

UDK 634.0.237.4(497.12)

POSKUS GNOJENJA BOROVIH SESTOJEV NA PRODNATIH TLEH DRAVSKEGA
POLJA IN MOŽNOSTI ZA GNOJENJE ODRASLIH GOZDOV V SLOVENIJI

Marjan ZUPANČIČ

Sinopsis

Srednjedobni, čisti borovi sestoji na prodnatem peščenem tlu, srednje do slabše bonitete v severovzhodni Sloveniji zelo malo reagirajo na gnojenje z NKP. Vzrok za to so verjetno propustna tla, kjer se gnojila hitro izperejo. Obravnavani so izgledi gnojenja v Sloveniji. Gnojenje je upravičeno za povečanje vrednostnega prirastka in predpostavlja intenzivno gospodarjenje ter razmeroma ugodna rastišča, kjer je osiromašenost tal na hranilnih elementih še najbolj kritični rastiščni faktor. Gozdarstvo mora ohraniti zdrave naravne ekosisteme. Kemizacija, vključno gnojenje, ne sme zavzeti takega obsega, da bi bilo moteno zdravo funkcioniranje gozdnih ekosistemov. V splošnem gozdnih tal v Sloveniji, razen steljarjenih ali drugače degradiranih, ni treba dodatno gnojiti.

A FERTILIZATION EXPERIMENT IN SCOTCH PINE STANDS GROWING ON
GRAVEL SOILS OF DRAVSKO POLJE AND THE PROSPECTS OF FERTILIZATION
IN MATURE FORESTS IN SLOVENIA

Marjan ZUPANČIČ

Synopsis

Middle-aged pure Scotch pine stands on gravel and sandy soils of an average or under - average fertility in the northeastern part of Slovenia (YU) show a very slight reaction to fertilization with NPK. The reason might be the permeability of the soil which causes the washing out of fertilizers. Here the prospects of fertilization in Slovenia are dealt with. Fertilization as a means to increase the value increment is justified, but it requires intensive management and relatively favorable sites where the scarcity of nutrients is the critical site factor. It is a duty of the forest management to keep the ecosystems natural and healthy. The application of chemical substances including fertilization must not be allowed to reach such a degree as to disturb the normal function of forest ecosystems. In general it is not necessary to fertilize forest soils in Slovenia except the soils which are deprived of litter or deteriorated otherwise.

Prispelo: 28. 12. 1975

Avtorjev naslov:

dr. Marjan ZUPANČIČ, dipl. inž. gozd.
znanstveni sodelavec

Inštitut za gozdno in lesno gospodarstvo
biotehniške fakultete univerze v Ljubljani

61000 Ljubljana, Večna pot 30

1. UVOD

V evropskem gozdarstvu se je mineralno gnojenje najbolj uveljavilo v Skandinaviji, deloma tudi v pokrajinah blizu Atlantika in Baltika, predvsem na izpranih, podzoliranih tleh. Preskrba rastline s hranilnimi elementi na podzolih utegne biti najbolj kritični rastiščni faktor, zato gnojenje ugodno deluje na vegetacijo. To velja še posebno za sekundarne podzole. Ugodnejše razmere imamo v Srednji Evropi, kjer so izraziti podzoli zelo redki. Zaradi zmerne srednjeevropske klime izpiranje v tleh ni veliko; preskrba s hranilnimi elementi torej ne spada med najbolj kritične rastiščne faktorje. Možno je naravno obnavljanje rodovitnosti tal (globoko prekoreninjenje tal, razpadanje matične kamenine, delovanje mikorize, biološko vezanje dušika iz zraka, padavinska voda prinaša dušik v tlo itd.). Pomembno je kroženje materije v naravnem gozdnem ekosistemu (rastlina črpa hranilne elemente iz tal in jih z odmrlo organsko snovjo spet vrača vanje). V zdravem gozdnem ekosistemu naravno obnavljanje rodovitnosti tal bolj ali manj nadomesti izgube hranilnih elementov zaradi izkoriščanja lesa, ne nadomesti pa npr. izgub, ki nastanejo zaradi stelarjenja, spravljanja sečnih odpadkov iz gozda ipd.

Gnojenje je predvsem posebnost kmetijstva. Kmetijstvo je naravne ekosisteme porušilo in ustvarilo namesto njih umetne ekosisteme z nenaravnimi monokulturami (njive, plantaže itd.). Te ekosisteme je treba umetno vzdrževati z različnimi agrotehničnimi ukrepi, sicer kmetijstvo ni donosno. Na primer: z visokimi pridelki njive močno izčrpavamo. Da bo na njivi še kaj zraslo, jo moramo nenehno gnojiti in tako bolj ali manj posrečeno vzdrževati ravnotežje v umetnem ekosistemu. Kmetijska proizvodnja zahteva nenehna vlaganja, med drugim tudi velika vlaganja energije. Že sama proizvodnja umetnih gnojil porabi veliko energije, poleg tega pa zelo onesnažuje okolje. Agrotehnika zahteva še razne pesticide, herbicide itd. Vzdrževanje umetnih ekosistemov torej obremenjuje okolje.

Zato gozdarstvo praviloma ne sme ustvarjati umetnih ekosistemov, npr. plantaž, monokultur ipd. Seveda imajo tudi razne drevesne plantaže svojo upravičenost na zemljiščih, ki so za to posebno primerna. Zaradi obilne agrotehnike te plantaže bolj spominjajo na kmetijstvo kot na gozdarstvo. Če odmislimo te izjemne primere, mora gozdarstvo ohranjati naravne ekosisteme in ne sme rušiti ravnotežja v gozdnem ekosistemu. Gozd mora ohraniti še dovolj naravnega sestava in s tem naravnega zdravja in odpornosti. Obstoj gozda ne sme biti odvisen od različnih umetnih ukrepov, kot je to pri plantažah. Ne gre samo za to, da želimo obvarovati okolje, ampak je potrebno tudi iz povsem gospodarskih razlogov. Gozdarstvo si enostavno ne more privoščiti velikih stroškov za vzdrževanje gozdov, za boj proti škodljivcem, boleznim in različnim naravnim nesrečam. V naravnem gospodarskem gozdu je mogoče z manjšimi stroški usmerjati naravne sile in tako doseči gospodarske cilje. Tudi varovalna in socialna vloga gozdov zahteva čim bolj naravno vegetacijo, ki je še najbolj odporna proti različnim neugodnim dejavnikom in ne potrebuje problematičnih umetnih posegov. Uporaba gnojil v gozdu je gotovo upravičena

pri melioracijah tal, pri povečanju vrednostnega prirastka. Napak bi bilo, če bi uporabljali kemizacijo in gnojila v gozdarstvu v zelo velikih količinah, saj bi s tem rušili naravne ekosisteme in obremenjevali okolje. Okolje je v naši industrializirani pokrajini že dovolj obremenjeno, saj ga obremenjuje celo kmetijstvo. Gozd je eden od zadnjih ostankov še razmeroma dobro ohranjene narave; je najmočnejša nasprotna utež raznim obremenitvam okolja.

