

V. GLIGIĆ

ISPITIVANJE CO₂ REŽIMA NEKIH STANIŠTA NA IGMANU I BJELAŠNICI

U merenjima i posmatranjima izloženim u ovom radu učestvovali su Stanimirka Milanović, asistent Poljoprivredno-šumarskog fakulteta u Sarajevu i Borivoje Dobrilović, asistent Prirodno-matematičkog fakulteta u Beogradu.

U toku ovih, kao i drugih, istraživanja vršenih na Fakultetskom šumskom oglednom dobru »Igman« nailazio sam na razumevanje i drugarsku predusretljivost direktora inž. Ranka Trifkovića i drugih članova kolektiva »Igmána«.

Uvod

Kako je relativni sadržaj ugljendioksida u atmosferi uslovljen prvenstveno procesima njegove proizvodnje i potrošnje, to je prirodno da je taj sadržaj podložan velikom dnevnom, sezonskom i godišnjem variranju. To su, između ostalog, pokazala i Lundegardova merenja, u kojim je srednja varijacija prosečne vrednosti atmosferskog sadržaja ugljendioksida iznosila od $\pm 9,4$ do $\pm 21,0\%$. Za objašnjenje ovako jakog kolebanja Lundegard navodi da je celokupni sadržaj ugljendioksida u atmosferi od 2100 biliona kg samo 35 puta veći od njegove potrošnje u procesu hlorofilne asimilacije (60 biliona kg). Već iz ove činjenice postaje jasna nužnost jakog variranja relativnog sadržaja ugljendioksida. Procese proizvodnje sačinjavaju: gorenje drveta i ugljena, disanje životinja i biljaka, oslobađanje ugljendioksida iz izvora i pri vulkanskim erupcijama i iznad svega »disanje« zemljišta, izazvano ponajviše aktivnošću edafona. Kako su mesta proizvodnje i potrošnje ugljendioksida neravnomerno raspoređena na Zemlji, a odgovarajući se procesi, osim toga, vrše periodično, onda je razumljivo da uz nedovoljno mešanje vazduha moraju nastati kolebanja sadržaja ugljendioksida u atmosferi.

Kako se hlorofilna asimilacija vrši samo danju, dok se disanje svih organizama vrši i danju i noću, mora da postoje kolebanja sadržaja ugljendioksida u toku 24 sata, na taj način da je on uvek veći noću nego danju. (Lundegard je našao da je taj sadržaj na njivi šećerne

repe već u 18 sati za 10⁰/₀ viši nego u podne). Prosečne vrednosti toga sadržaja preko dana su uopšte za 12⁰/₀ niže od prosečnih noćnih vrednosti. Što se tiče sezonskih kolebanja sadržaja ugljendioksida, L u n d e g a r d je utvrdio da taj sadržaj u jesen raste većinom do maksimuma, zbog opadanja asimilacije i pojačane delatnosti zemljišnih bakterija, a leti da opada, postigavši svoj minimum, u većini slučajeva, sredinom jula. Položaj godišnjeg minimuma je ipak vrlo neodređen, jer zavisi od vremenskih prilika. I godišnja srednja vrednost ovog sadržaja je u pojedinim godinama različita.

Slobodna atmosfera pretstavlja rezervoar ugljendioksida koji samo u ograničenoj meri stoji na raspolaganju vegetaciji. To dolazi zbog toga što su vertikalne struje koje vladaju u njoj nedovoljne, a pretežno horizontalni vetrovi, kada duvaju preko dalekih oblasti pod vegetacijom, ne mogu da nadoknađuju utrošeni ugljendioksid. Na taj način, biljke su, u prvom redu, upućene na ugljendioksid iz prizemnih slojeva atmosfere. Stoga slobodna atmosfera jedva učestvuje u kruženju ugljendioksida i ona ga odaje biljnom pokrivaču samo onda kada biljke više asimilišu, nego što zemljište »diše«. U obrnutom slučaju slobodna atmosfera prima ugljendioksid iz prizemnih slojeva vazduha.

