

VELIČINA I HOD TRANSPIRACIJE NEKIH
FANEROFITA ŠUMSKIH ZAJEDNICA
ZAGREBAČKE GORE I ZELENGAJA

Mit deutscher Zusammenfassung

MIHOVIL GRAČANIN, LJUDEVIT ILIJANIĆ, VALENTINA GAŽI-BASKOVA
i NADA HULINA

(Iz Instituta za botaniku Sveučilišta u Zagrebu)

Primljeno 16. 6. 1968.

SADRŽAJ

1. Uvod	94
2. Objekti istraživanja	94
3. Metode istraživanja	95
4. Opće karakteristike staništa	96
a) Klimatske prilike	96
b) Vegetacijske prilike	98
c) Pedološke prilike	100
5. Hod transpiracije na Zagrebačkoj gori (Puntijarka)	104
6. Hod transpiracije u Zelengaju (Zagreb)	118
7. Usporedba transpiracije pokusnih fanerofita Zagre- bačke gore i Zelengaja	125
8. Literatura	133
9. Zusammenfassung	134

1. Uvod

Pojava i geografsko rasprostranjenje vegetacije, kao i veličina proizvodnje biljnih materija u prirodnim uvjetima Hrvatske limitirani su s jedne strane vrlo kolebljivim statusom zaliha ekološki aktivne vode u pedosferi, a s druge strane varijabilnim, genetski uvjetovanim sposobnostima biljaka da gospodare vodom staništa. Ima na žalost veoma malo podataka o promjenama vlažnosti pedosfere u toku vegetacijske sezone, a isto tako i o prirodnim svojstvima vegetacije, da gospodari vodom staništa. Za neke specijese travnjačkih zajednica krškog područja Hrvatske dale su prve podatke o veličini i dnevnom hodu transpiracije Steubing i Wilmannns (1962), a Gračanin M. (1966) za neke fanerofite Zagreba i Zagrebačke gore, no sistematskih istraživanja veličine transpiracije u toku čitave vegetacijske sezone do sada nije bilo.

S obzirom na veliko naučno i praktično značenje poznavanja transpiracione sposobnosti biljaka, napose prirodne vegetacije i njezina utjecaja na vodni režim pedosfere predložili smo Savjetu za naučni rad SR Hrvatske da se u okviru istraživanja livadne i šumske vegetacije Hrvatske otpočne i s izučavanjem transpiracione sposobnosti biljnih zajednica. Taj prijedlog je prihvaćen pa su autori ove studije u toku 1967. godine otpočeli sa sistematskim istraživanjima dnevnog i sezonskog hoda transpiracije, i to Gračanin i Ilijanić u miješanoj šumi bukve i jele (*Fagetum silvaticae croaticum abietetosum Ht*) na Zagrebačkoj gori u visini od cca 960 m, a Gaži i Hulina u šumi hrasta kitnjaka i običnoga graba s pasjim zubom (*Quercus-Carpinetum croaticum erythronietosum Ht*) u Zelengaju (Zagreb). Ova istraživanja vršena su usporedno tj. u isto vrijeme na oba lokaliteta, kako bi se rezultati mogli što bolje uspoređivati.

Istraživanja su obuhvatila:

- a) momentanu transpiraciju lišća odn. iglica,
- b) deficit vlažnosti lišća,
- c) stanje stoma,
- d) intenzitet osvjetljenja,
- e) relativnu vlažnost uzduha,
- f) temperaturu uzduha i tla,
- g) intenzitet vjetera i
- h) evaporaciju.

2. Objekti istraživanja

Mjerenje transpiracije, deficita vlažnosti lišća i stanja stoma vršeno je na osam fanerofita u svakoj od navedenih šumskih zajednica i to:

u šumi bukve i jele
(Puntijarka, Zagrebačka gora)

Abies alba
Corylus avellana
Sambucus racemosa
Acer pseudoplatanus
Fraxinus excelsior
Fagus silvatica
Quercus petraea
Carpinus betulus

u šumi hrasta i graba
(Zelengaj, Zagreb)

Prunus avium
Sorbus torminalis
Lonicera caprifolium
Acer campestre
Fraxinus ornus
Fagus silvatica
Quercus petraea
Carpinus betulus

Na Zagrebačkoj gori istraživanja su otpočela 23. V 1967. na 6 vrsta, dok su dvije (*Fraxinus excelsior* i *Carpinus betulus*) uključene u mjerenje tek 12. srpnja.

U Zelengaju mjerenja su otpočela već 13. V jer je drveće ovdje brže prolitalo nego na Zagrebačkoj gori. Dvije vrste (*Fraxinus ornus* i *Lonicera caprifolium*) uključene su i ovdje tek 27. srpnja.

Nastojalo se mjerenja transpiracije vršiti svakih 14 dana; to nije potpuno uspjelo, jer je za mjerenje trebalo odabrati dane s povoljnim klimatskim prilikama.

3. Metode istraživanja

Veličina transpiracije (Tr) određivana je momentanom metodom po Stockeru (1929) i izražavana u miligramima iztranspirirane vode na 1 g svježe tvari lišća za jednu minutu ($mg/g/l$). Mjerenja su vršena pomoću Hartmann-Braunove torziona vage od 7—17 sati, svaka dva sata. Određivane su i srednje danje vrijednosti Tr , kao i ukupna količina iztranspirirane vode za 10 danjih sati transpiracije.

U nekim slučajevima pokušali smo odrediti veličinu transpiracije pojedinih stabala odn. izračunati srednju veličinu transpiracije po jedinici površine staništa (po ha) u mm.

Vodni deficit lišća (Dv), koji predstavlja razliku između maksimalne i momentane sadržine vode u lišću, izrazili smo u postocima svježe tvari lišća maksimalno zasićenog vodom:

$$Dv = \frac{L_{maks} - L_{mom}}{L_{maks}} \cdot 100,$$

gdje L_{maks} znači težinu lišća maksimalno zasićenog vodom, a L_{mom} težinu lišća u momentu istraživanja.

Dok Stocker izračunava Dv iz diferencije vrijednosti maksimalne i momentne sadržine vode, mi smo se odlučili za jednostavniji način, kod kojega nije potrebno određivati suhu tvar.

Stanje stoma određivano je infiltracionom metodom, jer se ona kod svih istraživanih latifolija dala s uspjehom primijeniti. Služili smo se 96⁰/₀-tnim alkoholom i ksilolom. Stupanj infiltracije i brzinu klasificirali smo za svaki infiltrator posebno brojevima od 0 do 5, te na osnovu srednjih vrijednosti izražavali stupanj otvorenosti stoma. Ako s oba infiltratora dobijemo vrijednosti 0, onda smatramo da su stome zatvorene. Ako s oba reagensa dobijemo vrijednost 5, onda smatramo da su stome potpuno otvorene. Između ova dva ekstrema leže prelazne vrijednosti, koje izražavamo broičano. Ocjena stanja stoma iziskuje nešto prakse i treba je provjeriti kod svakog speciesa napose, jer način i simptomi infiltracije nisu kod svih vrsta jednaki.

Vrijednosti infiltracije izražavamo ovako:

nema infiltracije	0
malo sitnih tačkica	1
dosta tačkica	2
vrlo mnogo tačkica	3
čitave tamne ili prozirne plohe	4

Ove vrijednosti povećavamo za 1 ako je infiltracija vrlo brza.

Intenzitet svjetla određivali smo pomoću luksmetra po dru B. Langeu, relativnu vlagu i temperaturu zraka na visini od 150 cm pomoću Assmannova aspiracionog psihometra, temperaturu tla na dubinama 5 i 20 cm običnim živinim termometrima, reakciju tla pomoću Beckmannova pH-metra, humus ukupni metodom Walkley-Blackovom (u modifikaciji Novak-Pelišek).

