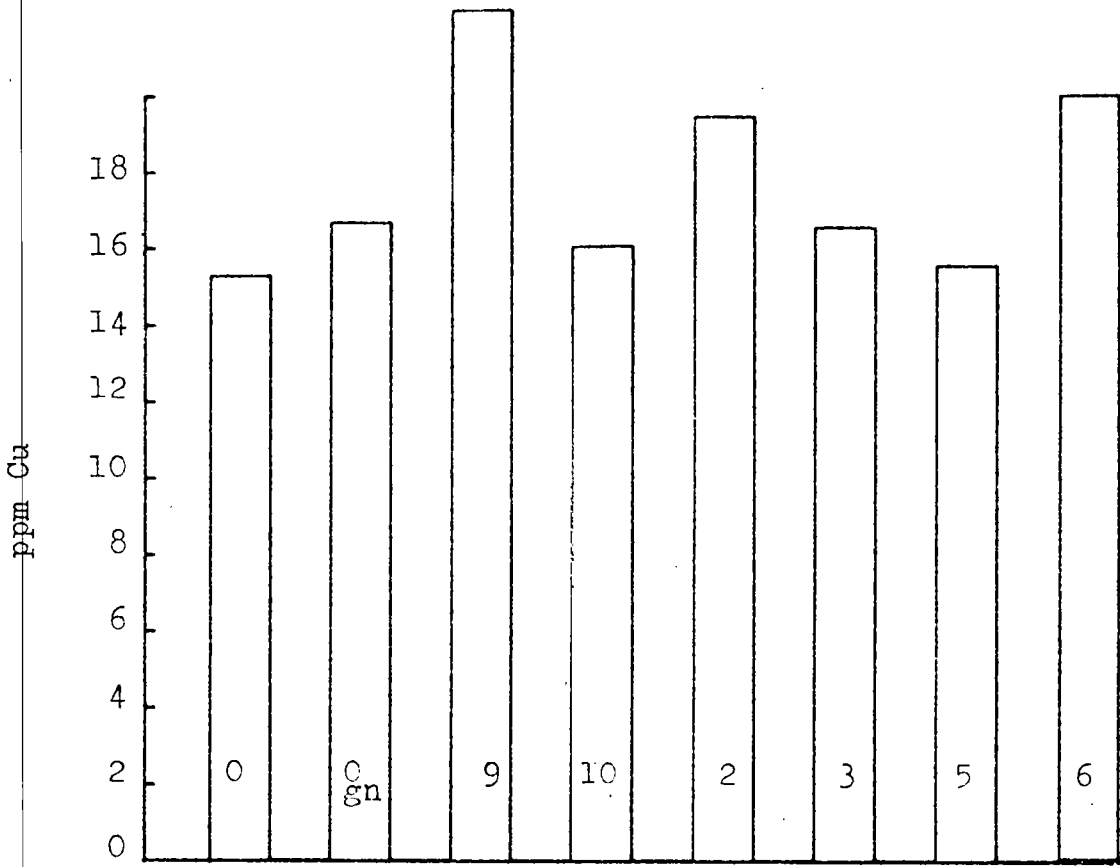
E L E M E N T : železo  
R E Z : četrti  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



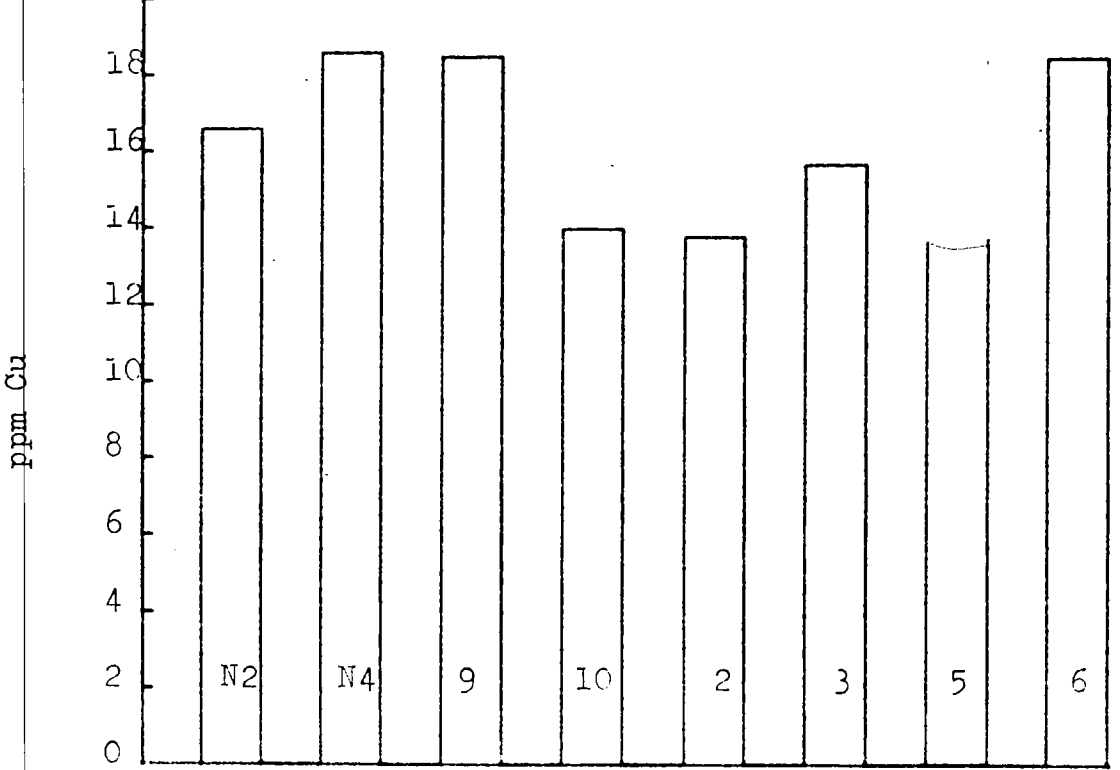
O D M E R E K K O M P O S T A ; visok



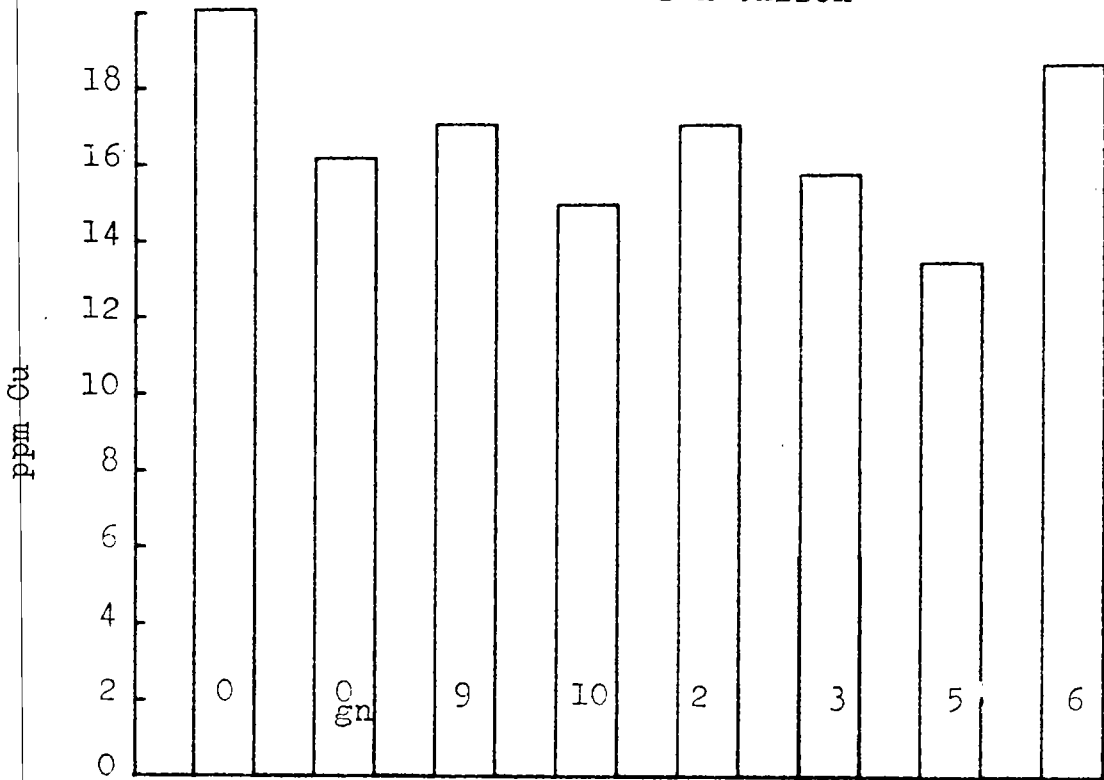
E L E M E N T : baker  
R E Z : prva  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