Rešavajući pitanje do koje visine mogu rezerve ugljendiosida da budu učinjene mobilnim za snabdevanje biljnog pokrivača, da bi mu poznavanje tog vertikalnog dometa variranja ovog gasa omogućilo integraciju prosečnog dnevnog asimilacionog efekta pojedinih kulturnih biljaka, B. H u b e r je vršio merenja pomoću triput preciznijeg aparata od onog s kojim je radio Lundegard.*) Rezultati tih merenja pokazali su da vegetacija u toku dana troši celokupni sadržaj ugljendioksida jednog 6,5 m visokog vazdušnog sloja iznad sebe, a da za vreme noćnog disanja vegetacije, pri stabilnom slaganju vazdušnih slojeva, sadržaj ugljendioksida opada naviše upočetku brzo, a u većim visinama sve polaganije. Ovo opadanje između 0—100 m nadmorske visine iščezava skoro sasvim u toku dana sa porastom turbulencije. Pri jutarnjem prelazu biva ugljendioksid, koji se pri tlu nakupio u toku noći, uzvitlan na znatne visine, tako da brzo jutarnje opadanje sadržaja ugljendioksida u blizini tla počiva većim delom na mešanju sa višim, ugljendioksidom siromašnijim, slojevima vazduha. Prema tome, to jutarnje opadanje ne može da pretstavlja meru za intenzitet asimilacije. Integriranjem visinskog profila sadržaja ugljendioksida u razno doba dana mogu se, naprotiv, dobiti podaci o onim količinama ugljendioksida koje su odgovarajućem vazdušnom stubu dovedene, odnosno oduzete. Tim putem dobiveni broj od 3,25 g/m² dnevno slaže se sa asimilacionim efektom pojedinih kulturnih biljaka. Za razliku od dnevnog toka, B. H u b e r nije mogao na osnovu rezultata svojih dosadašnjih merenja da obuhvati godišnji tok sadržaja ugljendioksida.

*) Ultrarot — Absorbtiionschreiber der Badischen Anilin — und Sodafabrik Ludwigshafen dopušta registrovanje 0,0001% CO₂.

I

Merenjima koncentracije ugljendioksida, koja sam vršio povremeno od maja do oktobra 1955 g. na planinama Igmanu i Bjelašnici kod Sarajeva, hteo sam da utvrdim postoji li, uzeto sumarno, pad te koncentracije u odnosu na veće nadmorske visine, i kako ostali faktori taj pad remete.

Kada bi se ugljendioksid u atmosferi raspoređivao samo po kinetičkoj teoriji gasova, onda bi opadanje njegove gustine sa nadmorskom visinom, zajedno sa opadanjem gustine ostalih gasova vazdušne smese, išlo u geometričkoj progresiji. To znači da bi se prema specifičnoj težini jednog gasa, iz njegovog parcijalnog pritiska na tle, mogao izračunati i njegov raspored u višim slojevima. Od vazdušnih gasova, izuzevši ksenon (sp. t. 4,422), ugljendioksid ima najveću specifičnu težinu (1,529). Stoga se on pretežno nalazi u najdonjim slojevima atmosfere, gde se kao njegov prosek uzima 0,03% po zapremini. Pri idealnoj raspodeli prema specifičnoj težini, ugljendioksida bi na 15 km visine bilo još 0,02%, a na 30 km ga ne bi uopšte bilo. Ali ova izračunavanja bila bi tačna samo uz odsustvo znatnijih strujanja vazdušnih masa i nesmetanu difuziju ugljendioksida u svim pravcima, kada se on ne bi znatnije ni proizvodio, ni trošio, što bi uslovlilo njegov konstantniji sadržaj u pojedinim slojevima atmosfere. Međutim, u troposferi se dešavaju vertikalna strujanja, koja dovode do mehaničkog mešanja vazdušnih masa, a time do remećenja idealnog rasporeda gasova prema njihovoj specifičnoj težini. Ova vertikalna strujanja dosižu otprilike 1 km, pa bi trebalo da već iznad te visine sadržaj ugljendioksida primetno opada. Merenja vršena u tom pogledu nisu dala rezultate koji bi to uvek jasno potvrđivali.