4. Opće karakteristike staništa

Istraživanja u 1967. godini imala su svrhu do odrede dnevni i sezonski hod transpiracije na dva staništa istog geografskog područja, koja se razlikuju u prvom redu po nadmorskoj visini, a po tome i po nizu ekoloških faktora, koji odlučuju o veličini transpiracije. Da bismo uočili što bolje te razlike, opisat ćemo ukratko opće klimatske, vegetacijske i edafske prilike područja, odnosno staništa na kojima su nazočne istraživane biljke.

a) Klimatske prilike

Opće klimatske prilike prikazane su na temelju podataka za dvije najbliže meteorološke stanice za koje postoji višegodišnji niz motrenja. To je za područje bukve i jela na Zagrebačkoj gori meteorološki opservatorij Sljeme (999 m), a za područje hrasta i graba u Zelengaju meteorološki opservatorij Zagreb-Grič (157 m).

Svi podaci odnose se na 14-godišnje razdoblje (1946—1959), uzeti su prema Kiriginu (1963), a pregledno ih donosimo u tab. 1.

Godišnji raspored oborina, kao što je vidljivo iz tabele, isti je u Zagrebu i na Sljemeni. Bitna je međutim razlika u količini oborina. Na Sljemeni naime padne u godišnjem prosjeku cca 50% veća količina oborina nego u Zagrebu.

Tab. 1.

		I	III	II	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Godina
Prosječna količina oborina (mm)	Sljeme Zgb-Grič	90 60	77 56	65 41	78 52	128 89	166 105	130 85	104 69	86 68	95 63	119 85	100 71	1238 844
Srednja temperatura zraka (°C)	Sljeme Zgb-Grič	-2,9 0,6	-2,2 2,3	1,2 7,0	6,2 12,4	10,6 16,7	13,6 19,9	16,0 22,1	15,6 21,4	12,8 18,0	6,8 11,6	2,2 6,6	-0,6 3,0	6,6 11,8
Kišni faktor	Sljeme Zgb-Grič	— 100	— 24,3	193,3 5,9	12,6 4,2	12,1 5,3	12,2 5,2	8,1 3,8	6,6 3,2	6,7 3,7	13,9 5,4	54,1 23,6	— 12,8	187,5 71,5
Humiditet klime	Sljeme Zgb-Grič	— ph	— ph	ph sh	h sa	h sh	h sh	h sa	sh a	h sa	ph sh	ph h	— ph	ph sh
Toplinski karakter klime	Sljeme Zgb-Grič	n hl	n hl	hl uh	uh t	ut t	t t	t v	t v	t t	uh ut	hl ut	n hl	uh ut

U pogledu temperature zraka vidi se ista pravilnost, tj. isti godišnji tok, ali je temperatura na Sljemeni niža nego u Zagrebu (u godišnjem prosjeku za 5,2°C). Veće su razlike u toplom nego u hladnom dijelu godine.

Prosječna godišnja relativna vlaga zraka iznosi na Sljemeni 79%, a u Zagrebu 70%. Mjesečne srednje vrijednosti kreću se između 78% (u travnju) i 87% (u prosincu) na Sljemeni, a 60% (u travnju) do 82% (u pro-

sincu) u Zagrebu. Razlika u godišnjem prosjeku između Sljemena i Zagreba iznosi 9%. Po mjesecima razlike su manje u hladnom (5—8%), a veće u toplom dijelu godine (9—14%), analogno kao kod temperature.

Klima Sljemena može se na temelju godišnjeg kišnog faktora i prosječne godišnje temperature označiti (prema Gračaninu 1950) kao perhumidna (ph), umjereno hladna (uhl), a klima Zagreba semihumidna (sh), umjereno topla (ut).

Po mjesecima bila bi ovakva:

1. Humiditet	Sljeme	Zagreb
perhumidna	6 mjeseci	3 mjeseca
humidna	5 ”	1 ”
semihumidna	1 ”	4 ”
semiaridna	0 ”	3 ”
aridna	0 ”	1 ”
2. Toplinski karakter	Sljeme	Zagreb
nivalna	3 mjeseca	0 mjeseci
hladna	2 ”	3 ”
umjereno hladna	2 ”	1 ”
umjereno topla	1 ”	2 ”
topla	4 ”	4 ”
vruća	0 ”	2 ”

U tab. 2 donosimo podatke o klimatskim prilikama u vegetacijskoj sezoni 1967. godine (od V do X mjeseca) kad je mjerena transpiracija.

Podaci se odnose na meteorološke stanice Puntijarka i Zagreb-Grič*.

Tab. 2.

		V	VI	VII	VIII	IX	X
Količina oborina (mm)	Puntijarka	101,8	150,7	111,3	43,0	202,9	42,5
	Zgb-Grič	72,8	105,6	70,4	30,1	123,9	—
Srednja mjesečna temp. zraka (°C)	Puntijarka	10,8	12,7	16,7	15,0	13,0	10,2
	Zgb-Grič	17,1	18,9	23,1	21,1	17,9	—
Mjesečni kišni faktor	Puntijarka	9,4	11,8	6,6	2,9	15,6	4,2
	Zgb-Grič	4,2	5,5	3,0	1,4	6,9	—
Humiditet klime	Puntijarka	h	h	sh	a	ph	sa
	Zgb-Grič	sa	sh	a	a	h	—
Toplinski karakter klime	Puntijarka	ut	t	t	t	t	ut
	Zgb-Grič	t	t	v	v	t	—

U svim mjesecima, izuzevši rujan s mnogo oborina, palo je na Puntijarki manje oborina od višegodišnjeg prosjeka na Sljemenju. Slične oborinske prilike bile su u Zagrebu, jedino je lipanj imao količinu oborina jednaku 14-godišnjem prosjeku.

Temperatura zraka na Puntijarki podudarala se s višegodišnjim prosjekom za mjesec svibanj na Sljemenju; lipanj i kolovoz bili su nešto hladniji, a ostali mjeseci topliji. U Zagrebu temperatura u lipnju i kolovozu bila je također nešto niža, svibanj i srpanj imali su višu temperaturu, a rujan posve blizu 14-godišnjim prosječnim vrijednostima.

* Za ove podatke zahvaljujemo Institutu za fiziku atmosfere JAZU u Zagrebu (za Puntijarku) i Hidrometeorološkom zavodu SRH (za Zagreb-Grič).

b) Vegetacijske prilike

Lokalitet na Puntijarki nalazi se u zoni miješanih šuma bukve i jele (*Fagetum croaticum abietetosum* Ht) iz sveze *Fagion* i reda *Fagetalia*. To je klimazonalna vegetacija šireg područja Puntijarke i Sljemena, a sačinjava najveći dio gornjeg vegetacijskog pojasa na Zagrebačkoj gori, koji se prema nižim položajima nastavlja na pojas čistih bukovih šuma. Osim klimazonalne zajednice razvijena je u tom području na mjestima gdje se zimi nagomilavaju veće količine snijega, zajednica gorskog javora i bijelog jasena (*Aceri-Fraxinetum croaticum* Ht, Horvat 1938, 1962).

Naša sastojina u kojoj smo na navedenim fanerofitima vršili mjerenja transpiracije ima ovaj floristički sastav:

I. Sloj drveća

<i>Fagus sylvatica</i> L.	<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.
<i>Abies alba</i> Mill.	<i>Acer platanoides</i> L.
<i>Acer pseudoplatanus</i> L.	<i>Carpinus betulus</i> L.
<i>Fraxinus excelsior</i> L.	

II. Sloj grmlja

<i>Corylus avellana</i> L.	<i>Fagus sylvatica</i> L.
<i>Sambucus racemosa</i> L.	<i>Abies alba</i> Mill.
<i>Rubus idaeus</i> L.	<i>Rubus</i> sp.