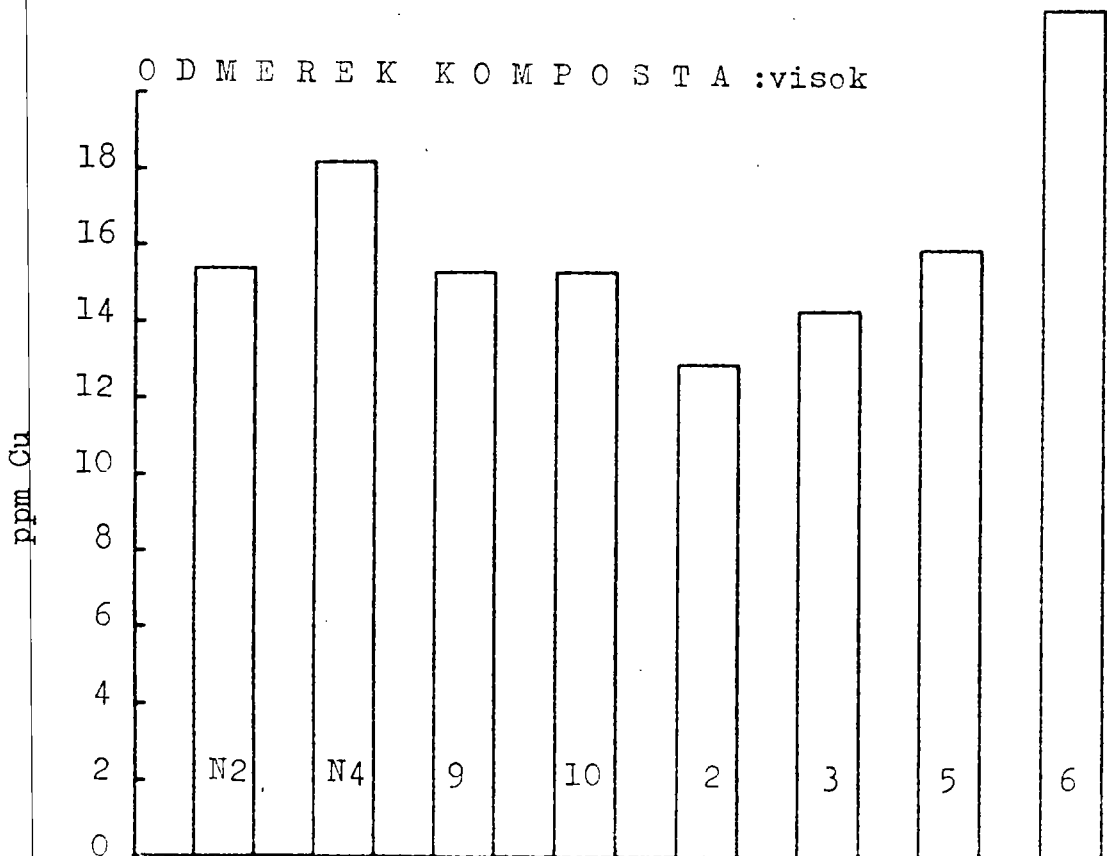
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



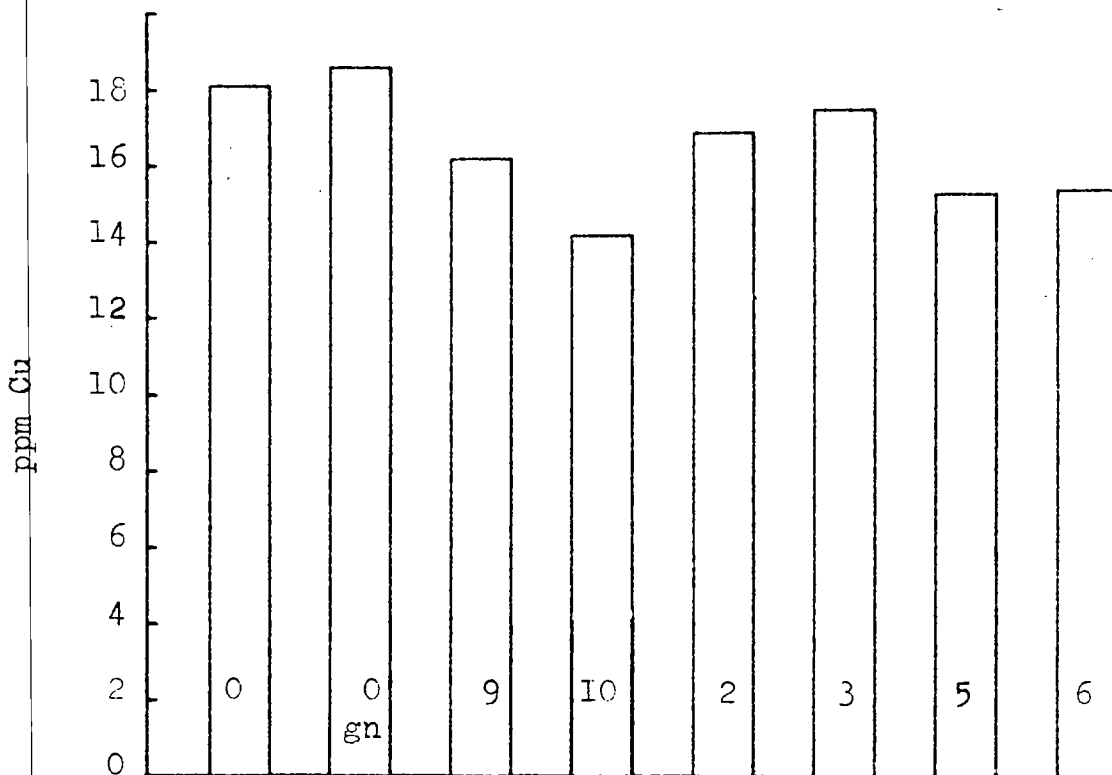
E L E M E N T : baker  
 R E Z : druga  
 O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



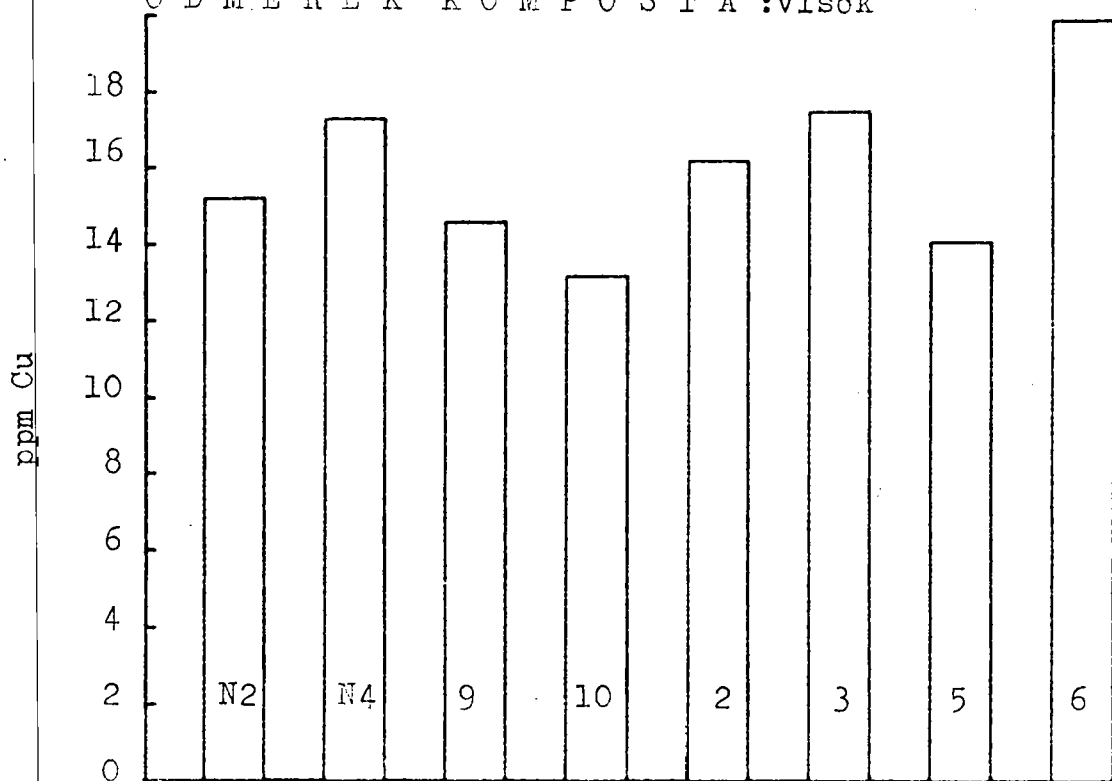
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