Res je gnojenje v gozdu zaenkrat manj problematično kot v kmetijstvu. Uporaba gnojil v gozdu je prav neznatna v primerjavi s kmetijstvom. V gozdnih tleh je več organskih snovi, zato lažje prenesejo dodajanje kemičnih sredstev. Kljub temu nastane pri gozdarskem gnojenju izpiranje nitratov, opazimo pa tudi razne neugodne premike kemičnih elementov v tleh (6, 11). Vse to še raziskujejo.

Res pa je, da mineralnih gnojil ne bo vedno dovolj pa tudi poceni ne bodo. Energetska in surovinska kriza je mineralna gnojila močno podražila. Gnojenje je sedaj mnogo manj donosno, kot je bilo pred leti. Upoštevati moramo tudi to, da polovici človeštva primanjkuje hrane in da ta polovica človeštva tudi za kmetijstvo nima najnujnejših gnojil, še manj pa za gozdarstvo (10).

Na vprašanje, ali je pri nas gnojenje donosno, za sedaj ni mogoče določno odgovoriti. To bodo morali povedati znanstveno obdelani poskusi gnojenja. Na Inštitutu za gozdno in lesno gospodarstvo smo l. 1968 začeli s tremi poskusi gnojenja: na Dravskem polju, pri Podbrezjah na Gorenjskem in pri Poljani v Mežiški dolini. Poskus na Dravskem polju je obdelan v tem sestavku. O drugih dveh poskusih govori poglavje 3.1. tega sestavka.

2. POSKUS GNOJENJA NA DRAVSKEM POLJU

2.1. UVOD

Ko smo izbirali ploskev za gnojenje, smo najprej hoteli dobiti rastišča in sestoje, kjer kaže, da bo gnojenje najbolj donosno. To so predvsem vrednejši sestoji iglavcev. Hoteli smo dobiti zemljišče, kjer so sestojne in rastiščne razmere vsaj na nekaj hektarjih kar se da izenačene. To pač zahteva tehnika poskusa, saj je zaželeno, da bi variante poskusa večkrat ponovili. Zaradi velike raznolikosti naših rastišč in sestojev je prav to zahtevo izredno težko izpolniti.

Zemljišče na Dravskem polju glede izenačenosti sestojnih in rastiščnih razmer ustreza tem zahtevam. Poskus je zanimiv predvsem zato, ker v teh ravninskih gozdovih lahko uvajamo intenzivno gospodarjenje; k temu pa lahko gnojenje veliko prispeva.

Cilj poskusa je bil ugotoviti, kako vpliva gnojenje na povečanje prirastka sestoja in ugotoviti gospodarsko upravičenost gnojenja.

Ploskev je na območju Kmetijskega Kombinata Ptuj, revir Ravno polje, oddelek 5, v bližini vasi Kungota, 10 km zahodno od Ptuja. Spada v družbeni lastninski sektor.

Zemljišče je skoraj povsem ravno. Nadmorska višina je približno 200 m.

Sestoj je enodoben, čist borov sestoj, star približno 55 let (l. 1968), lesna zaloga je po najnovejših podatkih KK Ptuj 203 m³/ha. Sestoj je vrzelast zaradi snegolomov, sicer razmeroma zadovoljive kakovosti in priraščanja. Po naših meritvah je prirastek sestoja na negnojeni površini 6,38 m³/ha letno. Razlike glede sestoja na posameznih delih ploskve so majhne.

2.2. RASTLINSKA ZDRUŽBA

Na Dravskem polju je težko določiti rastlinsko združbo. Prvotni naravni gozd je bil izkrcen. Zemljišče so več stoletij izrabljali za kmetijstvo. Fitocenološka karta Biroja za gozdarsko načrtovanje je borove gozdove na Dravskem polju z našo ploskvijo vred uvrstila v združbo *Vaccinio, vitis idaeae - Pinetum sylvestris*, Tomažič (1942) 1971 s. lat., to je acidofilni borov gozd. Najbrž je imela prvotna združba velik delež listavcev (graden, breza, beli gaber, bukev itd.). Sedanji, skoraj čisti borovi gozdovi so močno sekundarnega značaja. Na naši ploskvi je bil sestoj umetno osnovan s pogozditvijo opuščenih njiv, zato je prvotno združbo še težje določiti. V drevesnem sloju te ploskve je skoraj samo bor. V grmovnem sloju so: bor, graden, breza, smreka, trepetlika in robida. Grmovni sloj je zelo slabo razvit. Zeliščni sloj sestavljajo: jesenska resa (*Calluna vulgaris*), borovnica (*Vaccinium myrtillus*), orlova praprotnica (*Pteridium aquilinum*), vijugasta masnica (*Deschampsia flexuosa*), dlakasta bekica (*Luzula pilosa*), travniški črnilec (*Melampyrum pratense*), srčna moč (*Potentilla recta*), stožka (*Molinia arundinacea*), dlakava košeničica (*Genista pilosa*), brusnica (*Vaccinium vitis idaeae*), belkasta bekica (*Luzula albida*). Precej razvit je tudi sloj mahov.

Gotovo je naša ploskev dokaj reprezentativna za gozdove rdečega bora na Dravskem polju.

2.3. PEDOLOŠKE RAZMERE

Opis pedoloških razmer posnemam iz poročila takratnega pedologa na Institutu za gozdno in lesno gospodarstvo dipl. ing. M. PAVŠERJA. Ploskev leži na zgornji terasi mlajšega diluvialnega proda. Prod je heterogen glede vrste in kakovosti nancsčnega materiala. Imamo prodnike kisljih in apnenih kamenin, take, ki imajo premer 10 cm in manjše do drobnih zrn. Material je nepravilno razvrščen, ker ga je nanesel vodni tok, usedal se je včasih hitreje, včasih počasneje, izpolnjeval je že izdobrene tolmune in rokave. Prodnati sloj je globok več kot 20 m, podtalnica je za rastlinstvo popolnoma nedosegljiva.

Tla se niso razvila s preperevanjem čistega prodnatega sloja, ki zaradi gladke površine le počasi prepereva in kjer se večji del preperine izpere v globlje sloje. Vsa terasa je prekrita s peščeno meljastim nanosom, ki je deloma fluvialnega, deloma eolskega porekla. Prvotno je ta sloj vseboval tudi karbonatne delce. Debelina tega vrhnjega nanosa je 10-50 cm.

Na razvoj tal je odločilno vplivalo to, da so ta zemljišča več stoletij uporabljali za poljedelstvo. Ker tla niso bila zaščitena, se je izpiranje povečalo, proti koncu 19. stoletja so takratni fevdalni posestniki pogozdili polja z rdečim borom. Tako v borovih sestojih še danes najdemo sledove obdelave tal - brazde in ozare.