III. Sloj prizemnog lišća

<i>Asperula odorata</i> L.	<i>Anemone nemorosa</i> L.
<i>Paris quadrifolia</i> L.	<i>Mercurialis perennis</i> L.
<i>Aposeris foetida</i> (L.) Less.	<i>Epilobium montanum</i> L.
<i>Dryopteris filix mas</i> (L.) Schott	<i>Cyclamen europeum</i> L.
<i>Mycelis muralis</i> (L.) Dum.	<i>Luzula luzuloides</i> (Lamk) Dandy
<i>Festuca gigantea</i> (L.) Vill.	et Wilmott (= <i>L. nemorosa</i>)
<i>Melampyrum nemorosum</i> L.	<i>Senecio fuchsii</i> Gmel.
<i>Viola silvestris</i> Lam.	<i>Fragaria vesca</i> L.
<i>Cardamine impatiens</i> L.	<i>Prenanthes purpurea</i> L.
<i>Geum urbanum</i> L.	<i>Gentiana asclepiadea</i> L.
<i>Poa nemoralis</i> L.	<i>Oxalis acetosella</i> L.
<i>Campanula trachelium</i> L.	<i>Melandrium rubrum</i> (Weigel)
<i>Stachys sylvatica</i> L.	Garcke
<i>Lunaria rediviva</i> L.	<i>Pulmonaria officinalis</i> L.

U sloju drveća uz bukvu dominira jela, dok su ostale vrste drveća nazočne manjim brojem individua ili pojedinačno (*Acer platanoides*, *Carpinus betulus*, *Quercus petraea*).

Nazočnost vrsta *Fraxinus excelsior* i *Lunaria rediviva*, te pomanjkanje brojnih karakterističnih vrsta bukovih šuma naročito u prizemnom sloju (npr. *Cardamine bulbifera*, *C. savensis*, *C. trifolia*, *C. enneaphyllos* i dr.) pokazuje da naša ploha u fitosociološkom pogledu ne predstavlja tipičnu sastojinu bukove šume s jelom već prijelaz odn. mješavinu između subasocijacije *Fagetum abietetosum* i *Aceri-Fraxinetum croaticum*.

Istražujući slične netipične sastojine i na drugim dijelovima Sljemena, upozorio je već Horvat (1938 : 187) na problem njihovog sistematskog položaja. Zbog obilnog nastupanja bukve i jele priključio ih je Horvat provizorno ipak u okviru asocijacije *Fagetum silvaticae* subasocijaciji *abietetosum*, a ne asocijaciji *Aceri-Fraxinetum*.

Tom se gledištu iz istih razloga priljučujemo i mi, to više, što se s velikom vjerojatnošću može pretpostaviti da je pomanjkanje većeg broja karakterističnih biljaka asocijacije *Fagetum* u našoj sastojini uvjetovano u prvom redu vrlo jakim antropogenim utjecajem zbog razmjerno velike frekvencije izletnika, a manje ostalim prirodnim (edafskim i klimatskim) faktorima.

Na takav zaključak upućuje i činjenica da su u sastavu vegetacije na čistini neposredno uz istraživanu plohu pored brojnih biljaka sječina odnosno šumskih čistina (npr. *Digitalis ambigua*, *Calamintha vulgaris*, *Eupatorium cannabinum*, *Solidago virga-aurea*, *Rubus idaeus* i dr.) također nazočne i ruderalne biljke (npr. *Urtica dioica*, *Alliaria officinalis*, *Sambucus nigra*).

Lokalitet u Zelengaju nalazi se na zagrebačkoj terasi u podnožju Zagrebačke gore u području klimazonalne vegetacije miješanih šuma hrasta kitnjaka i običnog graba (*Quercus-Carpinetum croaticum* Ht) koja u okviru zajedničkog reda s bukovim šumama (*Fagetalia*) pripada posebnoj vegetacijskoj svezi *Carpinion betuli illyrico-podolicum* Ht.

Ova zajednica, čije su sastojine velikim dijelom pretvorene u livade i oranice, izgrađena je od veoma velikog broja vrsta, a na osnovu florističkih razlika pojedinih sastojina mogu se u okviru te asocijacije lučiti 4 subasocijacije, koje se razlikuju i ekološki (Gračanin 1947, Horvat 1963).

Sastojina u kojoj smo odabrali pokusne biljke za mjerenje transpiracije pripada u okviru asocijacije *Quercus-Carpinetum croaticum* subasocijaciji *erythronietosum*, što se može zaključiti na temelju nazočnosti diferecijalnih vrsta *Erythronium dens canis*, *Festuca heterophylla*, *Lathyrus montanus* (usp. Horvat 1949).

Floristički sastav sastojine je ovaj:

I. Sloj drveća

<i>Carpinus betulus</i> L.	<i>Pirus piraster</i> (L.) Borkh
<i>Prunus avium</i> L.	<i>Malus silvestris</i> (L.) Mill.
<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.	<i>Tilia platyphyllos</i> Scop.
<i>Fagus silvatica</i> L.	<i>Sorbus torminalis</i> (L.) Cr.
<i>Fraxinus ornus</i> L.	<i>Castanea sativa</i> Mill.
<i>Acer campestre</i> L.	

II. Sloj grmlja

<i>Prunus avium</i> L.	<i>Rubus</i> sp.
<i>Lonicera caprifolium</i> L.	<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.
<i>Rosa arvensis</i> Huds.	<i>Fraxinus ornus</i> L.
<i>Acer campestre</i> L.	<i>Genista tinctoria</i> L.
<i>Crataegus monogyna</i> Jacq.	<i>Fagus silvatica</i> L.
<i>C. oxyacantha</i> L.	<i>Pirus piraster</i> (L.) Borkh.

III. Sloj prizemnog rašća

<i>Epimedium alpinum</i> L.	<i>Ajuga reptans</i> L.
<i>Galium vernum</i> Scop.	<i>Mycelis muralis</i> (L.) Dum.
<i>Melampyrum nemorosum</i> L.	<i>Cyclamen europaeum</i> L.
<i>Stellaria holostea</i> L.	<i>Euphorbia amygdaloides</i> L.
<i>Ranunculus ficaria</i> L.	<i>Euphorbia dulcis</i> L.
<i>Prunus avium</i> L.	<i>Galium silvaticum</i> L.
<i>Carpinus betulus</i> L.	<i>Knautia drymeia</i> Heuff.
<i>Anemone nemorosa</i> L.	<i>Platanthera bifolia</i> (L.) Rchb.
<i>Carex silvatica</i> Huds.	<i>Quercus petraea</i> (Matt.) Liebl.
<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.	<i>Pulmonaria officinalis</i> L.
<i>Viola silvestris</i> Lam.	<i>Sedum maximum</i> (L.) Sut.
<i>Acer campestre</i> L.	<i>Serratula tinctoria</i> L.
<i>Hedera helix</i> L.	<i>Solidago virga-aurea</i> L.
<i>Milium effusum</i> L.	<i>Erythronium dens canis</i> L.
<i>Symphytum tuberosum</i> L.	<i>Festuca heterophylla</i> Lam.
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	<i>Lathyrus montanus</i> Bernh.

Naša sastojina nalazi se u blizini puta, pa je antropogeni utjecaj prilično jak zbog čega je i broj vrsta razmjerno malen.

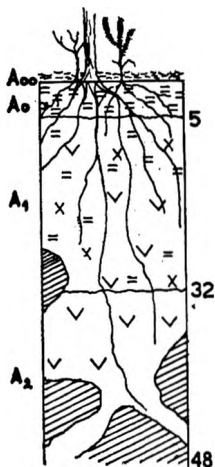
c) Pedološke prilike

Stanište na Zagrebčkoj gori. Ploha na kojoj su vršena mjerenja transpiracije na Zagrebačkoj gori nalazi se na zaravanku uzvisine sjeverno od doma na Puntijarki, nedaleko meteorološke stanice.