Takvih merenja nema mnogo. *Lundegard* navodi sledeća: *Trišovljeva* određivanja krajem avgusta 1873 g. dala su na 395 m nadmorske visine 0,0315%, na 1446 m pri 21°C i 635 mm atmosferskog pritiska 0,0203%, na 1884 m uz 6° i 578 mm 0,0172%; *Tisandje* je 1875 g., mereći u balonu na visinama od 890 do 1000 m, našao naveče 0,024, a ujutro 0,030%; *Minz* i *Oben* konstatovali su 1882 g. za vedrih i vetrovitih dana pri podnožju Pirineja prosečno 0,0282%, a na nadmorskoj visini od 2877 m 0,0278%; *A. Smit* 1899—1902 g. našao je u podnožju Škotskih Brda 0,0341%, a na vrhu 0,0332%; *Andrečak* ni preko 4000 m nadmorske visine nije mogao da konstatuje neko opadanje sadržaja ugljendioksida. Međutim, *Kartelieri* je 1940 g. merio na 2600 m iznad samog tla od 0,367—0,395 mg/l, a *Blagoveščenski* na Pamiru, na 4000 m, samo 0,250 mg ugljendioksida na litar vazduha, gde su, i pored tako niske koncentracije ovog gasa, konstatovani vrlo visoki indikatori fotosinteze.

Svoja merenja sam vršio istovremeno na Velikom Polju (1200 m) i vrhu Bjelašnice (2067 m). Izbor ovih tačaka imao je tu dobru stranu što na obe postoje meteorološke opservatorije, tako da su za vreme merenja mogli da budu uzimani podaci o onim meteorološkim faktorima, koji mogu da utiču na koncentraciju CO₂ u atmosferi. Merenja su obavljena titracijom $10 \text{ ccm} \frac{n}{2}$ rastvora KOH, kroz koji je u ispiralici sa staklenim filtrom, uz prethodno dodavanje nekoliko kapi butilalkohola, bilo

propušteno 5 l vazduha sa visine 2 m iznad zemlje, u roku od 4 min. Titrirano je $\frac{n}{10}$ rastvorom HCl, a kao reagensi upotrebljeni su fenolftalein i metiloranž.

Ova merenja su dala rezultate koji pokazuju da je pri mirnijem vremenu pad koncentracije ugljendioksida sa nadmorskom visinom nagliji, a u pokretanom vazduhu da vlada podjednaka koncentracija na različitim nadmorskim visinama. U tom pogledu naročito su karakteristični sledeći podaci:

Datum i sat	Nadm. v.	Vetar	Oblačnost	t	p	% CO ₂ po zapremini
10 IX 12h	1200	1 m/sec	10/10	14,9°C	661,4 mm	0,032
	2067	15 m/sec	10/10	8,5°C	596,5 mm	0,030
12 IX 12h	1200	tiho	sumaglica	5,1°C	663,5 mm	0,034
	1800	1 m/sec	3/10 sunčano	7,5°C	598,9 mm	0,016

Dok je na izjednačavanje sadržaja ugljendioksida prvoga dana mogao da deluje jači vetar i niža temperatura na većoj nadmorskoj visini, dotle je drugoga dana oštrija razlika u tom sadržaju na raznim nadmorskim visinama mogla da bude uslovljena tihim vremenom i inverzijom temperature. Moja iskustva daju osnova pretpostavci da se uglavnom uzeto, na raznim nadmorskim visinama ispoljava pad koncentracije ugljendioksida u vezi opadanja barometarskog pritiska, pogotovo pri tišem vremenu i podjednakim temperaturama. Taj pad koncentracije ugljendioksida bio je najjasniji na tačkama udaljenim od jačih bioloških uticaja, tj. od jače proizvodnje i potrošnje ugljendioksida. Sve u svemu, integriranjem, u pojedinim vremenskim osecima inače vrlo promenljivog, sadržaja atmosferskog ugljendioksida u jednoj zoni pokazuje se da celokupna njegova količina, koja u dužem vremenu stoji na raspolaganju jedinici vegetacije površine, opada sa nadmorskom visinom.

II

U najdonjem sloju vazduha, koji omotava biljke, vladaju u pogledu raspodele ugljendioksida drugi zakoni, nego u slobodnom vazduhu iznad vegetacije. Bliže površini zemlje biljni i životinjski svet prouzrokuje znatnija variranja u sadržaju ugljendioksida. U prizemnom sloju vazduha taj sadržaj može da bude znatno iznad onog u slobodnoj atmosferi, jer se u taj sloj, uglavnom do 5 m visine, odaju one količine ugljendioksida koje nastaju u njegovom glavnom izvoru, tj. u procesu »disanja« zemljišta, što znači u disanju korena i delatnosti edafona i većih zemljišnih životinja: larvi insekata, kišnih glista i dr.