Ker ležijo tla na najvišji terasi, so prešla že različne razvojne procese. Na primer: pojavilo se je izločanje železa, ki je dalo značilno rjavo barvo (braunizacija), izdiferenciral se je profil A - (B) - C. Poleg tega je nastopila še acidifikacija, izpiranje mineralnih snovi in glinastih delcev.

Talni profil ima te značilnosti:

- A₀A₁ - horizont moder-humusa, razvit samo pod mahom na ozari.
- A₂h - horizont izpiranja, obogaten s humusom, rahel, zračen, zelo propusten za vodo, v brazdi kompakten, PH- 4,0 - 5,0.
- BC - podobne lastnosti kot A₂h horizont, le skeleta je 80%, iluviacija železa.

Po celi površini je bilo izvedeno sondiranje globine tal. Globina tal se zelo spreminja, od 15 do 50 cm in tudi več.

V pedogenetskem pogledu spadajo tla med lesivirana rjava tla. Vpliv gozda na humus še ni izrazit. Glede na klimo in na suha, topla tla bi bilo pričakovati večjo globino horizonta A₀A₁. Nasprotno pa opažamo, da je na dnu humusnega horizonta še več organskih snovi. Tla so kislja in izprana. Le zaradi dobre drenažnosti se ni razvil kompaktnjši B horizont. Železovi oksidi so se ustavljali na prehodu v matično podlago zaradi manjše kislosti, kjer se topnost železa zmanjša.

Tla so kislá, kislost se z globino zmanjšuje. Količine poglavitnih biogenih elementov so nizke, prav tako tudi količina organskih snovi.

Vseh hranilnih elementov torej primanjkuje. Zelo propustna tla za gnojenje niso najbolj primerna. Taka tla so suha, če jih gnojimo z mineralnimi gnojili, se v izjemnih primerih lahko preskrba rastlin z vodo še poslabša. Globina tal se spreminja in s tem tudi kritičnost preskrbe z vodo.

2.4. FOLIARNA ANALIZA

Poleg pedološke analize je foliarna analiza pomembna metoda gnojilne diagnostike ali ugotavljanja potreb po gnojenju. Foliarna analiza je kemična analiza rastlinskega tkiva, iz katere sklepamo, kolikšna je prehranjenost rastline in koliko je gnojenje potrebno. Metoda jemanja vzorcev, to je iglic ali listov, je natančno določena (2, 7, 8). V našem primeru smo jemali vzorce od najnovejših poganjkov iz tretjega vretenca vej pod vrhom drevesa. Vzorci so bili vzeti od 30 dominantnih dreves, ki so bila enakomerno razporejena po vsej ploskvi. Vzorce smo jemali od 27. do 29. oktobra 1967. Nabrani vzorci so bili takoj spravljani v hladilnik pri temperaturi 0° C; tako so bili ustavljeni v iglicah vsi življenjski procesi, količina organske snovi se ni spreminjala. Nato smo vzorce poslali v kemični laboratorij Biotehniške fakultete, kjer so jih takoj posušili in zmleli. Količino dušika so določali po Kjeldahlovi metodi, količina fosforja, kalija, kalcija, magnezija pa iz pepela. Rezultate analize predstavlja tabela 1.

Tabela 1:

	Delež v popolnoma suhem vzorcu	Pomanjkanje nastopa pri vrednostih	Optimalna oskrbljenost pri vrednostih
Organska snov	96,7%		
Dušik	1,5%	0,7 - 1,6%	1,8 - 3,2%
Fosfor	0,17%	0,06 - 0,10%	0,2 - 0,3%
Kalij	0,46%	0,3 - 0,45%	0,55 - 0,9%
Kalcij	0,37%	0,05%	0,05 - 0,24%
Magnezij	0,16%	0,05 - 0,09%	0,06 - 0,13%

Podatki v zadnjih dveh stolpcih so vzeti iz knjižice (4). Veljajo za odrasel borov sestoj, rabijo pa naj za orientacijo o kritičnih in optimalnih koncentracijah hranilnih elementov v vzorcih foliarne analize. Ta primerjava pokaže, da v našem primeru ni mogoče računati z ugodno preskrbljenostjo s hranilnimi elementi in tudi ne s posebnim pomanjkanjem. Nepojasnjeno visoke so vrednosti za kalcij in magnezij. Pedološka in foliarna analiza je le približna orientacija, več pa povedo dobro izpeljani gnojilni poizkusi. Tolmačenje foliarne analize je namreč zelo zahtevno in problematično. Več o tem glej pri (2) in (7).

Kasnejših foliranih analiz ni bilo, v tem je prav gotovo pomanjkljivost tega poskusa. Razlogi za opustitev teh analiz so: nabiranje vzorcev zahteva plezanje v vrhove, kar je zelo zahtevno in nevarno delo. Vzorce bi morali jemati že tri leta pred gnojenjem, da bi se tako izenačili vplivi različnih vremenskih razmer v posameznih letih. Temu bi moralo slediti še vsakoletno jemanje vzorcev. S sredstvi, ki so bila na voljo, vsega tega nismo mogli izvesti. Omejiti se je bilo treba na enkratno foliarno analizo, ki rabi kot približna orientacija.

2.5. VARIANTE POSKUSA IN NJIHOV RAZPORED

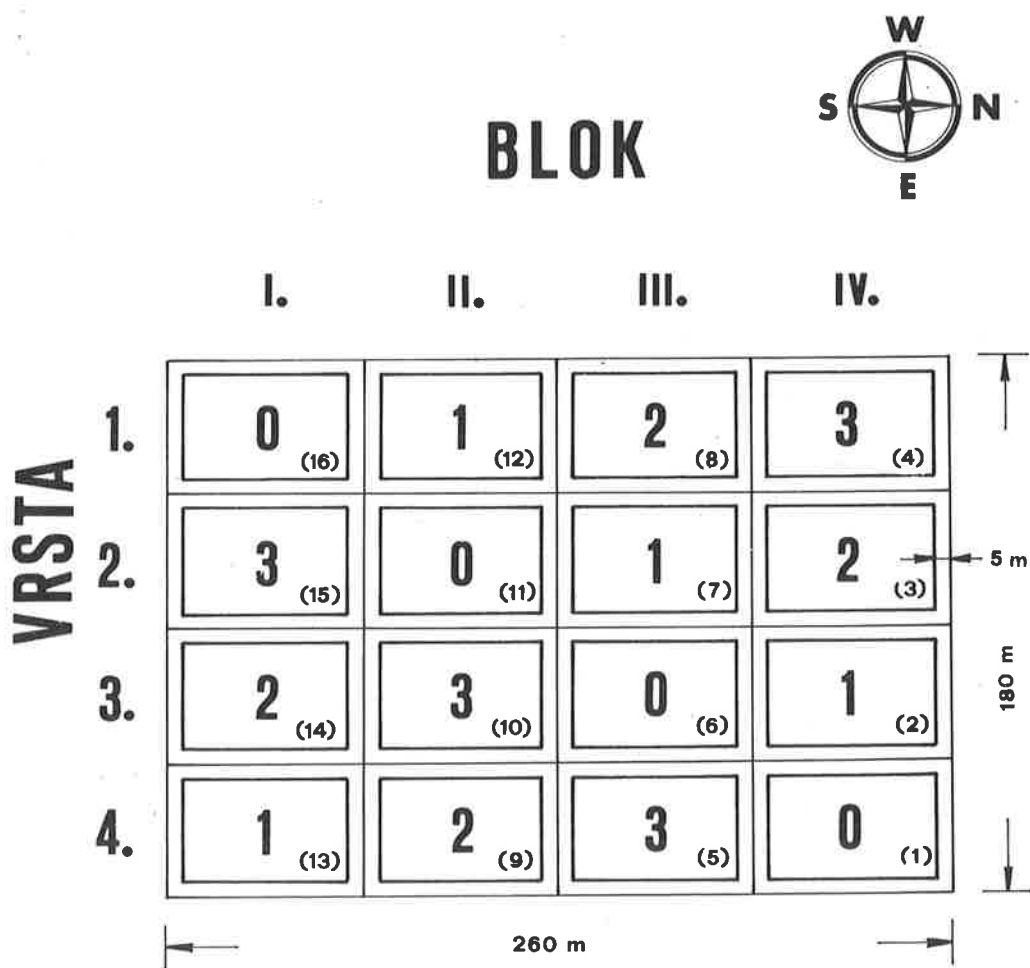
Variante poskusa:

- 0 - negnojeno
- 1 - 1200 kg kompleksnega gnojila NPK 10:10:10 na 1 ha
- 2 - 1500 kg kompleksnega gnojila NPK 10:10:10 na 1 ha
- 3 - 1800 kg kompleksnega gnojila NPK 10:10:10 na 1 ha

Kompleksno gnojilo NPK je bilo izbrano z namenom, da bi se čimbolj pokazal možni učinek gnojenja, ne glede na morebiten prevelik odmerek enega ali drugega elementa. Pognojeno je bilo 20. maja 1968.

Oblika, velikost poskusne ploskve, razpored variant poskusa po posameznih parcelah in oštevilčenje parcel je prikazano na priloženi skici. Variante poskusa so razporejene v obliki latinskega kvadrata. Pri takem razporedu je mogoče z vsemi variantami enakomerno zajeti poskusno površino. Pri gnojilnih poskusih v odraslih sestojih latinski kvadrat zelo redko uporabljamo, ker zahteva tak razpored dovolj veliko gozdno površino; to pa v naravi težko najdemo. Parcele merijo 65 x 45 m; če od tega odštejemo 10 metrski izolirni pas med parcelami, znaša njihova velikost 55 x 35 m, to je 20,35 a. Pognojeno je bilo po vsej površini parcel, vendar pri meritvah nismo upoštevali drevja v izolirnem pasu, da bi tako preprečili vpliv sosednje parcele z drugačno varianto poskusa na drevesa v robnem pasu.

Poleg tega so bile parcele razdeljene v statistične bloke, kot je označeno na skici. Gozdni sestoj v vseh štirih parcelah v bloku I. in v vseh štirih parcelah v bloku III. je bil pred začetkom poskusa zmerno redčen. S tem smo hoteli preučevati sočasni vpliv gnojenja in redčenja. Ker se je vpliv gnojenja pokazal kot neznaten, je moralo to preučevanje odpasti.



Poskus gnojenja na Dravskem polju. Razpored poskusnih variant (0 - negnojena, 1, 2 in 3 - gnojene variante) in oštevilčenja parcel od (1) do (16).

2.6. DENDROMETRIJSKE MERITVE

Prsni premeri dreves so bili izmerjeni pred začetkom gnojenja v maju 1968 in nato v novembru 1974. Med enim in drugim merjenjem je poteklo sedem vegetacijskih dob. Premer drevesa smo določali posredno iz obsega drevesa s pomočjo jeklenega merilnega traku, in sicer na 1 mm natančno. Višina na debljih, kjer smo merili obseg, je zaznamovana z belimi črtami.

Vsa drevesa so oštevilčena, meje ploskve in parcel so natančno označene. Med obema merjenjima so zaradi sanitarnih razlogov bila posekana posamezna drevesa. Teh dreves je bilo zelo malo in jih pri naših izračunih sploh nismo upoštevali. V vsem tem času na ploskvi ni bilo kakršnihkoli rednih posekov.

2.7. REZULTATE MERITEV PREDSTAVLJA TABELA 2

Tabela 2:

Varianta poskusa	Šte- vilo par- cele (glej skico)	Šte- vilo mer- jenih dreves	Srednji prsni premer		Povprečni letni prirastek sestojne temeljnice		Skupni dodatni prirastek v 7 letih m ³ /ha
			Pomlad 1968	Jesen 1974	Za posamez. parcele	Povprečje za varianto	
0 negno- jeno	1	120	21,2	23,7	3,57%	3,18%	---
	6	155	21,4	23,7	3,26%		
	11	114	22,7	25,1	3,19%		
	16	148	23,3	25,3	2,69%		
1 1200 kg/ha	4	114	22,7	25,5	3,74%	3,58%	5,60
	5	123	22,7	25,2	3,34%		
	10	126	22,1	24,9	3,84%		
	15	125	22,6	25,1	3,37%		
2 1500 kg/ha	3	110	22,8	25,7	3,86%	3,61%	6,04
	8	159	20,6	22,9	3,40%		
	9	97	24,2	27,2	3,90%		
	14	137	22,0	24,4	3,27%		
3 1800 kg/ha	2	110	24,1	26,8	3,44%	3,52%	4,94
	7	142	21,4	23,9	3,54%		
	12	118	22,3	25,1	3,74%		
	13	115	22,6	25,1	3,39%		

Skupni dodatni prirastek v času gnojenja je bil izračunan s predpostavko, da je odstotek dodatnega prirastka sestojne temeljnice enak odstotku dodatnega prirastka sestojnega volumna. Ta predpostavka je za naš izračun dovolj upravičena. Lesna zaloga na 1 ha kot povprečje za cel oddelek, v katerem je naša ploskev, znaša po najnovejših podatkih KK Ptuj 203 m³/ha. Zaradi homogenosti sestoja je ta vrednost veljavna tudi za našo poskusno površino.

Predpostavljamo, da traja učinek gnojenja največ 7 let. Ta predpostavka je upravičena glede na prodnata in propustna tla Dravskega polja in glede na ugotovljeni neznameniti učinek gnojenja. Tabela kaže veliko izenačenost sestojnih razmer na vsej poskusni površini in neznamenit učinek gnojenja.

2.8. STATISTIČNA OBDELAVA

Statistično obdelavo je prevzel dipl. ing. Igor Smolej s tukajšnjega inštituta, za kar se mu najlepše zahvaljujem.

Povedali smo že, da so štiri variante poskusa razvrščene v obliki latinskega kvadrata (glej skico), da zajame vsaka varianta vse morebitne neenakosti na poskusni površini. Temeljni podatek pri statističnem izračunu je indeks 7-letnega prirastka sestojne temeljnice.