Geološki supstrat čine rastrošeni paleozojski zeleni škriljavci, na kojima su se razvile plitke skeletoidne kisele crnice, znatno utjecane antropogenim faktorima. Upravo zbog intenzivnog utjecaja antropogenih faktora, ekološka svojstva površinskih slojeva tla mijenjaju se na svakom koraku. Kolika je šarolikost u svojstvima tala naše pokusne plohe lako će se razabrati iz nekoliko opisa morfoloških i nekih kemijskih svojstava pedoloških profila pod fanerofitima, koji su bili objekti naših istraživanja.

Profil pod jelom

ispod podstojne vegetacije sa *Rubus ideaus*, *Rubus* sp., *Cyclamen europaeum*, *Asperula odorata*, *Mycelis muralis*, *Abies alba* etc. razvija se profil ovakve morfološke građe:



- A₀₀ — oko 1,5—2 cm deobe sloj iglica leži na
- A₀ — do 5 cm debelom sloju fine praškaste humozne crnice, nagusto prorasle korijenjem podstojne vegetacije; ima nešto skeleta škriljavca
- A₁ — 5—32 cm nešto otvorenije tamno do smeđe sitno tlo bogatije skeletom, proraslo korijenjem
- A₂ — mrvičasto, nešto otvorenije tamno, jače skeletno tlo koje od 32—48 cm postaje još otvorenije, smješteno među većim komadima kamena.

Iz tabele 3 u kojoj je predočen postotak humusa i reakcija tla dade se razabrati da je cio istrazeni dio profila pod jelom dosta bogat humusom, te da su kako aktivni tako i supstitucijski aciditet vrlo visoki. S prastom

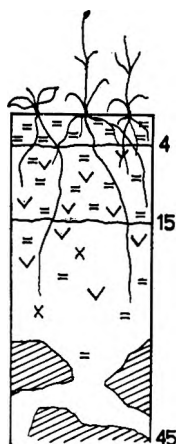
Tab. 3.

Oznaka profila i broj	Tlo iz dubine od cm	Humus u %	Karakter humusa	pH u H ₂ O	pH u n-KCl
1. Pod jelom Abies	0-5	14,3	kiseo	4,75	3,91
	5-25	13,5	kiseo	4,80	3,62
	25-32	9,1	kiseo	4,81	3,69
	32-48	8,4	kiseo	5,11	3,90
2. Pod Lijeskom Corylus	0-4	15,5	slabo kiseo	5,70	4,80
	5-15	14,6	kiseo	5,07	3,60
	15-45	8,5	kiseo	5,10	3,78
3. Pod hrastom Quercus	0-6	49,8	kiseo	5,08	4,22
	6-10	17,7	kiseo	5,10	4,12
	10-25	10,2	kiseo	4,98	3,58
	25-60	6,5	—	5,28	3,90
4. Pod bukvom Fagus	0-5	15,5	slabo kiseo	5,51	4,58
	5-10	15,2	kiseo	5,32	4,12
	10-20	12,0	kiseo	5,00	3,49
	20-42	8,1	kiseo	4,98	3,71

dubine aktivni aciditet se smanjuje tako da sloj tla od 32—48 cm postaje osrednje kiseo. Ako poredimo s pH vrijednostima drugih profila, vidjet cemo da je pod jelom tlo najkiselije.

Ekološki profil tla ispod jele prilično je plitak, jer se već u dubini od 40—50 cm pojavljuju kompaktni blokovi stijena, među kojima se probija korijenje.

Profil pod lijeskom



otvoren nedaleko profila pod jelom. Od podstojne vegetacije dolazi *Rubus* sp., *Asperula odorata*, *Senecio fuchsii*, *Cyclamen europaeum*, *Calamagrostis epigeios*, *Calamintha vulgaris* i dr.

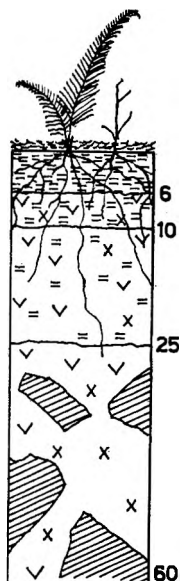
Tlo skeletoidna do skeletna crnica ovakve građe:

- A₀ — 0—4 cm otvoreno tamna humozna crnica, sitno mrvičasta, prorasla korijenjem, prelazi u
- A₁ — 4—15 cm mrvičasta crnica s dosta čestica skeleta, sitnog kamena i šljunka, nagusto prorasla korijenjem,
- A₁A₂ — 15—45 cm otvorenije tamnosmeđe manje humozno tlo, s mnogo sitnog i krupnog skeleta. Od 45 cm tlo pretežno skeletno, s vrlo malo sitnice.

Iako udaljenost između profila pod jelom i lijeskom iznosi tek oko 5—6 m razlike u reakciji tla su vrlo značajne. Površinski slojevi pod lijeskom su manje kiseli nego pod jelom. Koliko je to uvjetovano specifičnim djelovanjem vrsta *Abies* i *Corylus*, a koliko antropogenim faktorima nije moguće sa sigurnošću odlučiti. Sva je, međutim, prilika da odlučan utjecaj imaju i sami speciji.

Profil pod hrastom

otvoren jedva desetak metara zapadno od profila ispod jele, na površini s prilično oskudnom podstojnom vegetacijom, s rijetkim primjercima vrsta *Dryopteris filix mas*, *Rubus idaeus*, *Rubus* sp.; susjedstvo jele došlo je do izražaja u sloju listina. Profil pokazuje ovakvu građu:

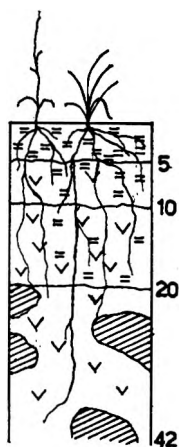


- A₀₀ — 0—6 cm rahla crnica (moder) vrlo nagusto prorasla korijenjem vegetacije, prelazi u
- A₀ — 6—10 cm prhku, svjetliju crnicu (mull) izmiješanu s nešto česticama skeleta,
- A₁ — 10—25 cm svjetlije žučkastotamno do smeđe, sitno mrvičasto dosta skeletno tlo, proraslo korijenjem
- A₂ — 25—60 cm sivosmeđe s mnogo čestica rastrošenog škrljavnca, veličine šljunka i čestica kamena, manje humozno, dosta vlažno.

Profil pod hrastom značajan je po tome što mu je površinski horizont najbogatiji organskom materijom, dubina veća nego kod ostalih profila, a aciditet negdje između aciditeta tla pod jelom i tla pod lijeskom i bukvom.

Profil pod bukvom

u neposrednoj blizini profila pod jelom, ispod podstojne vegetacije sa *Asperula odorata*, *Senecio fuchsii*, *Luzula luzuloides* etc.



- A₀ — 0—5 cm, tamna, praškasta, jako skeletoidna, sitno kamenita crnica, protkana korijenjem,
- A₀A₁ — 10—20 cm žučkastosmeđa, nešto manje humozna, bogata česticama skeleta, prorasla korijenjem,
- A₁A₂ — 20—42 cm svjetlijesmeđa, još manje humozna; pojavljuju se veći komadi skeleta između kojih se probija korijenje vegetacije.

Profil pod bukvom najmanje je kiseo, dok je bogatstvo tla humusom podjednako kao i kod lijeske.

Ekološki profil je relativno plitak.