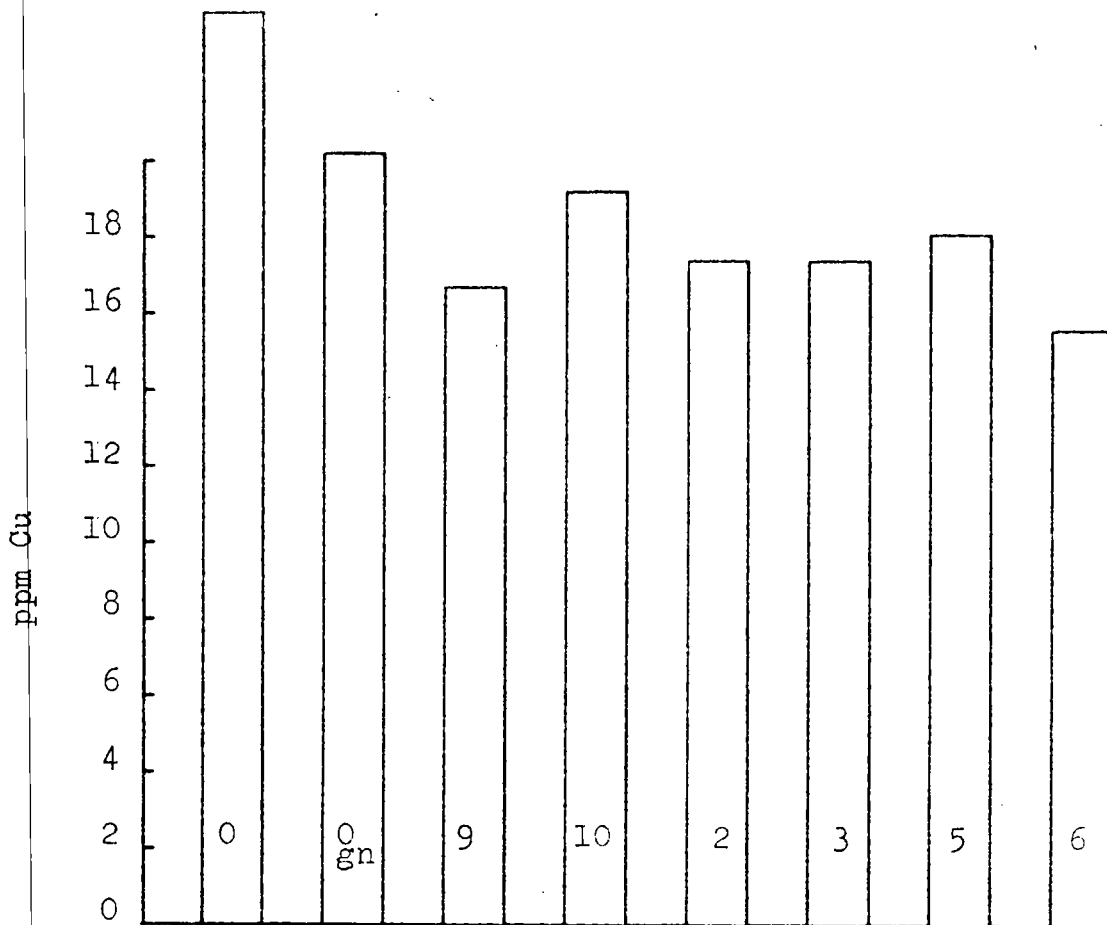
E L E M E N T : baker  
R E Z : tretja  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



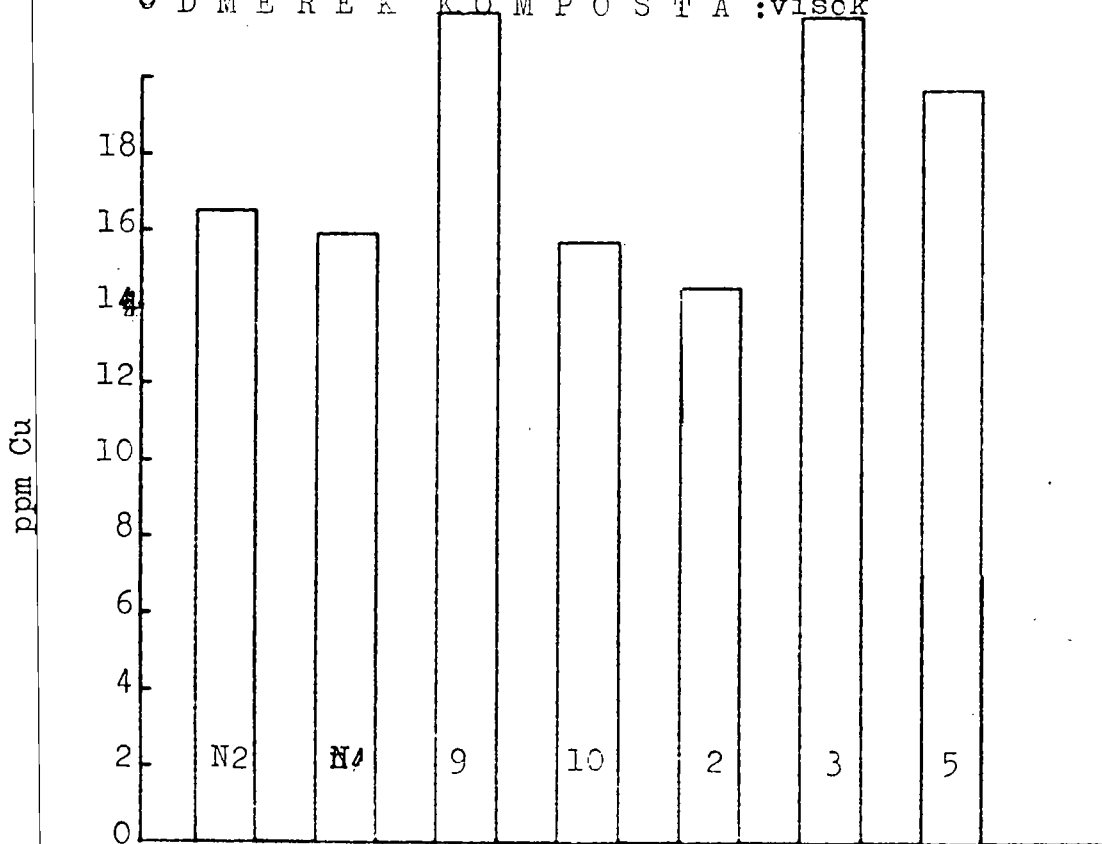
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



E L E M E N T : baker  
R E Z : četrtá  
O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