Koliko je učešće u stvaranju ugljendioksida svake od ove komponente, teško je reći. Kod zemljišta dobro prožetog biljnim korenima Lundegard uzima da na njihovo disanje otpada oko 30% celokupne

proizvodnje zemljišnog ugljendioksida. Odnos između mikroflora i faune zemljišta u tom pogledu može da bude vrlo različit. Aktivna zemljišta, bogata bakterijama, imaju većinom i bogatu zemljišnu faunu, a kisela zemljišta, u kojim prevladavaju gljive nad bakterijama, uopšte su siromašna životinjskim organizmima. Uglavnom, stvaranje ugljendioksida od strane bakterija i gljiva daleko premaša sve druge navedene procese, jer ti mikroorganizmi vrše različita vrenja, pri čemu se organski sastavni delovi zemljišta većim delom razgrađuju do ugljendioksida, koji se onda sa površine zemljišta odaje u prizemne slojeve atmosfere.

Lundegard daje sledeće podatke o »disanju« raznih zemljišta u g/m^2 i na h:

1) mršave livade pri moru	0,11
2) glinovito zemljište neđubreno	0,125
3) lako peščano zemljište	0,21
4) isušeno močvarno zemljište	0,28
5) peščano-ilovasto zemljište	0,32
6) ilovasto zemljište	0,40
7) humusom bogato peščano zemljište	0,40
8) humusom bogato ilovasto zemljište	0,41
9) livadsko zemljište sa <i>Nardus stricta</i>	0,33
10) šumsko zemljište sa <i>Majanthemum bifolium</i>	0,33
11) šumsko zemljište sa <i>Viola palustris</i>	0,72
12) Šumsko zemljište sa <i>Rubus idaeus</i>	0,83
13) vlažna johina šuma sa <i>Oxalis acetosella</i>	1,17—2,34
14) bukova šuma	1,54
15) obalski nanosi morske trave	1,54—2,2

Iz ove tablice proizlazi da se najviše vrednosti »disanja« nalaze kod zemljišta lišćarskih šuma sa blagim humusom, a da su zemljišta sa sirovim humusom u tom pogledu manje aktivna. Naročito je slabo »disanje« mršavih zemljišta.

Merenja »disanja« zemljišta koja je vršio Klečka dala su sledeće rezultate:

Za 24 sata 100 g zemljišta ispustilo je ugljendioksida:

1) tipični <i>Nardetum</i>	0,0027 g
2) stara polukulturna livada	0,0050 „
3) kulturna livada postavljena pre 6 godina	0,0061 „
4) uzorani <i>Nardetum</i> , obrađivan 3 godine (ovas-ovas-krompir) poslednje godine đubren stajskim đubretom	0,0091 „
5) nanovo postavljena livada u prvoj godini, radikalna obnova <i>Nardetuma</i> obrađivanjem	0,0100 „

Poređenje Klečkinih brojeva najbolje pokazuje kako se na mikrobiološku aktivnost u zemljištima može uticati, i kako ta aktivnost, s druge strane, brzo podleže degradaciji. Ovi rezultati, osim toga, pokazuju

da mikotrofni procesi smanjuju »disanje« zemljišta. *Nardus stricta*, kao mikotrofna biljka zbijenog bokora, ima prednost na zemljištima u kojim su nagomilane velike količine organske materije pred autotrofnim biljkama, koje ne stupaju u mikotrofne odnose. Ti odnosi, međutim, ne dovode organsku materiju zemljišta do potpunog razlaganja, zbog čega je proizvodnja ugljendioksida smanjena. Do tog smanjenja dolazi i zbog usporene brzine raspadanja organske materije, izazvane nestašicom kiseonika, koja vlada u zemljištima bogatim sirovim humusom.

Svoja merenja »disanja« zemljišta obavljao sam titriranjem 10 cm $\frac{1}{2}$ n KOH rastvora koji je u $\frac{1}{4}$ l bočicama sa širim otvorom bio izlagan uticaju vazduha u trajanju od 12 sati. Po 10 potpuno jednakih bočica stavljeno je uz samo tle pojedinih staništa. Do postavljanja i posle odnošenja do titriranja, bočice sa rastvorom su zatvarane gumenim zapušačem. Titriranje je obavljano u samim bočicama, bez presipanja rastvora u drugu posudu.