Budući da se tla pod ostalim pokusnim fenerofitima nalaze na malo udaljenosti od ovdje opisanih profila, smatrali smo da nije potrebno posebno ih opisivati, jer je naš interes koncentriran više na razlike u dubljini ekološkog profila i mogućnostima opskrbe pojedinih vrsta vodom, a manje na razlike u kemijskom karakteru tla.

Obzirom na skeletoidnost površinskih slojeva i skeletnost dubljih slojeva rizofsere razumljivo je da je kapacitet za vodu naših tala manji nego kod dubokih profila. U godini 1967. nismo imali mogućnosti da trajno pratimo hod vlažnosti tla, iako bi to bilo interesantno za objašnjavanje izučavanih pojava Tr i Dv.

Stanište u Zelengaju. Nedaleko od pokusne plohe otvoren je profil umjereno podzoliranog tla na obronku diluvijalne terase obrasle hrastom kitnjakom i običnim grabom; u prizemnom sloju obilno je nazočan pasji zub (*Erythronium dens canis*). Profil pokazuje ovakva morfološka svojstva:

- A₀ — 2—3 cm debeo sloj listinca, slabo humificiran, leži na
- A₁ — tamnosivoj, slabo humoznoj, praškastoj ilovači, prorasloj korijenjem vegetacije; ide do dubine od 18 ili 20 cm a zatim prelazi u
- A₂ — žućkastosivu, zbijenu glinastu ilovaču, grudaste strukturne građe; u dubini od 45 cm prelazi u
- A₂B₁ — prelazni horizont, u kojemu se u sivožućkastoj pozadini pojavljuju mjestimice crna zrnca humata i rđaste mrlje; u suhom stanju tlo je folijarne strukture. Od 70 cm počinje
- B₁ — iluvijalni horizont s obiljem rđastih mrlja i kongrecija čaglja veličine glavice nabadače do krupnog graška. Tu i tamo opažaju se i sivozelenkasti miceliji (pruge). Od 100-tog cm počinje
- B_g — rđastožućkasta ilovasta glina s malo kongrecija čaglja; sivozelenkasti miceliji proširuju se u šire plohe. Dok se u B₁ pružaju uglavnom oko žila vegetacije, ovdje izlaze izvan rizofsere i formiraju se utjecajem prekomjernog navlaživanja i redukcijskih procesa.

Morfologija profila upućuje da se ova tla nalaze u inicijalnoj fazi hidrogenizacije ili vrlo slabe glejizacije B₂-horizonta, pa bi se mogla označiti kao umjereno podzolirana, slabo glejizirana tla. Reakcija na CaCO₃ u čitavom je profilu negativna. Aktivni aciditet je osrednji, a supstitucijski visok do vrlo visok. Adsorpcijski kompleks je bazama osiromašen u eluviju a osrednji u iluvijalnom B_g. Adsorpcijski kapacitet za baze (T) je isto tako nizak u eluviju a osrednji u B_g-horizontu (tab. 3a). Obzirom na to što stupanj zasićenosti adsorpcijskog kompleksa u eluviju iznosi oko 50% uvrstili smo ovaj tip među umjereno podzolirana tla (u smislu klasifikacije po Gračaninu).

Tab. 3a. Profil umjereno podzoliranog, slabo glejiziranog tla u Zelengaju

Tlo iz dubine (cm)	Genetska oznaka horizonata	pH u		S	T—S mgekv	T	V %
		H ₂ O	n-KCl				
3 — 18	A ₁	5,24	3,98	8,42	7,56	15,98	52,69
45 — 70	A ₂ B ₁	5,89	4,02	8,65	8,36	17,01	50,88
100 — 125	B _g	5,06	4,18	17,42	10,05	27,47	63,41

5. Hod transpiracije na Zagrebačkoj gori (Puntijarka)

1. *Abies alba* Mill.

Kao značajna vrsta zajednice *Fagetum silvaticae croaticum abietetosum* Ht *Abies alba* zaslužuje posebnu pažnju jer u najvišoj zoni Zagrebačke gore pokriva prilično velike površine. To je i jedina konifera uključena u naša istraživanja.

Za ovu vrstu je značajno da od svih proučavanih fanerofita Zagrebačke gore pokazuje najslabiju transpiraciju (Tr), izraženu na jedinicu svježe tvari iglica.

U tabeli 4 predočene su vrijednosti dnevnog i sezonskog hoda transpiracije. Kao što vidimo, maksimalna vrijednost Tr od proljeća do jeseni

Tab. 4.

Datum	Veličina transpiracije u Tr - Werte in mg/g/1'						Srednja dnevna vrijednost Tr Mittlerer Tageswert (mg/g/1')	Dnevna suma Tr Tages- summe der Tr (g/g)
	7	9	11	13	15	17 ^h		
23. V 67.	0,7	1,2	1,8	1,4	0,3	0,4	0,97	0,58
8. VI	0,9	1,9	2,2	1,5	0,6	—	—	—
12. VII	0,8	1,1	1,6	1,6	0,8	0,7	1,10	0,66
27. VII	0,7	1,5	1,6	1,6	1,4	0,4	1,20	0,72
15. VIII	1,0	1,2	2,3	1,8	1,3	0,2	1,30	0,78
30. VIII	0,6	1,3	2,4	1,9	0,7	0,0	1,15	0,69
19. IX	0,4	0,4	1,0	0,0	0,0	0,0	0,30	0,18
2. X	0,0	0,2	2,3	1,2	0,4	0,4	0,75	0,45
Srednja vrijednost Mittelwert							0,97	0,58

1967. godine iznosila je 2,4 mg/g/1' i to 30. VIII u 11^h, dok je minimalna vrijednost Tr od 0,0 mg/g/1' zabilježena tri puta, naime 30. VIII u 17^h, 19. IX već u 13^h, te 2. X u 7^h.

Zanimljivo je da su maksimalne vrijednosti Tr zabilježene redovito u 11 sati, a minimalne u 17 sati. Iznimku čini opažanje 2. X, kada je minimalna vrijednost konstatirana u 7 sati.

Dnevna suma transpiracije, izražena u g vode na gram svježe biljne tvari za 10 sati, kolebala je u toku sezone prilično osjetljivo. Rasla je od proljeća do sredine ljeta, da bi se zatim potkraj ljeta osjetljivo smanjila. Najmanja danja suma transpiracije iznosila je 180 mg, a maksimalna 780 mg računajući na gram svježe tvari iglica. Godišnji prosjek dnevnih suma transpiracije iznosio je 580 mg. Ove vrijednosti pokazuju nam samo kolike količine istranspirira jela na Zagrebačkoj gori po jedinici svježe tvari iglica, ali ne i kolika je totalna transpiracija jednog stabla ili jednog hektara šume obrasle jelom. A upravo poznavanje tih vrijednosti od posebnog je i praktičnog interesa. Zato smo pokušali da aproksimativno ocijenimo težinu iglica na našoj pokusnoj jeli, a zatim da izračunamo i veličinu transpiracije čitavog stabla. Odmah valja reći da dobivene vrijednosti predstavljaju vrlo grube pokazatelje kako s obzirom na

varijabilnost težine iglica na pojedinim stablima čak i jednakog uzrasta i starosti, tako i s obzirom na nejednak intenzitet transpiracije na graničama različitih insercija i s različitih ekspoziција.

Po jednom računu naša pokusna jela, čija je krošnja pokrivala 6,5 m² površine tla, imala je oko 15,6 kg svježe tvari iglica. Ona bi u prosjeku istranspirirala oko 9,05 litara vode dnevno ili za cio period od 23. V — 2. X 1967. oko 1.204 litre vode. Pretpostavimo li da na ha raste oko 1.200 ovakvih jela, onda bi količina istranspirirane vode za cijeli period naših mjerenja iznosila 1,444.800 litara odn. 144 mm.