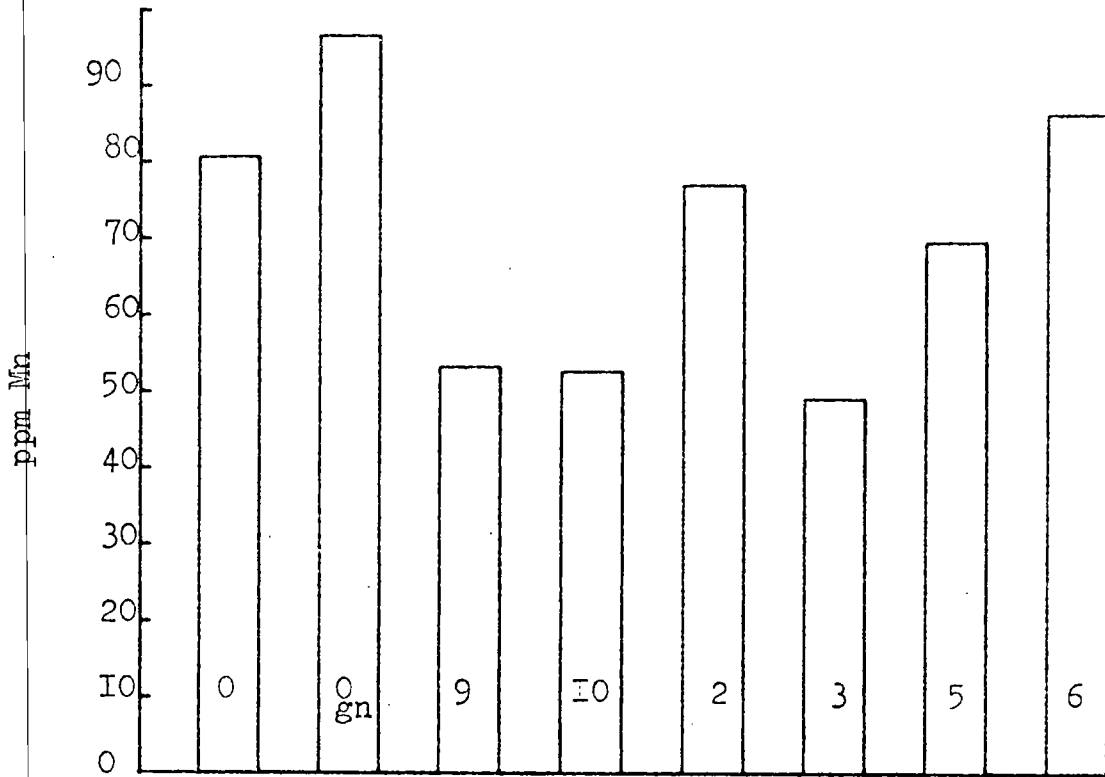
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