V tabeli 3 so podani indeksi prirastka v razporedu latinskega kvadrata, ki je enak razporedu parcel na poskusnem zemljišču (glej skico).

Tabela 3:

Blok				
Vrsta	I.	II.	III.	IV.
1	1,188	1,262	1,238	1,262
2	1,236	1,223	1,248	1,270
3	1,229	1,269	1,228	1,241
4	1,237	1,273	1,234	1,250

Ves statistični izračun je bil izveden tudi z absolutnimi vrednostmi prirastka sestojne temeljnice na posameznih parcelah. Ker menim, da je izračun z indeksnimi vrednostmi pravilnejši, tukaj ne navajam izračuna z absolutnimi vrednostmi.

Kolikšne so razlike med variantami, smo ugotavljali z analizo variance, ki je podana v tabeli 4. Uporabljene so označbe, ki so običajne v statističnih učbenikih, npr. SNEDECOR & COCHRAN: Statistical Methods, Sixth Ed. 1967, The Iowa State University Press, Ames, Iowa.

Tabela 4:

Izvor variance	Stopnja prostosti df	Vsota kvadratov	Srednji kvadrat	F
Vrste	3	0,00025	0,000085	0,39
Bloki	3	0,00323	0,001077	4,98 **
Variante poskusa	3	0,00236	0,000786	3,63 *
Napaka	6	0,00130	0,000216	

Vrednost F za 5% in 10% tveganje znašajo v tem primeru

$$F_{0,05} = 4,76$$

$$F_{0,10} = 3,29$$

Statistično značilne so razlike med bloki. K temu je verjetno pripomoglo zmerno redčenje pred začetkom poskusa v blokih I. in III. Malo značilne so razlike med variantami poskusa. Statistična značilnost posameznih razlik med srednjimi vrednostmi variant poskusa je bila preskušena z metodo najmanjše značilne razlike (LSD-test). Rezultati so podani v tabeli 5.

Tabela 5:

		\bar{x}	Varianta poskusa			
			0	3	1	2
			1,2223	1,2470	1,2503	1,2525
Varianta poskusa	0	1,2223	-	0,0247	0,0280	0,0302
	3	1,2470		-	0,0033	0,0055
	1	1,2503			-	0,0022
	2	1,2525				-

Značilnosti razlik se začne pri vrednosti $LSD=0,0307$. Tej vrednosti se močno približa primerjava negnojene variante 2. Sicer značilnih razlik med variantami poskusa ni.

2.9. RENTABILNOST GNOJENJA

Ker gnojenje v našem primeru ni imelo statistično značilnega učinka, je težko govoriti o rentabilnosti gnojenja. Kljub temu naj podam preprost izračun rentabilnosti gnojenja, ki naj da nekaj spoznanj o upravičenosti gnojenja v naših gozdovih. Pri načinu izračuna sem se orientiral po (3). Pogoj rentabilnosti gnojenja je, da dodatni donos, ki je nastal z gnojenjem, krije stroške gnojenja. Pri izračunu moramo uporabiti za stroške in cene postavke iz istega časa, npr. trenutno veljavne cene, sicer račun zaradi naglega spreminjanja cen ne bi bil pravilen.

Stroški gnojenja. Sem spadajo stroški za nakup gnojila, stroški za manipulacijo, prevoz, trosenje gnojila, stroški za izbor poizkusne ploskve in za gnojilno diagnostiko.

Vsi ti stroški se praviloma povečajo še za vsaj neko minimalno obrestovanje. Za čas obrestovanja štejemo dobo od izvedbe gnojenja do poseka z gnojenjem pridobljenega dodatnega prirastka. O upravičenosti obrestovanja so mišljenja različna. V dobi visoke inflacije je obrestovanje sploh problematično. Toda upoštevanje stroškov obrestovanja nas le prisili, da premislimo, kdaj se bodo vložena sredstva začela vračati.

Donos gnojenja. Pri računu rentabilnosti je važna predvsem denarna vrednost dodatnega prirastka. V našem primeru je bila vrednost dodatnega prirastka izračunana tako, da je bila količina tega prirastka v m³ pomnožena s ceno lesa na panju. Tako so posredno tudi upoštevani stroški podiranja, izdelave, spravila, transporta. Ni pa pri tem upoštevana večja vrednost lesa zaradi hitrejšega preskoka k debelejšim, bolje plačanim sortimentom. Vendar je v našem primeru to zelo nepomembno in to razliko lahko zanemarimo. Cena lesa na panju ima pri tem izračunu odločilen pomen. Torej čim kvalitetnejši in dostopnejši je sestoj, tem boljši so izgledi za rentabilnost gnojenja.

Izračun rentabilnosti je v našem primeru pri precej optimistični predpostavki, vse preračunano na 1 ha, takle. Vse postavke in cene veljajo za l. 1975.

Stroški gnojenja:

1200 kg gnojila NPK 10:10:10 á 3,50 din	4.200,00 din
Stroški manipulacije, prevoza, trosenja	600,00 din
Stroški izbora ploskve in gnojilne diagnostike	500,00 din
Obrestovanje vseh teh vloženi sredstev (p = 2%, čas 7 let)	698,89 din
	<hr/>
	5.998,89 din

Z gnojenjem pridobimo v najboljšem primeru (glej tabelo 1) 6,04 m³ dodatnega prirastka na 1 ha. Po podatkih KK Ptuj je cena lesa na panju v oddelku 5, kjer je naša poskusna ploskev, 358,00 din za 1 m³. Donos zaradi gnojenja znaša:

$$6,04 \text{ m}^3 \times 358,00 \text{ din} = 2.162,32 \text{ din}$$

Ta donos pokrije le dobro tretjino stroškov gnojenja, in tako gnojenje ni rentabilno. Ostali razni ugodni in neugodni učinki gnojenja niso bili upoštevani, vendar to lahko v našem primeru zanemarimo.

2.10. SKLEP

Gozdovi na Dravskem polju ležijo sredi agrarne pokrajine, so ravninski in lahko dostopni. Zaradi te lahke dostopnosti in zaradi še dovolj ugodnega rastišča bi lahko intenzivirali gozdno proizvodnjo (izbor primerne borove rase, nega od mladosti sestoja, vzgoja kvalitete, obvejevanje, povečanje rodovitnosti tal). Ob teh prizadevanjih je treba poznati tudi možnosti, ki jih daje gnojenje. Ob našem poskusu še ni mogoče izreči zadnje besede. Pokazalo se je, da je učinek gnojenja minimalen. Vzrok temu so verjetno propustna, prodnata tla, ki imajo premajhno sposobnost, da bi zadržala mineralna gnojila in jih obvarovala pred izpiranjem. Poleg tega je bor manj zahtevna vrsta, ki najde na teh tleh še dovolj dobro preskrbo s hranilnimi elementi tudi brez gnojenja. Morda je bilo reagiranje na gnojenje zaradi tega še manjše.