Ako pođemo od podataka u literaturi, koji se odnose na težinu iglica po ha površine tla, po kojima težina kod 50-godišnje šume iznosi oko 35.000 kg svježe tvari, onda bi jedan ha jelove šume istranspirirao danju na Zagrebačkoj gori 1967. godine u prosjeku 20.300 kg vode ili za period naših mjerenja od 23. V — 2. X 1967. oko 2,699.900 l vode tj. oko 270 mm. Toliko bi aproksimativno istranspirirala jelova šuma stara 50 godina kada bi dolazila u čistoj sastojini.

Napominjemo da je u periodu naših mjerenja tj. od V do kraja IX mjeseca palo na Puntijarki oko 609 mm oborina.

2. *Corylus avellana* L.

Za vrijeme opažanja godine 1967. lijeska je od svih izučavanih fanerofita Zagrebačke gore pokazivala najveću potrošnju vode transpiracijom, računajući na jedinicu svježe tvari lišća.

Maksimalna vrijednost Tr od 9,6 mg/g/l' postignuta je 30. VIII u 11^h, a minimalna od 1,5 mg/g/l' 27. VII u 17^h. I kod lijeske maksimalne vrijednosti Tr zabilježene su obično u 11 sati. Minimalne vrijednosti Tr konstatirane su, malne redovito u 17 sati, samo jedanput (2. X) u 7 sati.

Dnevni i sezonski hod transpiracije predložen je u tabeli 5.

Tab. 5.

Datum	Veličina transpiracije u						Srednja dnevna vrijednost Tr	Dnevna suma Tr
	Tr - Werte in							
	7	9	11	13	15	17 ^h	(mg/g/1')	(g/g)
23. V 67.	6,8	5,7	7,1	6,3	4,6	3,7	5,73	3,44
8. VI	6,7	5,1	8,8	6,7	—	—	—	—
12. VII	5,5	7,0	6,7	5,6	4,3	2,3	5,23	3,14
27. VII	3,5	5,5	6,6	6,4	6,6	1,5	5,01	3,01
15. VIII	7,0	5,9	6,3	6,7	6,3	3,8	6,00	3,60
30. VIII	6,6	6,3	9,6	5,1	6,5	3,1	6,20	3,72
19. IX	4,6	4,4	5,7	4,7	5,2	2,2	4,46	2,68
2. X	1,6	2,0	8,6	7,3	5,0	3,6	4,68	2,81
Srednja vrijednost Mittelwert							5,33	3,20

Dnevni hod transpiracije kod lijeske značajan je po tome što su Tr vrijednosti prilično visoke u toku cijelog dana. Ukupna količina vode istranspirirane u toku 10 dnevnih sati prilično je visoka, tj. ona je 3,20 puta veća od težine svježe tvari transpirirajućeg lišća. Svaki kilogram svježe tvari lišća lijeske istranspirirao je u prosjeku za 10 dnevnih sati

u vremenu od 23. V do 2. X preko 3 litre vode. Pretpostavimo li da jedna lijeska, koja zaprema površinu od 17 m², ima oko 8,2 kg svježe tvari lišća, onda bi ona u toku dana istranspirirala u navedenom periodu naših opažanja oko 26,24 litra dnevno ili za cijeli period od 133 dana 3.484 litre vode. Kad bi po ha raslo 500 ovakvih lijeski onda bi ukupna danja transpiracija iznosila 1,742.000 litara vode.

Kakav je karakter transpiracije kod vrste *Corylus avellana*? Na osnovu opažanja stanja stoma proizlazi da lijeska ima rano ujutro i kasno popodne stome prilično otvorene, što upućuje da su stome i noću, vjerojatno, barem djelomično otvorene. Prema tome i noću je moguća stomatarna transpiracija, barem u manjoj mjeri. U drugu ruku lijeska nema jače kutinizirane epidermalne stanice lišća, pa se može pretpostaviti da lišće transpirira ne samo stomama već i epidermalnim stanicama. Prema tome sva je prilika da lijeska i noću može istranspirirati prilične količine vode. Kolike su te količine nije nam poznato jer nismo Tr određivali i u toku noći.

Može se na osnovu dosadanjih istraživanja zaključiti, da *Corylus* ide u red onih fanerofita Zagrebačke gore, koji po jedinici svježe tvari zelenih organa troše velike količine vode.

Drugo je pitanje da li lijeska potroši više vode po jedinici površine staništa, npr. po jednom hektaru, nego drugi fanerofiti, koji doduše transpiriraju manje po jedinici težine svježe tvari, ali po jedinici površine staništa imaju mnogo veću težinu lisne mase.

3. *Acer pseudoplatanus* L.

Ova latifolija s velikom lisnom površinom pokazivala je u toku dana i sezone osrednju transpiracionu sposobnost. Maksimalna vrijednost Tr iznosila je 6,9 mg/g/l' i to 27. VII u 11^h, dok je minimalna vrijednost zabilježena 23. V u 17 sati, a iznosila je 1,2 mg/g/l'. Maksimalne vrijednosti postignute su obično u 11 sati, a samo s proljeća (23. V i 8. VI) konstatiran je maksimum već u 9 sati.

Dnevni hod transpiracije za vrijeme naših opažanja od proljeća do jeseni vidi se iz tabele 6.

Tab. 6.

Datum	Velicina transpiracije u Tr - Werte in mg/g/l'						Srednja dnevna vrijednost Tr Mittlerer Tageswert (mg/g/l')	Dnevna sumaTr Tages- summe der Tr (g/g)
	7	9	11	13	15	17 ^h		
23. V 67.	2,3	5,1	4,6	3,8	3,0	1,2	3,33	2,00
8. VI	3,2	4,1	3,6	2,5	—	—	—	—
12. VII	3,9	5,7	6,0	3,4	1,9	1,9	3,80	2,28
27. VII	2,7	5,3	6,9	5,6	2,2	1,7	4,06	2,44
15. VIII	4,2	4,4	5,3	3,2	2,7	1,3	3,51	2,10
30. VIII	3,6	3,8	5,8	5,0	3,1	1,4	3,78	2,27
19. IX	2,9	4,0	4,2	3,0	2,6	1,9	3,10	1,86
2. X	1,3	1,6	5,3	5,2	1,4	3,2	3,00	1,80
Srednja vrijednost Mittelwert							3,51	2,11

Iz tabele se daje razabrati da u toku čitave vegetacijske periode intenzitet transpiracije raste od ranih jutarnjih sati (7^h) sve do 11 sati, kada transpiracija počinje slabiti, da bi u 15 sati bila znatno slabija, a u 17 sati postigla najmanje dnevne vrijednosti. Očigledno je da postoji izvjestan ritam transpiracije u toku dana, koji je uvjetovan kako fiziološkim tako i vanjskim fizikalnim faktorima. Značajno je za *Acer pseudo-platanus* da u toku dana nisu nikada zabilježene nul-vrijednosti.

Ako pažnju obratimo srednjim dnevnim vrijednostima Tr, onda ćemo vidjeti da su one, doduše, najveće od proljeća do 30. VIII, ali razlike u pojedinim mjesecima nisu osobito naglašene. Samo 27. VII ta je vrijednost inzosila preko 4 ili tačnije 4,06 mg/g/1', dok su se u svim ostalim danima odn. mjesecima opažanja kretale od 3,0 do 3,8 mg/g/1'.

Za 10 sati transpiracije (od 7—17 sati) lišće je na svaki gram svježje tvari izgubilo 2,1 g vode. Računamo li da jedan javor, koji pokriva površinu tla od 7 m², ima oko 6 kg lišća, onda bi ukupna količina danju istranspirirane vode iznosila 12,6 litara ili u periodu od 23. V do 2. X 1967. oko 1676 litara vode. Preračunato na jedan ha, uz pretpostavku da na njemu raste 800 stabala, iznosila bi količina istranspirirane vode oko 1,340.800 litara ili 134 mm.