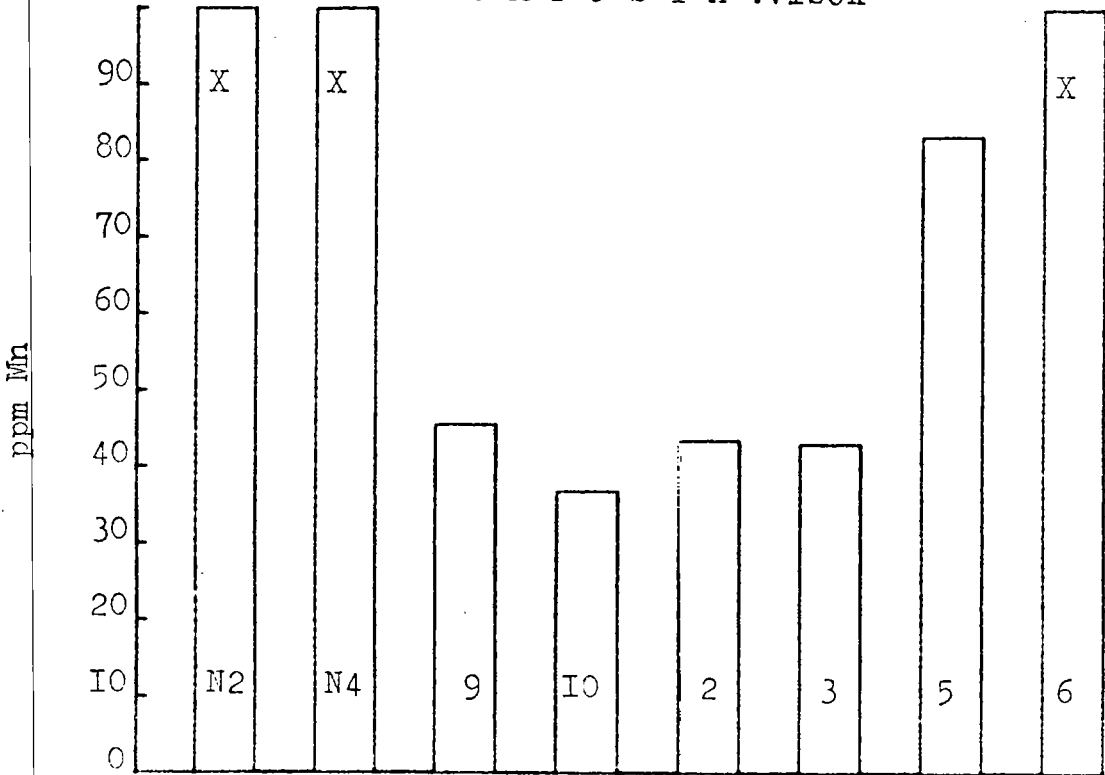
E L E M E N T : mangan

R E Z : prva

O D M E R E K K O M P O S T A : nizek



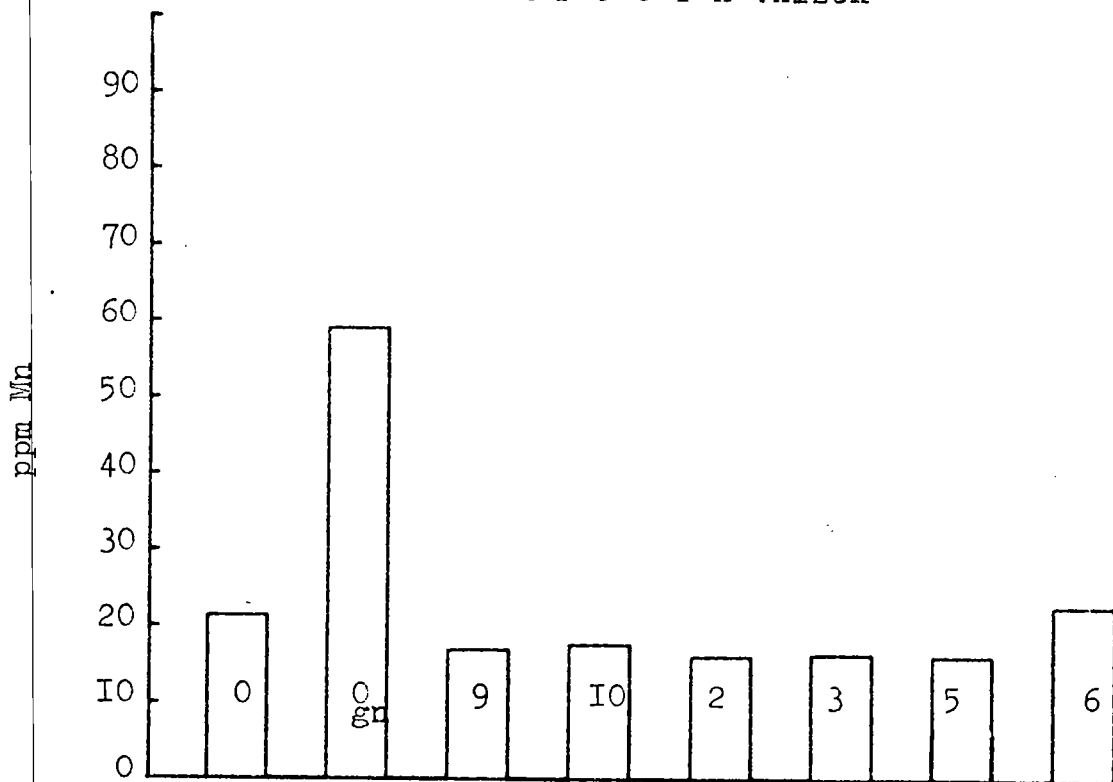
O D M E R E K K O M P O S T A : visok



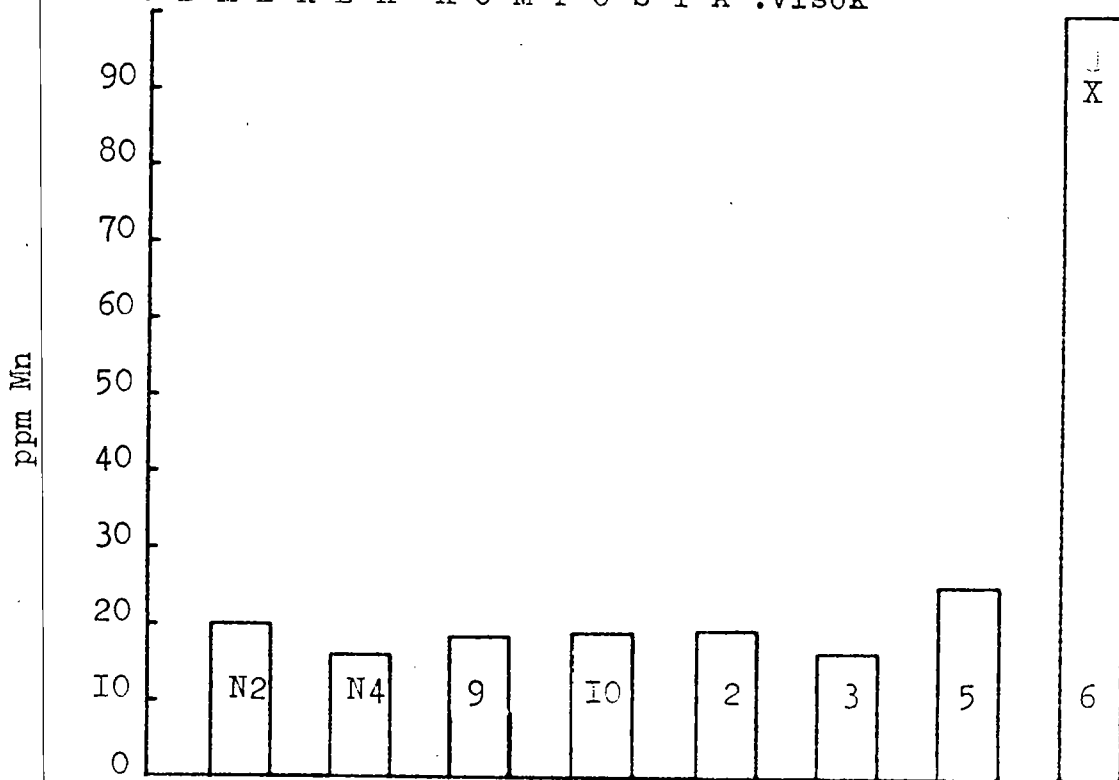
X vsebnost višja kot 100 ppm



E L E M E N T :mangan  
 R E Z :druga  