Kot vse kaže, za povečanje rodovitnosti gozdnih tal na Dravskem polju mineralna gnojila niso primerna. Ostane predvsem možnost biološke melioracije tal. Zato je treba dati dovolj možnosti rastlinju, ki obogatuje tla z dušikom. Na Dravskem polju je to npr. dlakava košeničica (*Genista pilosa*), pa robinija (*Robinia pseudoacacia*). Posebno potrebna je obogatitev tal s humusom. Zato je nujno odpraviti steljčenje, ki je v tej agrarni pokrajini zelo razširjeno in ne prizanesi niti gozdnom v družbeni lastnini. Tudi sečni odpadki morajo ostajati v gozdu, da se tla obogatijo z organsko snovjo. Žal je tudi pobiranje vejčja v teh lahko dostopnih gozdovih zelo razširjeno. Sploh se mora uveljaviti najobičajnejša nega tal, na katero smo dosedaj pozabljali.

3. MOŽNOSTI ZA GNOJENJE ODRASLIH GOZDOV V SLOVENIJI

3.1. UVOD

Učinek gnojenja v odraslih gozdovih je izredno težko ugotoviti. Največji problem je najti dovolj homogeno gozdno površino izenačene bonitete, kjer je možna zanesljiva primerjava posameznih variant poskusa. Take površine so v praksi zelo redke, še najprej jih morda najdemo v ravninskem svetu. Za Slovenijo in za Srednjo Evropo je značilna velika raznolikost rastišč; rezultati enega poskusa so veljavni navadno le za precej ozko omejene lokalne razmere. Trije začetni poskusi, o katerih imamo že obdelane podatke (Dravsko polje, Podbrezje, Poljane v Mežiški dolini) glede na vso raznolikost rastiščnih in sestojnih razmer pri nas zelo malo pomenijo. Potrebno je še večje število novih poskusov. Kljub temu naj podam začasno oceno o možnosti za gnojenje odraslih gozdov v Sloveniji.

Poskus na Dravskem polju je obdelan v tem sestavku. Poskus Podbrezje je bil že enkrat obdelan in objavljen (9). Ponovna predhodna obdelava poskusa za sedemletno dobo po gnojenju je potrdila predvidevanja iz prve objave. Dokončna obdelava je predvidena po desetletnem trajanju poskusa. Poskus je pokazal, da je gnojenje acidofilnega borovega gozda v Gorenjski ravnini v okolici Kranja gospodarsko upravičeno, toda le v nadpovprečno kvalitetnih sestojih. To rastišče acidofilnega borovega gozda je za gnojenje razmeroma ugodno, ker je osiromašenost tal zaradi steljarjenja verjetno najbolj kritični rastiščni faktor in ker na ta kritični faktor z gnojenjem lahko vplivamo.

Poskus pri Poljani v Mežiški dolini je predviden, da bo v kratkem objavljen. Ugotovitve tega poskusa so v skladu s splošnimi ugotovitvami v tem sestavku.

3.2. POTREBE PO GNOJENJU GOZDNIH TAL V SLOVENIJI

Za večino slovenskih gozdov so značilne srednjeevropske naravne in gospodarske razmere. Tako so možnosti za gospodarjenje pri nas drugačne kot v sosednjih bolj aridnih sredozemskih in celinskih območjih, pa tudi drugačne kot v borealnih gozdovih Skandinavije. In prav skandinavsko zgledo pri nas večkrat nekritično posnemamo.

V skandinavskih gozdovih prevladujejo izprana, podzolna tla. Profil je močno diferenciran, hranilni elementi so v profilu zelo neenakomerno porazdeljeni. Pomembno vlogo ima surovi humus. Na velikih površinah vladajo enomerne talne in sestojne razmere. Možnosti za izboljšanje rasti gozda z gnojenjem so razmeroma ugodne.

Drugače kot v Skandinaviji vlada v Srednji Evropi bolj umirjeno podnebje z dovolj visokimi temperaturami, ki omogočajo tudi večje izhlapevanje vode iz tal. Za procese, v katerih nastajajo tla, ni značilno torej samo izpiranje in s tem v zvezi pronicanje vode v globino, ampak tudi gibanje vode v nasprotni smeri od globine proti površju. Zato izrazitega diferenciranja talnih horizontov v profilih ni. Tudi razdelitev hranilnih elementov v profilu je precej enakomerna. Surovi humus se le redko pojavlja. Umirjeno podnebje torej ne povzroča izrazitega izoblikovanja talnih horizontov. Tako prihaja bolj do izraza vpliv matične kamenine. Z navedbo matične kamenine je tudi talni tip velikokrat označen, npr. tlo na apnencu, granitu, na produ itd. Navadno imamo opraviti še z razgibanim zemljiščem, z gričevnim ali hribovskim svetom. Pri spreminjajoči se matični kamenini in pri razgibanem reliefu so talne razmere zelo raznolike.

Možnosti za izboljšanje rasti z gnojenjem so zato odvisne od posameznih rastišč. Če odštejemo steljarjene in podobno degradirane gozdove, pomanjkanje hranilnih elementov v tleh navadno ni najbolj kritični rastiščni faktor. Na splošno so bolj odločilne fizikalne lastnosti tal (struktura, tekstura, rahlost, sprejemljivost za vodo in zrak, globina tal, skeletnost, nagnjenost zemljišča itd.). Kemične lastnosti tal z gnojenjem še razmeroma lahko popravimo, pri fizikalnih pa smo skoraj brez moči. Po človekovi krivdi poslabšane fizikalne lastnosti tal, npr. zbita, erodirana ali podobno degradirana tla, pomenijo za gozd nepopravljivo škodo. Pri neugodnih fizikalnih lastnostih tal ima tudi gnojenje malo uspeha, ker teh neugodnih lastnosti ne more odpraviti in s tem odstraniti ovir za boljšo rast gozda.

Gnojenje po velikih gozdnih površinah po skandinavskem zgledu torej pri nas ni primerno. Predvsem je možna izbira posameznih gnojenja vrednih sestojev in rastišč. Za razliko od skandinavskih tal, kjer korenine ne morejo veliko prodreti v globino, imamo pri nas precej boljše možnosti za naravno obnavljanje rodovitnosti tal. V naših razmerah dosežejo drevesne korenine preperevajočo matično kamenino in s tem hranilne elemente, ki se pri tem preperevanju sproščajo. V tleh deluje mikoriza, ki olajša preskrbo gozdnega drevja s hranilnimi elementi, nastaja tudi biološko vezanje dušika iz zraka (npr. pri metuljnicah, pri raznih jelšah itd.). Nekaj dušika prinaša padavinska voda. V gozdnem ekosistemu kroži materija. Korenine črpajo hranilne elemente iz tal, rastline jih vgrajujejo vase in jih z odmrlo organsko snovjo spet vračajo v tla. Gospodarjenje z gozdom mora čim bolj izrabiti brezplačno delovanje vseh teh naravnih procesov. Kjer so ti naravni procesi premalo učinkoviti, npr. v degradiranih tleh in gozdovih, je lahko pomembno tudi mineralno gnojenje.