K ovoj količini valja dodati još vodu istranspiriranu u toku noći, odn. od 17 sati popodne do 7 sati ujutro. Činjenica da kod javora nisu konstatirane nul-vrijednosti Tr, naime, upućuje da on transpirira izvjesne količine vode i u toku noći. Kolika je noćna transpiracija nije poznato.

4. *Quercus petraea* (Matt.) Liebl.

Neki istraživači smatraju hrast speciesom koji vrlo slabo gospodari vodom. To bi se jedva moglo reći za *Quercus petraea* na Zagrebačkoj gori. Na našoj pokusnoj plohi lociran je među stablima jele s jedne strane i javora, a bio je nešto slabije izložen sunčanim zrakama nego ostale pokusne vrste. Hod transpiracije u toku dana i vegetacijske periode vidi se iz tabele 7.

Tab. 7.

Datum	Veličina transpiracije u Tr - Werte in mg/g/1'						Srednja dnevna vrijednost Tr Mittlerer Tageswert (mg/g/1')	Dnevna suma Tr Tages- summe der Tr (g/g)
	7	9	11	13	15	17 ^h		
23. V 67.	2,6	3,0	3,0	5,0	2,5	1,9	3,00	1,80
8. VI	2,2	4,5	5,0	6,5	—	—	—	—
12. VII	0,9	3,6	4,9	4,6	2,2	0,7	2,81	1,69
27. VII	2,0	5,5	6,8	8,3	6,3	1,1	5,00	3,00
15. VIII	6,2	4,7	4,5	4,4	8,5	2,0	5,05	3,03
30. VIII	3,9	6,4	6,3	7,6	4,9	0,7	4,96	2,98
19. IX	3,2	3,9	3,8	3,5	2,4	0,3	2,85	1,71
2. X	0,8	1,7	5,7	3,7	1,9	1,6	2,57	1,54
Srednja vrijednost Mittelwert							3,75	2,25

I kod hrasta, slično kao i kod drugih vrsta, vrijednost Tr raste obično od jutra, no maksimum transpiracije ne postizava se uvijek u isto doba dana; ipak se može reći da su dnevni maksimumi negdje između 11 i 13 sati, a samo iznimno i u 15 sati.

Maksimalna vrijednost transpiracije zabilježena u toku vegetacijske sezone iznosila je 8,5 mg/g/l' i to 15. VIII u 15 sati, a minimalna vrijednost 0,3 mg/g/l' na 19. IX u 17 sati.

Za *Quercus petraea* značajno je prilično veliko kolebanje intenziteta transpiracije u toku dana. Najniže vrijednosti postizavane su malne redovito u 17 sati. Iako kod hrasta nisu zabilježene nul-vrijednosti transpiracije ipak je zabilježena vrijednost 0,3 mg/g/l', a to znači da *Quercus petraea* može transpiraciju gotovo potpuno obustaviti. Vrlo niske vrijednosti Tr konstatirane su obično kasno popodne i vrlo rano ujutro; trebalo bi ispitati ne stoji li ta pojava u vezi s osjetljivosti hrasta na promjene intenziteta svjetla.

Što se tiče razlika u sezonskom hodu transpiracije, one su očigledne. Najviše je vode istranspirirano u srpnju i kolovozu, a najmanje u listopadu.

Srednja danja vrijednost transpiracije, računajući na čitavu sezonu, iznosila je 3,75 mg/g/l', a to je osrednja vrijednost s obzirom na ostale latifolije.

Ako računamo s danjim periodom transpiracije od 10 sati, onda bi srednja vrijednost dnevne sume transpiracije iznosila 2,25 g vode na 1 g svježje tvari lišća. *Quercus petraea* istranspirirao je, dakle, 2,25 puta više vode nego što iznosi težina svježje tvari njegova lišća.

Naš primjerak vrste *Quercus petraea* zapremao je površinu tla od 10,5 m² i imao je oko 11.500 listova s ukupnom težinom od 5,45 kg svježje tvari lišća; istranspirirao je dnevno 12,3 litre vode ili za period od 133 dana oko 1.636 litara. Kada bi na jednom ha raslo 800 ovakvih hrastova iznosila bi danja količina istranspirirane vode u istom periodu oko 1.308.800 litara ili 131 mm.

5. *Fagus silvatica* L.

Bukva kao najvažnija dominantna vrsta zajednice *Fagetum silvaticae abietetosum* i karakteristična vrsta bukovih šuma odlikuje se razmjerno slabom transpiracionom sposobnosti kao i nekim drugim osobinama, koje se čine za nju prilično značajne.

U tabeli 8 predložen je dnevni i sezonski hod transpiracije njenog lišća.

Ako pažnju obratimo dnevnom hodu transpiracije, onda ćemo lako uočiti zanimljivu činjenicu da lišće bukve već u rane jutarnje sate tj. već u 7 sati pokazuje maksimalne vrijednosti Tr ponekad u 9 i 11 sati, a nikad u 13 sati ili kasnije. U 15 sati vrijednosti Tr već su prilično niske, a najniže naravno u 17 sati. Valja podsjetiti da je naša pokusna bukva stajala na rubu pokusne plohe eksponirana prema jugoistoku pa je već od ranog jutra primala dovoljno sunčanih zraka. Ritam transpiracije bio je, kao što vidimo, nešto drugačiji nego kod drugih pokusnih fanerofita. Na osnovu nekih opažanja čini nam se da bukva vrlo osjetljivo reagira na promjene intenziteta svjetla. Maksimalna vrijednost Tr konstatirana u toku višemjesečnih opažanja iznosila je 6,7 mg/g/l' (27. VII u 11 sati) a minimalna 0,5 mg/g/l' (19. IX u 17 sati). Nul-vrijednosti nisu zabilježene.

Maksimalna srednja dnevna vrijednost postignuta je 27. VII a iznosila je 4,38 mg/g/l'. Kolebanja intenziteta transpiracije u ostalim danima i mjesecima bila su malo naglašena (uglavnom od 2,75 — 3,35 mg/g/l', s izuzetkom 30. VIII).

Tab. 8.

Datum	Veličina transpiracije u Tr - Werte in mg/g/1'						Srednja dnevna vrijednost Tr	Dnevna suma Tr
							Mittlerer Tageswert	Tages- summe der Tr
	7	9	11	13	15	17 ^h	(mg/g/1')	(g/g)
23. V 67.	6,3	1,9	3,4	3,2	1,3	0,8	2,81	1,69
8. VI	3,0	5,3	3,3	2,8	—	—	—	—
12. VII	3,2	5,8	3,5	3,8	2,8	1,0	3,35	2,01
27. VII	4,3	5,7	6,7	5,4	3,3	0,9	4,38	2,63
15. VIII	5,2	4,7	3,1	3,1	1,0	0,8	2,98	1,79
30. VIII	3,0	1,6	2,1	1,6	0,9	0,6	1,63	0,98
19. IX	2,9	4,0	4,8	3,0	1,3	0,5	2,75	1,65
2. X	0,8	2,2	5,8	3,7	2,5	1,5	2,75	1,65
Srednja vrijednost Mittelwert							2,95	1,77

Lišće bukve istranspiriralo je u prosjeku samo 1,77 puta više vode nego što iznosi težina njegove svježe tvari.

Pretpostavimo li da jedna bukva, koja pokriva površinu od 6,5 m², ima oko 5,5 kg lišća, onda bi uz uvjete kakvi su vladali 1967. na Zagrebačkoj gori istranspirirala dnevno od 7—17 sati oko 9,74 kg vode ili za period od 23. V — 2. X 1967. oko 1.295 kg vode. Kad bi na jednom ha rasko 1.250 stabala bukve, onda bi ukupna količina istranspirirane vode za navedeni period iznosila oko 1,618.750 litara ili 162 mm po ha.