Merenja su dala sledeće prosečne vrednosti ugljendioksida u g na m² i sat:

- 1) mnogofrekventovani pašnjak na 1200 m nadm. v. (Veliko Polje) 1,05 g
- 2) sečom proređena i svetla mešana šuma običnog bora, jele i smrče sa *Melampyrum silvaticum*, *Oxalis acetosella* i dr., na 1250 m n. v., eksp. j.-z., na humoznom, skeletnom zemljištu (rendzina) sa blokovima kamenja obraslog mahovinom na površini, obilnim mrtvim pokrivačem od drvenih otpadaka i steljom od 5 cm debljine 0,65 „
- 3) sečom proređena i svetla mešana šuma bukve, jele i smrče sa *Asperula odorata*, *Festuca drymea* i dr., na 1350 m n. v. eksp. s.-i., na zemljištu nešto dubljem od prethodnog sa pojavom prelaznog tipa humusa oko 10 cm debljine 0,55 „
- 4) zona klekovine (*Pinus mughus*) sa zatvorenom prizemnom vegetacijom na 1800 m n. v., eksp. s., na jako organogenom zemljištu sa pojavom sirovog humusa (subalpiska rendzina) 0,67 „
- 5) planinski pašnjak na 2000 m n. v., eksp. j., sa slabo zatvorenim biljnim pokrivačem 0,69 „

Ove dosta visoke vrednosti »disanja« ispitivanih zemljišta dolaze u prvom redu otuda što su za celo vreme merenja padale obilne kiše, koje su, s jedne strane, povišavale intenzitet »disanja« zemljišta, aktivirajući edafon, a s druge strane, smanjivale intenzitet asimilacije nadzemnog biljnog pokrivača.

Razmena zemljišnog vazduha sa atmosferom vrši se samo minimalno putem difuzije. Važnu ulogu u toj razmeni igraju padavine, koje vodom ispunjavaju pore u zemljištu i prilikom oticanja naniže, ili isparavanja, ponovo prouzrokuju njihovo punjenje vazduhom. Osim toga, zemljišni vazduh varira zajedno sa atmosferskim pritiskom, stalno se šireći ili

zbijajući. Ti stalni pokreti onemogućuju nakupljanje ugljendioksida u zemljišnom vazduhu do viših koncentracija.

Što se tiče prisustva kalcija u pomenutim zemljištima, njegovo delovanje na zemljišnu proizvodnju ugljendioksida je uopšte prilično neodređeno, jer može da ispadne vrlo različito prema hemiskom, fizikalno-hemiskom i mikrobiološkom stanju zemljišta.

Sasvim je izvesno delovanje stajskog đubreta, koje je na ispitivane pašnjake dospelo torenjem u prilično velikim količinama. Lundegard je na osnovu svojih ogleda i merenja došao do zaključka da je povoljno delovanje stajskog đubreta na zemljišnu proizvodnju ugljendioksida rezultanta dvaju procesa: 1) nativnog života bakterija đubreta i dejstva zemljišta na taj život i 2) fiziološko-hemiskog dejstva đubrenja na aktivnost zemljišnih bakterija. Kod jačih doza đubreta treba da prevladuje prva, a kod slabijih druga komponenta, ali se vremenom razlike među njima izjednačavaju.

Što se tiče apsolutnog sadržaja humusa u zemljištu, on, ni na koji način, ne vlada intenzitetom proizvodnje ugljendioksida; sve zavisi od intenziteta života zemljišnih mikroorganizama.

Od faktora koji su na ovde pomenutim šumskim zemljištima mogli negativno da deluju na njihovu proizvodnju ugljendioksida treba pomenuti prisustvo znatnih količina sirovog humusa i niske temperature, izazvane nadmorskom visinom, ekspozicijom i kišnom godinom.