3.3. GOSPODARSKA UPRAVIČENOST GNOJENJA

Verjetno bi pri nas marsikatera tla lahko vsaj malo reagirala na gnojenje. Kakšnih izrednih povečanj prirastka v gozdu pa ni pričakovati. Po moji oceni traja učinek enkratnega gnojenja približno 10 let, in prinese v ugodnih okoliščinah približno 20 m³ dodatnega prirastka na hektar, seveda v dobi 10 let. Sicer pa moramo računati s precej manjšim dodatnim prirastkom.

Ker ne moremo doseči večjega dodatnega prirastka, mora imeti ta dodatni prirastek čim večjo vrednost, da bo lahko pokrival stroške gnojenja. Izplača se predvsem gnojenje kvalitetnih sestojev. Ti sestoji morajo biti blizu sečne zrelosti, da nam na posek dodatnega prirastka ni treba predolgo čakati, da vlaganje v gnojenje ni obremenjeno z velikimi stroški obrestovanja. Vse to pomeni, da je treba upoštevati načela nege in intenzivnega gospodarjenja že od mladosti sestojja. Tem pogojem se pri nas le redkokje približamo.

Gotovo se gnojenje ne izplača na strmih, neprikladnih zemljiščih, na katerih ni mogoče gojiti kvalitetnih sortimentov, kjer se gnojilo izpira po strmini navzdol in tako nima pravega učinka. Prav tako ni vredno gnojiti povsod tam, kjer razni neugodni rastiščni faktorji (npr. neugodno podnebje, neugodne fizikalne lastnosti tal, ogroženost in nestabilnost sestojev itd.) bolj odločilno vplivajo na rast gozda kot pomanjkanje hranilnih elementov.

Izbor gnojenja vrednih rastišč in sestojev je torej zelo ozek. Po dosedanjih izkušnjah se gnojenje še najbolj izplača na ravnem ali blago nagnjenem svetu, v kakovostnih sestojih iglavcev, kjer so vsi rastiščni pogoji razmeroma ugodni, le tla so s steljarjenjem osiromašena ali podobno degradirana. Take sestojje predstavlja naš poskus gnojenja pri Podbrezjah na Gorenjskem.

3.4. GNOJENJE IN DRUGE MOŽNOSTI ZA POVEČANJE DONOSA GOZDA

Če gospodarimo po naravnih načelih, rodovitnosti gozdnih tal ni treba reševati z gnojenjem. Kadar je naravno ravnotežje v gozdu dovolj ohranjeno, se kljub poseku lesa rodovitnost gozdnih tal ohranja in obnavlja. Važno je, da ne uničimo naravnega kroženja materije v gozdu. V gozdu mora ostati vsa stelja in vsi sečni odpadki. Tako se čimveč hranilnih elementov vrne nazaj v tla, tla pa ne izgubljajo organskih snovi. Moderne tehnologije, ki jemljejo iz gozda cela drevesa s krošnjami in lubjem vred, škodujejo gozdnim tlem podobno kot steljarjenje. Otresti se je treba tudi mišljenja, da je znak dobrega gospodarjenja, če iz gozda spravimo vse do zadnje vejice. Prav v drobnem vejevju in v sečnih odpadkih je zelo veliko hranilnih elementov. Če jih jemljemo iz kroženja materije v gozdnem ekosistemu, je to degradiranje in siromašenje ekosistema.

Kadar iščemo možnosti za povečanje donosa, naletimo najprej na slabo izrabljeni rastiščni potencial naših gozdov. Gnojenje je primerno šele tedaj, ko imemo že polno zarasle in kvalitetne sestoje. Največ neizrabljenih možnosti za povečanje donosa je torej na biološkem ali gojitvenem področju, kjer gozdnemu ekosistemu ni potrebno dodajati materije in energije. Na to pokažem na preprostem zgledu. Kot je pokazal poskus pri Poljani v Mežiški dolini in kot je že znano, nevitarna drevesa, ki imajo praviloma tudi zakrnele in slabo razvite krošnje, na gnojenje slabo reagirajo. Kot kažejo izkušnje iz prakse, taka drevesa tudi na redčenje slabo reagirajo. Drevesno krošnjo lahko primerjamo s pljuči. Pri odraslem človeku je slabo razvita pljuča težko popraviti in tak človek nikoli ne more razviti posebnih fizičnih zmogljivosti. Podobno je pri gozdnih drevesih. Odrasla drevesa slabo razvite krošnje praviloma ne morejo bistveno popraviti in povečati priraščanja kljub ugodnemu rastišču in sestojnemu položaju. Večja ali manjša regeneracija zakrnelih krošenj je poleg starosti drevesa odvisna še od lokalnih rastiščnih razmer in sveda od drevesne vrste.

Naši gozdovi so v preteklosti po sili razmer pogosto trpeli zaradi negativne selekcije: najboljša je bilo posekano, slabše razvito in oblikovano drevje je pa lahko še ostalo v gozdu. Tudi zamujeni negovalni ukrepi so povzročili, da je drevje zaradi pregostega sestoja razvijalo le utesnjene in deformirane krošnje, ki se pri poznejših redčenjih niso več bistveno popravile. Pri takih slabo razvitih krošnjah je nujno oslABLJENA tudi vitalnost in sploh priraščanje dreves. Rastiščni potencial je tako dolga leta slabo izrabljen in nastaja gospodarska izguba, ki jo knjigovodstvo ne prikazuje. Še preden se lotimo gnojenja, moramo take gospodarske izgube v gozdu preprečiti. Uveljaviti se mora načelo nege gozda in ne načelo trenutnih koristi od posekanega lesa.

Drastičen primer neizrabljenega rastiščnega potenciala in ogromnih gospodarskih izgub zaradi izpada prirastka so naši propadajoči gozdovi jelke. Prepričan sem, da jelka pri nas ne bi propadala, če bi upoštevali vse posebnosti te visokoproduktivne drevesne vrste, če se naši gozdovi ne bi preveč oddaljili od prvotnega naravnega stanja.

4. POVZETEK

Sestavek obravnava poskus gnojenja na prodnati ravnini Dravskega polja zahodno od Ptuj. Srednjedobni čisti borovi sestoji so nastali s pogozditvijo nekdanjega kmetijskega zemljišča. Enkratno gnojenje z nitrofoskalam v različno velikih odmerkih je po sedmih letih pokazalo le neznatno povečanje prirastka zaradi gnojenja. Menim, da je vzrok za to v propustnem, peščenem tlu, kjer se mineralna gnojila premočno izpirajo. Pri intenziviranju gospodarjenja v teh gozdovih je mineralno gnojenje malo primerno. Ostane le možnost biološke nege tal. Steljarjenje,

spravljanje vejevja iz gozda in podobno, kar je še močno razširjeno, je treba odpraviti, tlo pa čim bolj obogatiti z organskim materialom.