 O D M E R E K K O M P O S T A :nizek

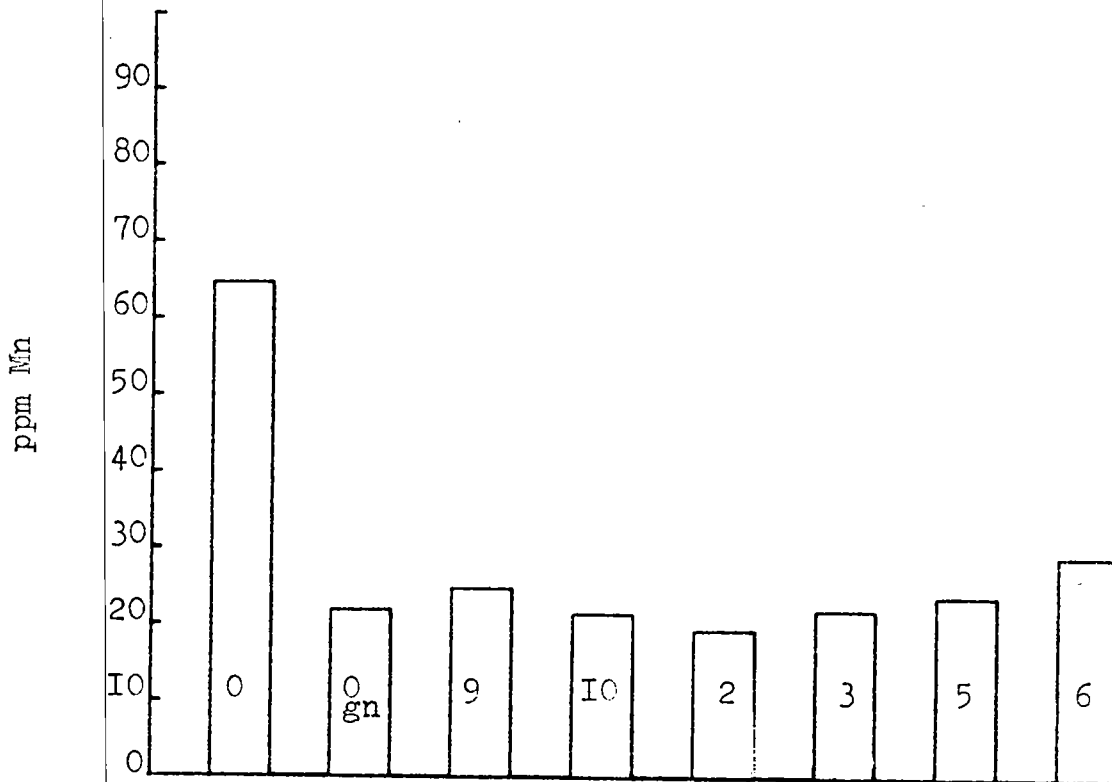


O D M E R E K K O M P O S T A :visok

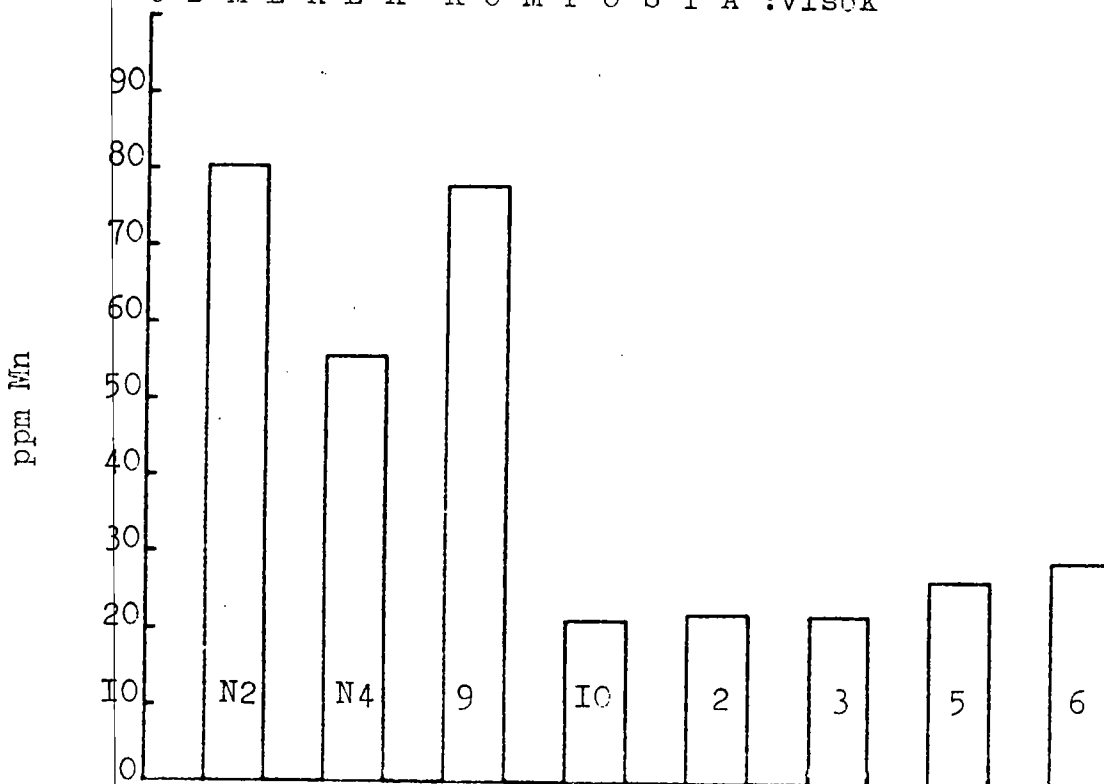


X vsebnost višja kot 100 ppm

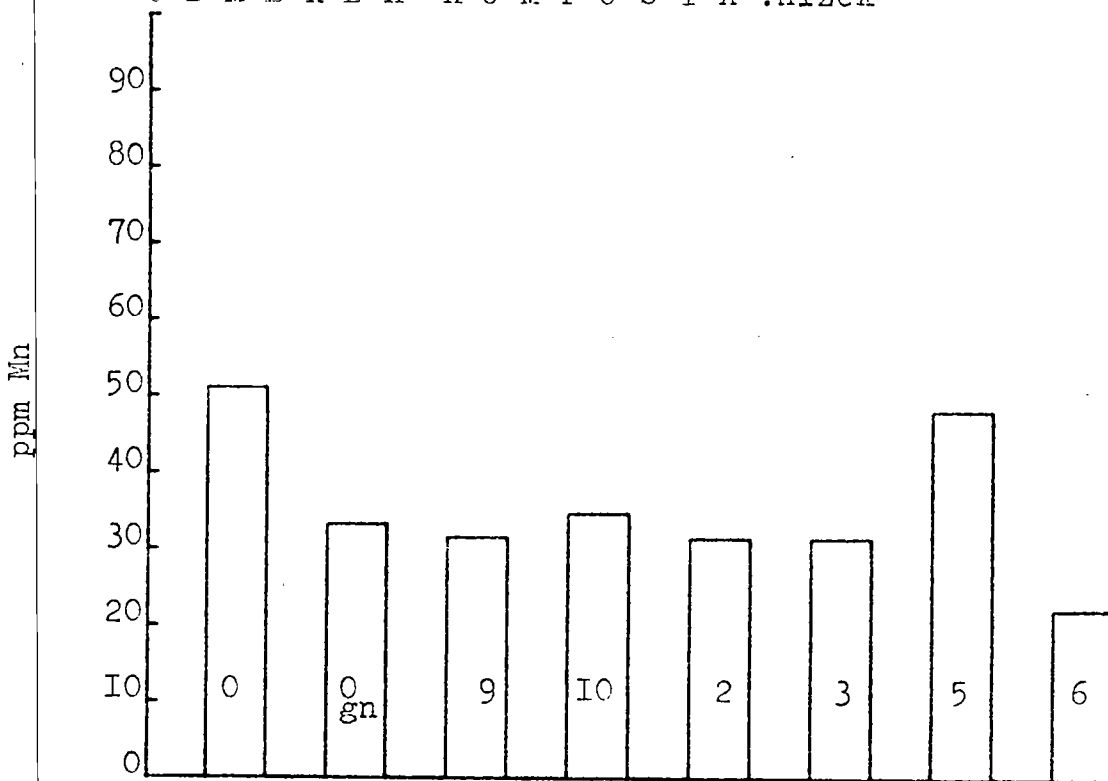
E L E M E N T :mangan  
R E Z :tretja  
O D M E R E K K O M P O S T A :nizek