III

Premda jednako »disanje« dvaju zemljišta nipošto ne ukazuje na njihovu jednaku floru bakterija i gljiva, a još manje na neki, bar približno jednak, njihov bonitet, ipak je intenzitet »disanja« vrlo osetljiv indikator biološkog stanja zemljišta. Ali iz samog »disanja« zemljišta ne može se, ni u kom slučaju, zaključivati na bilans ugljendioksida u jednom staništu. U stavku »primanja« treba uvrstiti disanje viših biljaka, premda one u krajnjem rezultatu stoje na negativnoj strani kruženja ugljendioksida, jer ga troše mnogo više asimilacijom, nego što ga odaju disanjem. Intenzitet disanja se i kod viših biljaka, kao i kod životinja, reguliše prema energetskim potrebama, koje iziskuju različiti organi u različitim fazama razvitka. Ali disanje zelenih biljaka, za razliku od disanja životinja, uzima učešća u kruženju atmosferskog ugljendioksida samo utoliko ukoliko protiče lokalno i vremenski odvojeno od hlorofilne asimilacije, jer, u slučaju da organ koji diše istovremeno i asimiliše, ugljendioksid, oslobođen disanjem, biva uvučen u metabolizam pre nego što napusti ćelije ili međućeliske prostore. Međutim, znatne su količine ugljendioksida koje preko noći izdišu polja, livade i šume. Oko polovine danju izgrađenih asimilata razgrađuje se noćnim disanjem samo zelenih delova, a disanje korena je mnogo manje. Veći deo ovih noću oslobođenih količina ugljendioksida zadržava se u nižim slojevima, jer za vreme noći nema znatnijih vertikalnih strujanja. Na taj način biljke mogu ujutro da otpočnu svoj asimilatorski rad u atmosferi obogaćenju ugljendioksidom. To važi naročito za šume i uopšte za guste i visoke biljne sastojine, kao što su šikare, ili žitna polja.

Kada je reč o bilansu ugljendioksida u jednom staništu razumljivo je da treba uzeti u račun i stavku »izdavanja«, predstavljenu asimilacijom

zelenih biljaka, stanovnika određenog staništa. Sadržaj ugljendioksida u sloju atmosfere u koji strče zelene biljke svojim listovima jeste ustvari jedan od mnogobrojnih faktora staništa za te biljke. To je u suštini edafski faktor, ali njegovu jačinu u nivou asimilirajućih listova određuju osim toga vazдушna strujanja u staništu, zatim gustina i visina vegetacije, od čega zavisi jačina asimilacije i zaštita staništa od vetra. Ukratko, CO₂ faktor jednog staništa izražen je dinamičnom ravnotežom između »disanja« zemljišta, asimilacije i razmene sa slobodnom atmosferom putem difuzije i konvekcije. Ako je CO₂ faktor niži od koncentracije ugljendioksida u slobodnom vazduhu nastaje difuziona struja iz slobodnog vazduha prema listovima, a sav ugljendioksid oslobođen »disanjem« zemljišta ostaje u prizemnom sloju. Dodatak ugljendioksida iz slobodne atmosfere primaju biljke samo ako ugljendioksid koji izlazi iz zemljišta nije dovoljan, nego nastaje deficit, koji određuje difuzioni pad. Ako postoji višak ugljendioksida, drugim rečima: ako je bilans staništa u ugljendioksidu pozitivan, onda difuzioni pad menja smer, tj. jedan deo ugljendioksida iz zemljišta odlazi u slobodni vazduh. Lisna masa u tom slučaju deli struju difuzije na dva dela: od zemljišta prema listovima i od zemljišta prema slobodnom vazduhu. Vegetacija je tada upućena isključivo na zemljište kao na izvor ugljendioksida. Na taj način, CO₂ faktor je ustvari odnos između njegovog sadržaja u okolini listova i istovremeno merenog sadržaja u slobodnom vazduhu (standardna vrednost CO₂). Biljka se sa svojim listovima uvek nalazi u difuzionom padu, zbog čega njeni gornji i donji listovi stalno uživaju različite koncentracije ugljendioksida, i to, u većini slučajeva, donji listovi veće koncentracije od gornjih. Iz tih razloga su za višeslojne biljne formacije, naročito za šume, potrebna određivanja koncentracije ugljendioksida u raznim spratovima.

U šumi može da vlada prilično razvučen pad koncentracije ugljendioksida u vezi sa razvučenošću formacije u vertikalnom smeru. Lundegard je našao prizemno u vlažnoj mešanoj šumi joha i bukve sa *Oxalis acetosella* 254 mg ugljendioksida na 1 l vazduha, a u prsnoj visini samo 170—147 mg, dok je u visini krošanja pretpostavljao koncentraciju nešto nižu od standardne vrednosti.

Majneke je u bukovoj sastojini našao na metar od zemlje 0,05 do 0,07% ugljendioksida po zapremini. Ovaj procenat, prema njegovim istraživanjima, opada sa visinom upočetku naglo, zatim polaganije, da bi u visini krošanja, u vezi sa asimilirajućim listovima, ponovo vrlo jako opao na 0,022%.