Nadalje so omenjeni rezultati dveh drugih poskusov. Na osnovi dosedanjih izkušenj obravnava avtor možnosti gnojenja odraslih gozdov v Sloveniji. Poudarja potrebo gospodarjenja po naravnih načelih in ohranitve naravnih gozdnih ekosistemov. V srednjeevropskih razmerah je samo gospodarjenje po naravnih načelih v skladu z vsemi funkcijami, ki jih mora gozd izpolnjevati (gospodarska, varovalna in socialna funkcija). Zaradi tega se mora rodovitnost tal ohranjati predvsem na naraven način brez problematičnega dodajanja materije in energije gozdnemu ekosistemu. Kmetijski načini ohranjanja rodovitnosti tal so v gozdu zgrešeni. Gozd je kot nasprotna utež za obremenitve naše gosto naseljene pokrajine s kmetijsko kemizacijo, z industrijskim onesnaženjem itd. Zato mora ostati bolj naraven. Mineralno gnojenje v gozdu ne sme zavzeti takega obsega, da bi bilo ogroženo zdravo funkcioniranje gozdnih ekosistemov.

Če odštejemo tla, ki so osiromašena zaradi steljarjenja, gozdna tla v Sloveniji niso izrazito potrebna gnojenja. Gnojenje je gospodarsko upravičeno le v posebnih primerih, predvsem za povečanje vrednostnega prirastka. Kvalitetni odrasli sestoji iglavcev na ravnem ali blago nagnjenem zemljišču, kjer so ugodni vsi rastiščni faktorji, razen tal osiromašenih s steljarjenjem, so za gnojenje še najprej primerne. Gnojenje odraslih sestojev predpostavlja uspešno intenziviranje gospodarjenja.

DÜNGUNGSVERSUCH IN KIEFERNBESTÄNDEN IN DER SCHOTTEREBENE VON DRAVSKO POLJE UND AUSSICHTEN FÜR DÜNGUNG VON ERWACHSENEN BESTANDEN IN SLOWENIEN

Zusammenfassung

Düngungsversuch in der Schotterebene von Dravsko polje in Nordost Slowenien, im subpannonischen, kontinental beeinflussten Klima, wird ausführlich besprochen. Die mittelaltrigen reinen Kiefernbestände sind als Aufforstung von landwirtschaftlichen Boden entstanden. Eine einmalige NPK Düngung in verschieden hohen Gaben hat in der siebenjährigen Versuchsdauer nur eine geringe Zuwachssteigerung ergeben. Der Grund dafür ist im durchlässigen, sandigen Boden zu suchen, wo Mineraldünger stark ausgewaschen werden. Bei Intensivierung der Bewirtschaftung dieser Wälder kann Mineraldüngung keine grosse Rolle spielen. Desto bedeutender ist die biologische Bodenpflege. Die noch vorhandene Streunutzung ist abzuschaffen in der Boden mit möglichst viel organisches Material anzureichern.

Anschliessend werden zwei weitere Düngungsversuche und ihre Ergebnisse erwähnt. Auf Grund von bisherigen Erfahrungen werden Möglichkeiten der Düngung von er-

wachsenen Beständen in Slowenien beurteilt. Notwendigkeit der naturgemässen Bewirtschaftung und Erhaltung der natürlichen Wald-Oekosysteme wird betont. In mitteleuropäischen Verhältnissen kann nur die naturgemässe Bewirtschaftung allen Funktionen des Waldes (Nutzungs-, Schutz- und Sozialfunktion) gerecht werden. Die Bodenfruchtbarkeit ist vor allem auf natürliche Weise, ohne problematische künstliche Zugabe von Materie und Energie an Waldökosystem, zu erhalten. Landwirtschaftliche Methoden zur Erhaltung von Bodenfruchtbarkeit sind im Walde nicht tragbar. Der Wald als Gegengewicht zu den Belastungen unserer dicht besiedelten Landschaft durch landwirtschaftliche Chemisierung, Industrie usw., muss möglichst natürlich bleiben. Das gesunde Funktionieren von Waldökosystemen darf durch übermässige Düngung nicht bedroht werden.

Abgesehen von den streugenutzten Böden dürften slowenische Waldböden kaum düngungsbedürftig sein. Nur in besonderen Fällen ist die Düngung wirtschaftlich berechtigt, vor allem zur Förderung des Wertzuwachses. Wertvolle Nadel-Altbestände in ebenen oder leicht geneigten Lagen, wo alle Standortsfaktoren mit Ausnahme vom streugenutzten Böden günstig sind, sind für die Düngung am ehesten geeignet. Die Düngung von erwachsenen Beständen setzt eine erfolgreiche Intensivierung der Bewirtschaftung voraus.

UPORABLJENA LITERATURA

1. van den BURG, J.; van GOOR, C.P.: The influence of fertilizers on tree growth and their interaction with the factors of the site. Referat. FAO/IUFRO international symposium on forest fertilization, Paris 1973
2. BONNEAU, M.: The state of research on forest nutrition. Referat, FAO/IUFRO international symposium on forest fertilization, Paris 1973
3. FIEDLER, H.J.; NEBE, W.; HOFFMANN, F.: Forstliche Pflanzenernährung und Düngung. Gustav Fischer Verlag, Jena, 1973, s. 481
4. GUSSONE, H.: Faustzahlen für Düngung im Walde. BLV München, 1964, s.98
5. MAYER, H.: Waldbauliche Grundlagen für einen rationellen Einsatz der Düngung zur Ertragssteigerung im Forstbetrieb. Allg. Forstz., München, 1967, No. 41, s. 717-722
6. ULRICH, B.: The Nutrient cycle in forest ecosystems as influenced by fertilization. Referat, FAO/IUFRO international symposium on forest fertilization, Paris 1973
7. ZÖTTEL, H.W.: Diagnosis of nutrient disturbances in forest stands. Referat, FAO/IUFRO international symposium on forest fertilization, Paris 1973

-
8. ZUPANČIČ, M.: Mineralno gnojenje odraslih gozdov. Pregled izsledkov in nekaj napotkov za prakso. Gozd. V., Ljubljana, 1971, s. 209-224, nem. povz., cit. lit. 80
 9. ZUPANČIČ, M.: Prvi rezultati gnojilnega poskusa v odraslem gozdu pri Podbrezjah na Gorenjskem. Gozd. V., Ljubljana, 1972, št. 4, s. 120-128, nem. povz., cit. lit. 10
 10. ZUPANČIČ, M.: Simpozij o gozdarski fertilizaciji. Gozd. V., Ljubljana, 1974, št. 1, s. 41-43
 11. ZUPANČIČ, M.: Zaključki in priporočila mednarodnega simpozija o gozdarski fertilizaciji v Parizu, decembra 1973. Gozd. V., Ljubljana, 1975, št. 3, s. 143-145
 12. ZUPANČIČ, M.: Mineralno gnojenje v gozdu - da ali ne? Sodobno kmetijstvo, Ljubljana, 1976, št. 1, s. 50-52