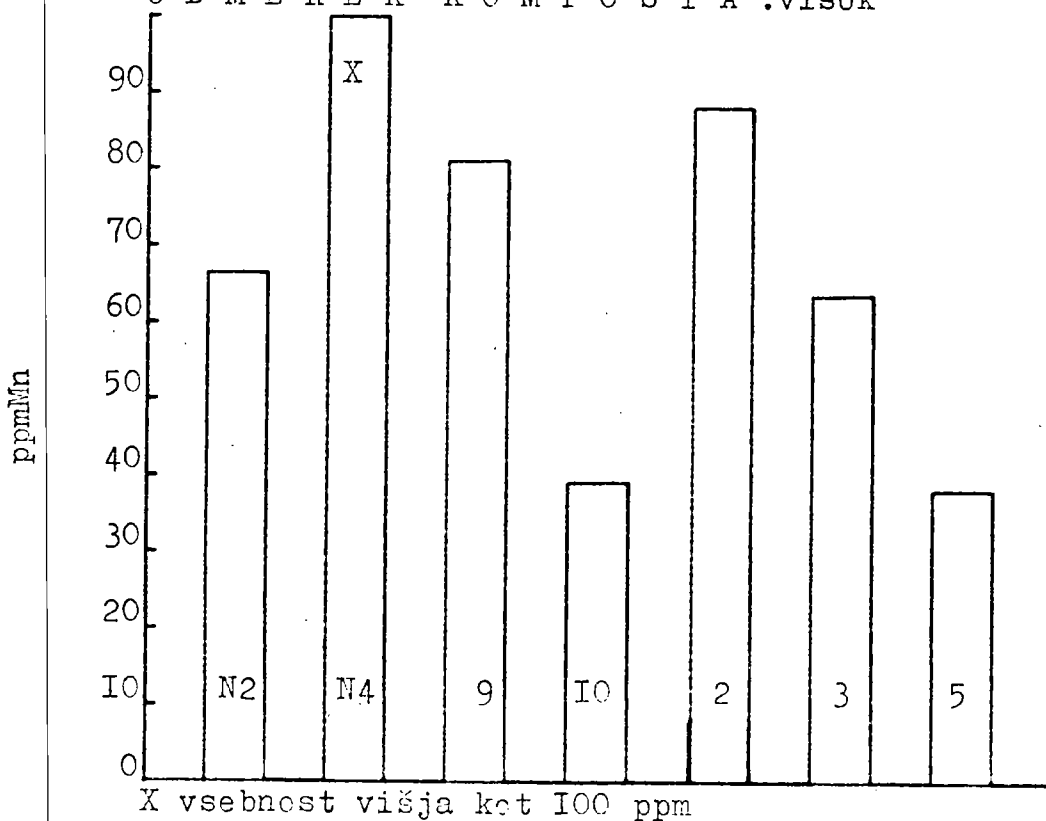
O D M E R E K K O M P O S T A :visok



E L E M E N T :mangan  
 R E Z :četrti  
 O D M E R E K K O M P O S T A :nizek

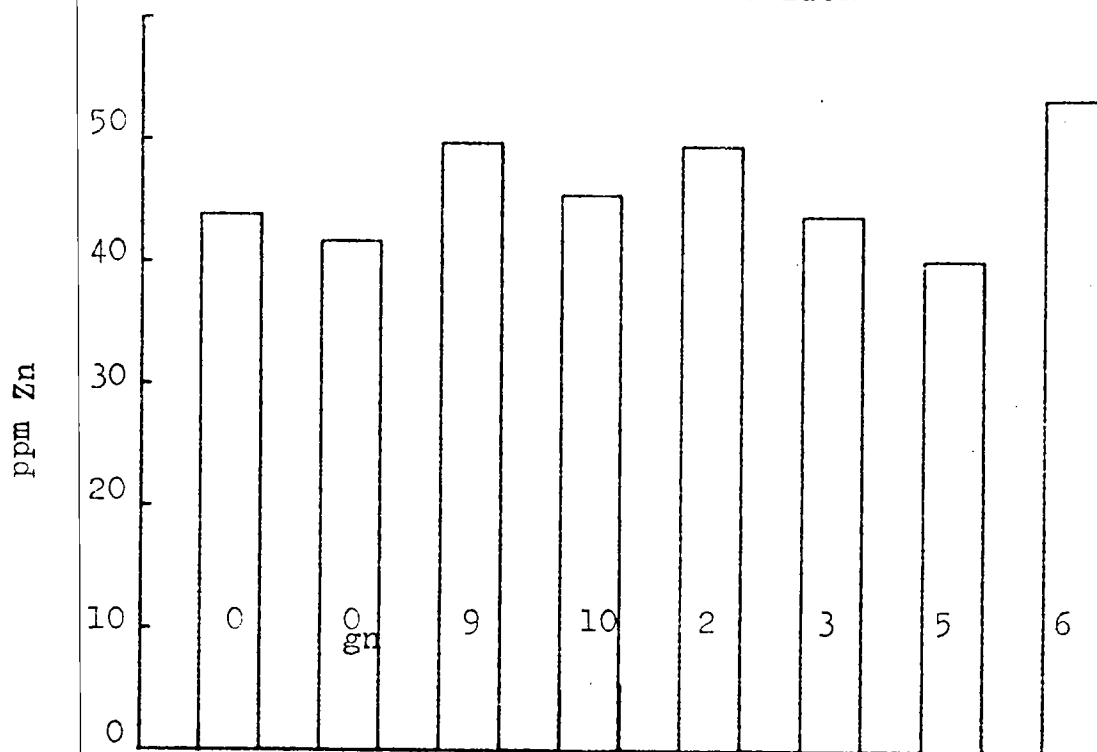


O D M E R E K K O M P O S T A :visok

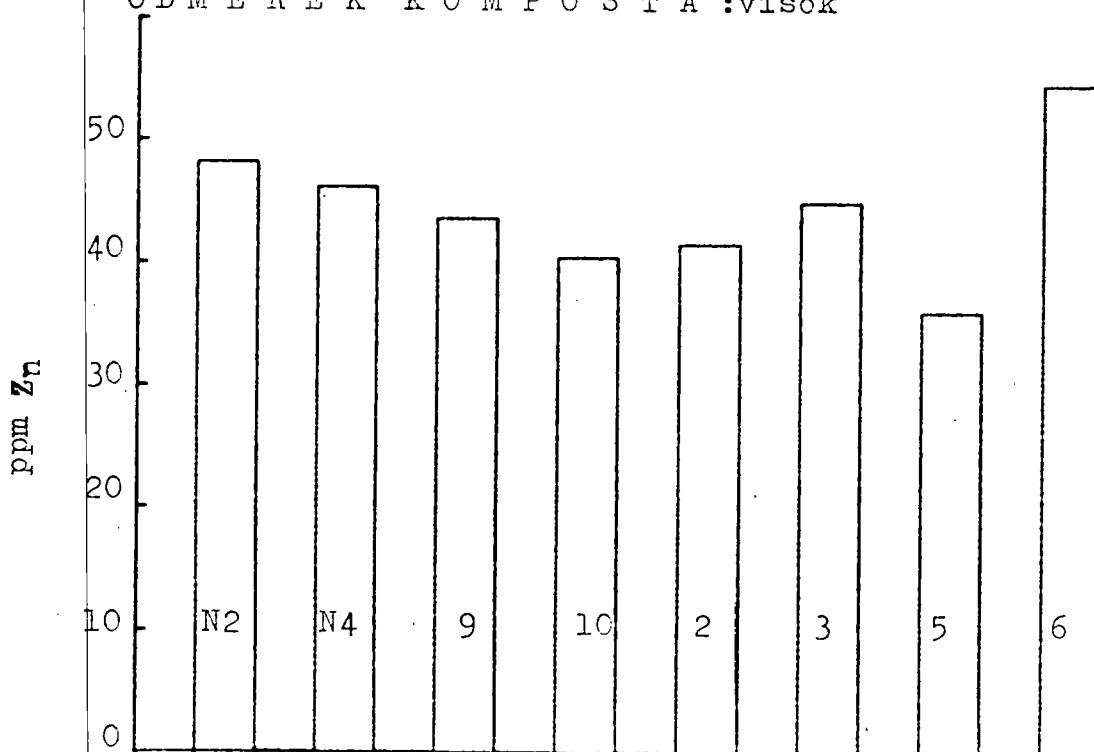


X vsebnost višja kot 100 ppm

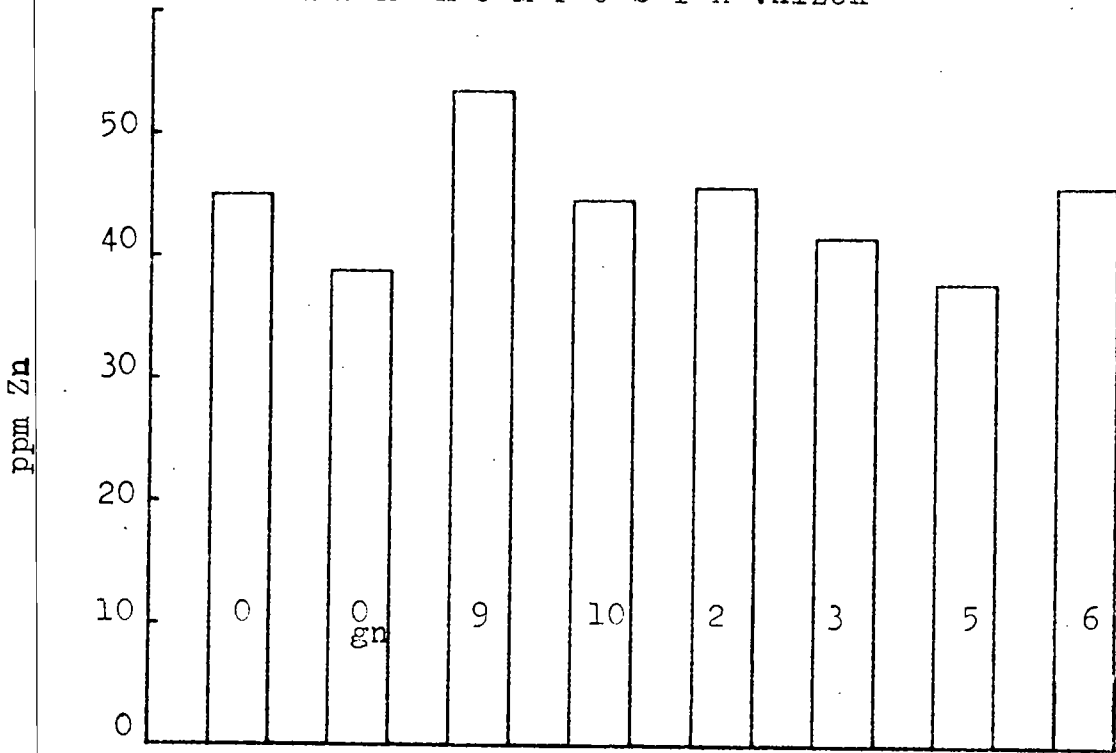
E L E M E N T :cink  
R E Z :prva  
O D M E R E K K O M P O S T A :nizek