Merenja na Igmanu pokazala su u slojevima ispod 5 m nagli pad koncentracije ugljendioksida:

1) u mešanoj šumi običnog bora, jele i smrče:

sasvim pri zemlji	na 2 m visine	na 4 m
158 mg/l	93,5 mg/l	47 mg/l

2) u mešanoj šumi bukve, jele i smrče:

132 mg/l	84,5 mg/l	58, mg/l
----------	-----------	----------

Stanje prizemne vegetacije u ovim šumama pokazuje kako porast koncentracije ugljendioksida odozgo naniže pruža izvesnu kompenzaciju za opadanje osvetljenja u istom smeru. Zahvaljujući većoj koncentraciji ugljendioksida, donji slojevi vegetacije u šumi bolje izdržavaju senu i bolje koriste kratkotrajna prosijavanja sunca kroz krošnje drveća. Iz jakog pada koncentracije ugljendioksida ispod 5 m može se zaključiti da ove šume, i pored jakog »disanja« zemljišta, pokazuju većinom negativan bilans u ugljendioksidu, koji nadoknađuju iz mesta sa pozitivnim bilansom pomoću vetra. Osim toga, šumsko drveće strči u pokretnije slojeve atmosfere i može da koristi njihov ugljendioksid. Što se tiče sloja niskih zeljastih biljaka, tu je CO₂ faktor u šumi skoro uvek pozitivan. To počiva na visokoj produkciji ugljendioksida od strane šumskog zemljišta i slaboj asimilaciji i prizemne šumske vegetacije zbog zasenjavanja.

ZUSAMMENFASSUNG

Die Untersuchungen des CO₂-Regimes mancher Standorte in den Gebirgen Igman und Bjelašnica bei Sarajevo

Aus den Messungen der Kohlensäurekonzentration auf verschiedenen Höhen ü. d. M. in Gebirgen Igman und Bjelašnica (2067 m) bei Sarajevo geht die Annahme hervor, dass die Kohlensäurekonzentration mit der Höhe ü. d. M. im allgemeinen abnimmt, wenn die meteorologischen Faktoren und die »Bodenatmung« gegen diese Abnahme nicht wirken.

Die Messungen der »Atmung« der Böden auf dem Kalksteine verschiedener Wald- und Weidestandorten in denselben Gebirgen haben die ziemlich hohen Mittelwerte ergeben. (0,55 g — 1,05 g CO₂ pro m² und Stunde). Das war die Folge der reichlichen Regen während der Messungen (Frühling und Sommer 1955), und auf den Weiden ausserdem noch die Folge der Wirkung des Viehmistes auf das Edaphon. Was die Wirkung des Kalks anbetrifft, sind die Verhältnisse noch unbestimmt.

Die Messungen der Kohlensäurekonzentration im Kiefer-Tannen- und Fichtenmischwalde (1300 ü. M.) in drei Luftschichten (dicht über den Boden und in den Höhen von 2 und 4 Meter) haben einen steilen Fall der Konzentration gezeigt (158 mg/l, 93,5 mg/l, 47 mg/l), und im Buchen-, Tannen- und Fichtenmischwalde (1460 m ü. M.) etwas milderen (132 mg/l, 84,5 mg/l, 58 mg/l). Man konnte erraten wie für die bodennahe Vegetation dieser Wälder der Zuwachs der Kohlensäurekonzentration von oben nach unten eine Kompensation für den Belichtungsfall in derselben Richtung bedeutet.

LITERATURA

- 1) Blagowestschenski W. A.: Über den Verlauf der Photosynthese im Hochgebirge des Pamirs. *Planta*, 24, 1935.
- 2) Huber B.: Über die vertikale Reichweite vegetationbedingter Tagesschwankungen im CO₂-Gehalt der Atmosphäre; *Forstwiss. Cbl.*, 71, Jg. H. 11/12; 1952.
- 3) Klečka A.: Studie o smilkových porostech na pastvinach soumarských, 1930.
- 4) Klečka A.: Příspěvek k synekologii nardet. *Sbor. čl. akad. zem. X.*, 1935, 5.
- 5) Lundegårdh H.: *Der Kreislauf der Kohlensäure in der Natur*, 1924.
- 6) Lundegårdh H.: *Klima und Boden in ihrer Wirkung auf das Pflanzenleben*, 3 Aufl., 1949.
- 7) Meinecke L. J.: *Die Kohlenstoffernährung des Waldes*, 1927.
- 8) Walter H.: *Standortslehre*, 1951.