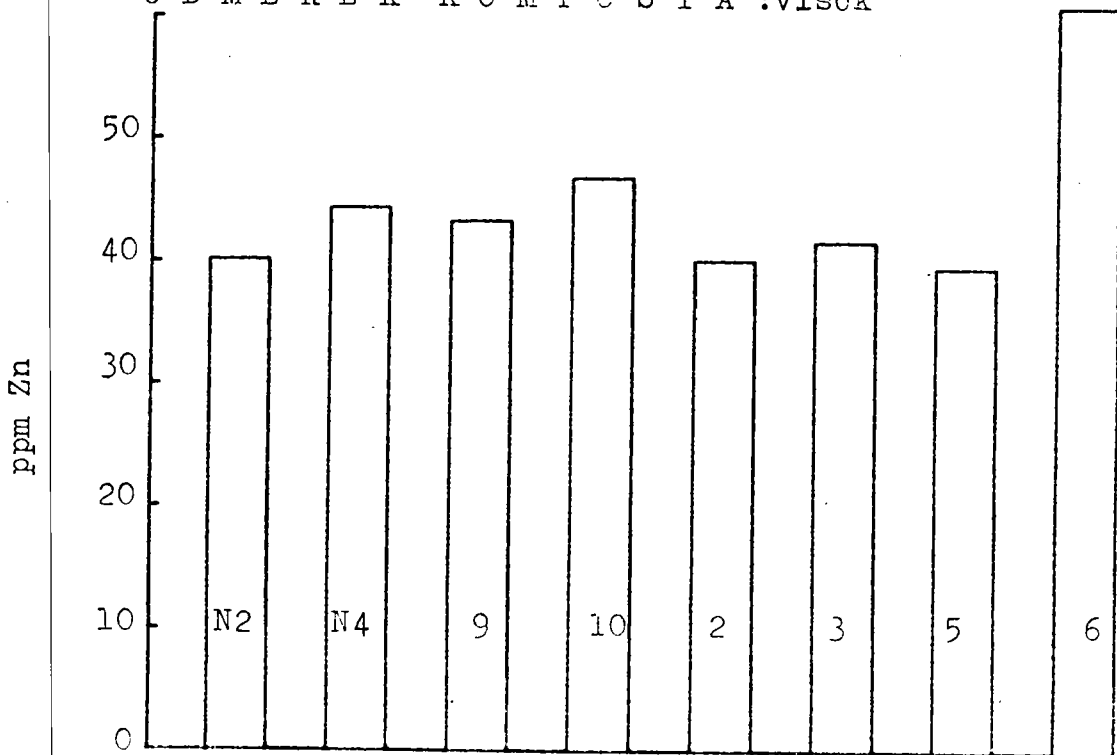
O D M E R E K K O M P O S T A :visok



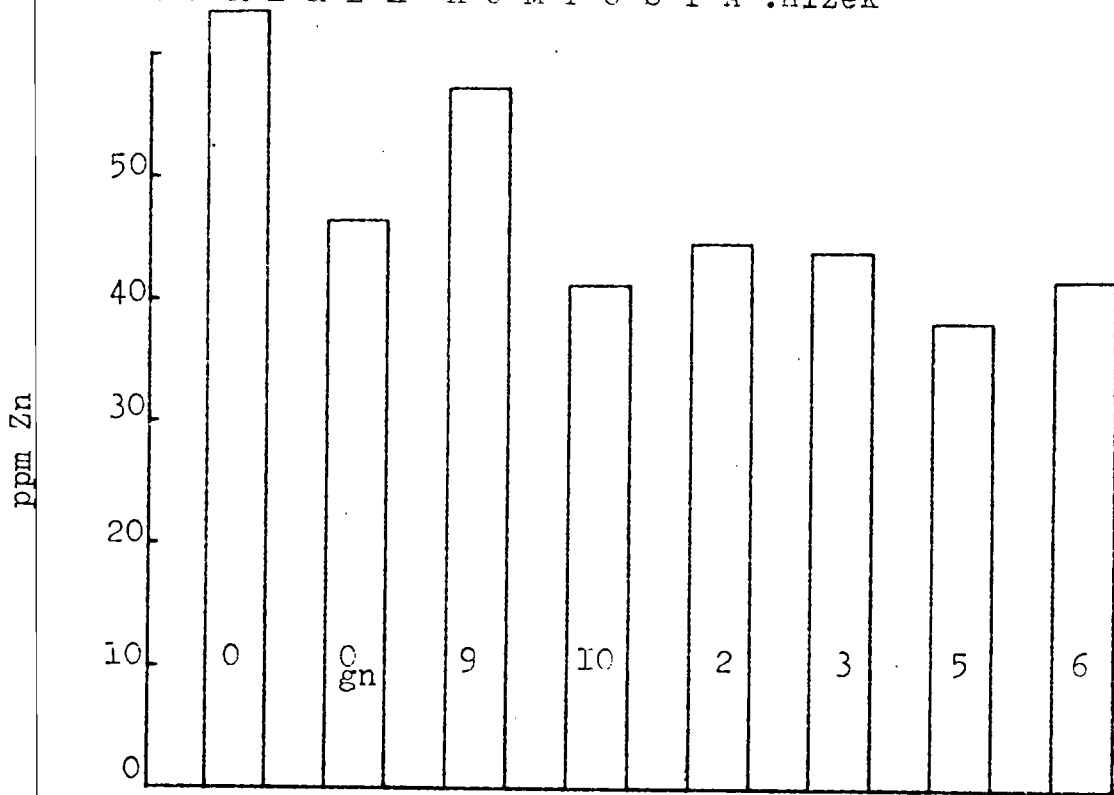
E L E M E N T :cink  
R E Z :druga  
O D M E R E K K O M P O S T A :nizek



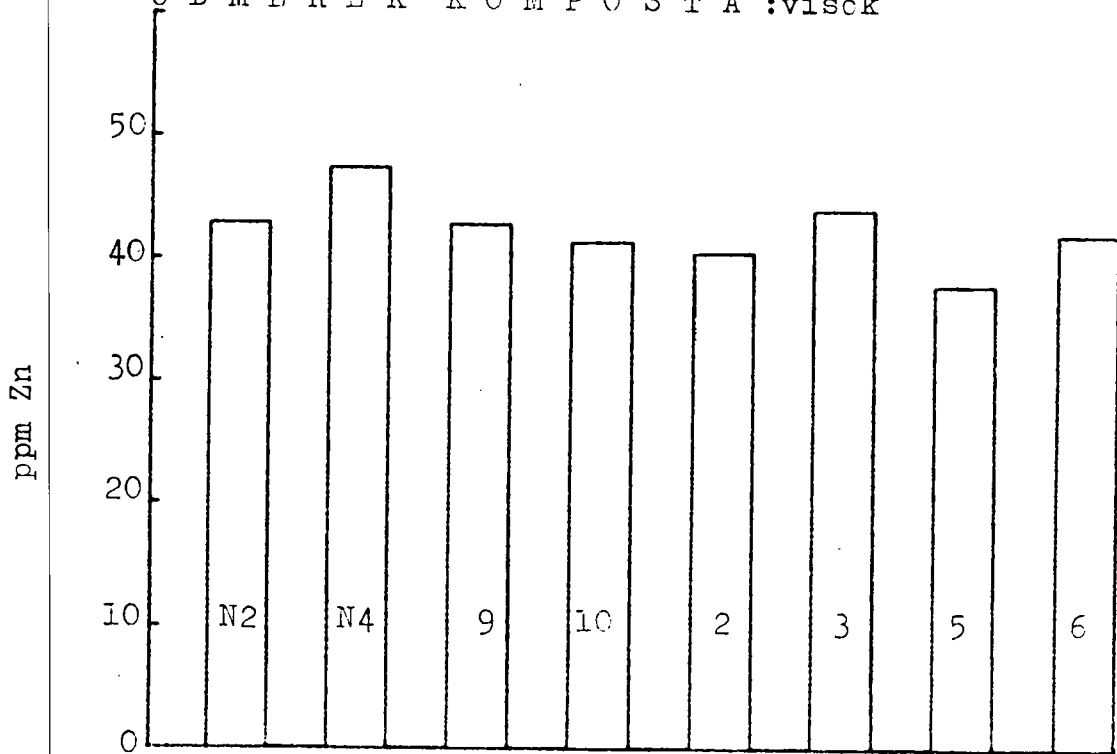
O D M E R E K K O M P O S T A :visok



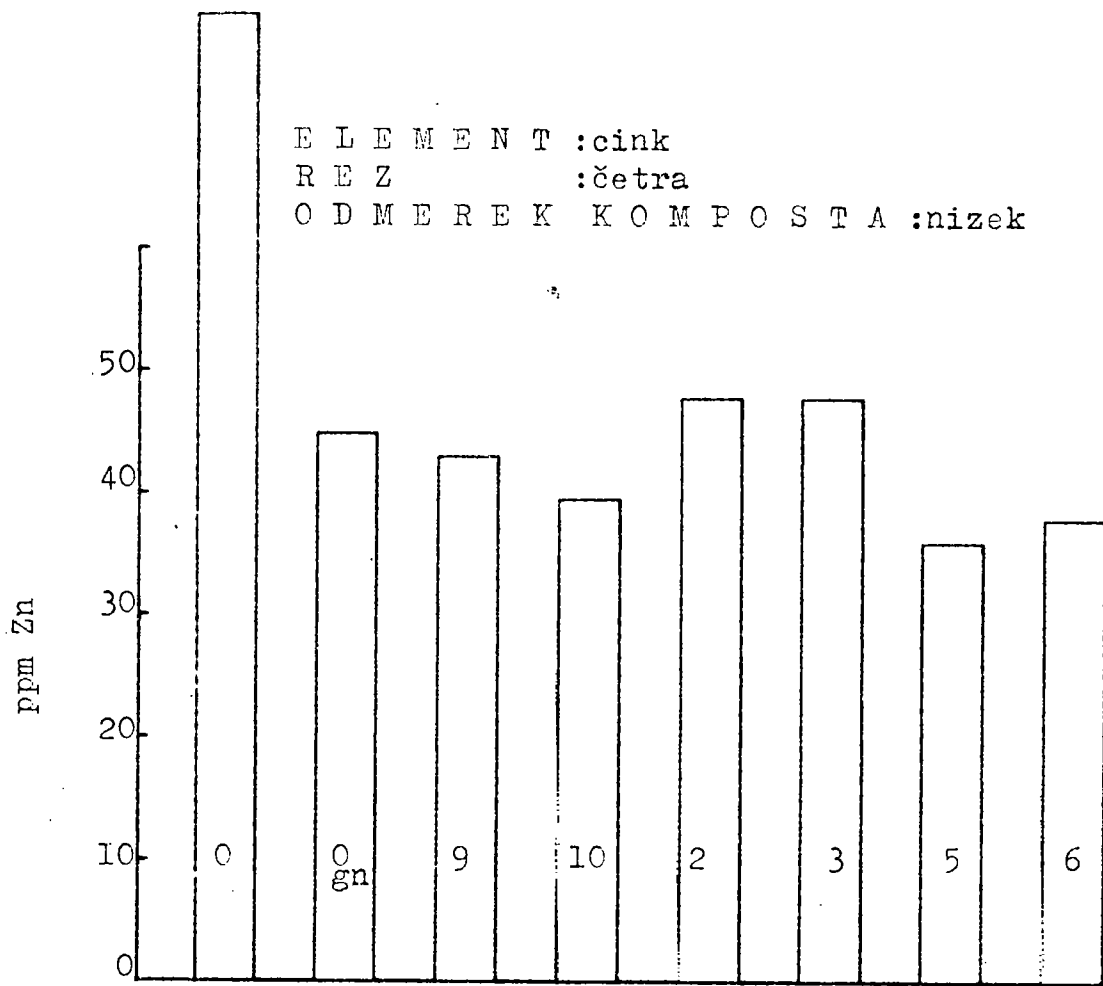
E L E M E N T :cink  
R E Z :tretja  
O D M E R E K K O M P O S T A :nizek



O D M E R E K K O M P O S T A :visck



E L E M E N T :cink  
R E Z :četra  
O D M E R E K K O M P O S T A :nizek



O D M E R E K K O M P O S T A :visok