Kolika je noćna transpiracija? Ako se može zaključivati po vrijednostima Tr u kasno popodne kada bukva redovito zatvara stome i ograničava se na kutikularnu transpiraciju, noćni potrošak vode mora biti prilično malen u poredbi s danjom transpiracijom.

Po Burgeru 1 ha bukve stare 50 godina (III boniteta) ima 9.000 kg lišća. Uz pretpostavku da takva bukva istranspirira dnevno oko 1,77 kg po kg svježe tvari lišća (kao u našem slučaju), onda bi dnevna potrošnja vode po ha iznosila 15.930 litara vode ili za čitavu vegetacijsku sezonu od 23. V — 2. X 1967. oko 2.118.690 litara ili oko 212 mm.

Kao što vidimo, vrijednosti transpiracije, koje smo izračunali na osnovu Burgerovih i naših podataka o težini svježe tvari lišća, razlikuju se za oko 50 mm.

6. *Sambucus racemosa* L.

Ova latifolia, čije su stome otvorene od izlaska da zalaska sunca, odlikuje se prilično velikom transpiracionom sposobnošću. U tabeli 9 predodčen je dnevni i sezonski hod transpiracije.

Dnevni hod transpiracije vrste *Sambucus racemosa* značajan je po tome, što su ranijutarnje vrijednosti Tr prilično visoke i što nema podudarnosti u dnevnom hodu u različitim mjesecima. U 17 sati Tr vrijednosti

su obično najmanje; izuzetak čine opažanja učinjena 15. i 30. VIII. Maksimalne dnevne vrijednosti Tr zabilježene su obično od 9—11 sati, a iznimno u 13 sati. Nul-vrijednosti nije bilo.

Srednje dnevne vrijednosti transpiracije bile su najveće u svibnju i kolovozu, no i u drugim mjesecima bile su prilično visoke; kretale su se od 3,01—3,93 mg/g/l'.

Tab. 9.

Datum	Veličina transpiracije u Tr- Werte in mg/g/l'						Srednja dnevna vrijednost Tr Mittlerer Tageswert (mg/g/l')	Dnevna suma Tr Tages- summe der Tr (g/g)
	7	9	11	13	15	17 ^h		
23. V 67	6,6	3,8	6,5	6,3	3,2	1,1	4,58	2,75
8. VI	5,1	6,6	7,3	4,4	—	—	—	—
12. VII	4,5	4,2	6,1	4,8	1,9	2,1	3,93	2,36
27. VII	5,1	5,7	2,5	3,0	1,8	2,2	3,38	2,03
15. VIII	3,4	4,3	5,5	4,0	3,8	4,0	4,16	2,50
30. VIII	3,4	8,5	7,4	8,6	1,6	4,3	5,63	3,38
19. IX	2,6	3,8	4,3	3,6	2,3	1,5	3,01	1,81
2. X	2,2	2,6	6,3	4,2	2,7	1,7	3,28	1,97
Srednja vrijednost Mittelwert							3,99	2,40

Jedan kilogram lišća *Sambucus racemosa* istranspirirao je u prosjeku oko 2,4 kg vode. Uz pretpostavku da jedno stablo bazge, koje pokriva površinu tla od 2,5 m², ima oko 1,06 kg svježe tvari lišća, onda bi ovo stablo istranspiriralo dnevno 2,54 kg ili za period od 23. V — 2. X uz uvjete kakvi su vladali na Zagrebačkoj gori 1967. godine, oko 337 kg vode.

Kad bi po ha raslo oko 3.500 ovakvih stabala, količina istranspirirane vode za cio period naših istraživanja iznosila bi oko 1,179.500 litara ili 118 mm.

K ovoj vrijednosti trebalo bi pribrojiti i količinu vode što je *Sambucus* istranspirira u toku noći. Vjerovatno je da u povoljnim uvjetima može *Sambucus* i noću istranspirirati povećane količine vode jer je kutikula lišća tanka i lako propušta vodu.

7. *Fraxinus excelsior* L.

Mjerenja transpiracije kod ovog fanerofita otpočela su tek 12. VII, slično kao i kod graba. Stablo jasena, koje nam je služilo za istraživanje, nalazilo se na maloj čistini u susjedstvu javora i lijeske a eksponirano je prema jugoistoku.

Dnevni i sezonski hod transpiracije prikazan je u tabeli 10.

Za hod transpiracije kod jasena je značajno, da su već ranijutarnje vrijednosti Tr relativno visoke, da u toku dana intenzitet Tr raste do 9 ili 11 sati, da bi zatim do 13 sati nešto oslabio, a u 15 sati pokazivao ponajčešće znatno niže vrijednosti nego u 7 sati ujutro. U 17 sati vrijednosti Tr bile su najniže.

Ako pažnju obratimo sezonskom hodu transpiracije onda vidimo da je najveća srednja dnevna vrijednost Tr postignuta 27. VII, da su u srpnju i kolovozu te vrijednosti najveće, dok su u ostalim mjesecima bile osjetljivo manje.

Maksimalna vrijednost Tr postignuta je 27. VII u 11 sati, a iznosila je 9,4 mg/g/l', dok je minimalna vrijednost od 0,7 mg/g/l' zabilježena 19. IX u 17 sati.

Nul-vrijednosti nije bilo.

Tab. 10.

Datum	veličina transpiracije u Tr - werte in mg/g/1'						Srednja dnevna vrijednost Tr	Dnevna suma Tr
	7	9	11	13	15	17 ^h	Mittlerer Tageswert (mg/g/1')	Tages- summe der Tr (g/g)
12. VII 67.	3,2	6,2	6,1	4,9	1,5	1,4	3,88	2,33
27. VII	5,0	8,1	9,4	9,4	6,4	1,8	6,70	4,02
15. VIII	5,8	4,8	7,4	5,9	5,0	3,1	5,33	3,20
30. VIII	5,7	7,4	4,4	6,0	2,9	2,4	4,80	2,88
19. IX	3,9	5,5	5,4	4,2	2,6	0,7	3,71	2,23
2. X	2,9	3,4	5,9	3,8	2,3	2,3 (16 ^h)	3,47	2,06
Srednja vrijednost Mittelwert							4,65	2,78

Transpiraciona sposobnost jasena na Zagrebačkoj gori prilično je velika. Njegovo lišće istranspirira danju u prosjeku (sezonskom) oko 2,78 puta više vode nego što iznosi težina svježe tvari lišća. Računamo li da je naš pokusni jasen imao 8,37 kg lišća i da je pokrivač površinu tla od 14,5 m², onda je potrošio transpiracijom oko 23,3 kg vode dnevno. odn. u periodu od 12. VII — 2. X 1967. tj. za 83 dana oko 1.934 litara vode. Uz pretpostavku da na 1 ha raste 600 ovakvih jasenova onda bi danjom transpiracijom tlo izgubilo dnevno oko 13.980 litara vode ili za pokusni period od 83 dana oko 116 mm po ha.

Sudeći po vrijednostima Tr dobivenim u 17^h daje se pretpostaviti da transpiracija ne prestaje potpuno ni u toku noći. Vjerovatno da je ipak manja nego u 17 sati.

8. *Carpinus betulus* L.

Dok je većina izučavanih speciosa bila u toku dana prilično eksponirana sunčanim zrakama, grab je još jače nego *Quercus*, bio zasjenjen. Smješten na donjem dijelu padine između visokih stabala on se pretežno koristio difuznim svjetlom, barem u onom dijelu krošnje, koja nam je služila za uzimanje lišća.

Dnevni i sezonski hod transpiracije predložen je u tabeli 11.

Za dnevni hod transpiracije lišća *Carpinus betulus* značajno je da su ranojutarnje vrijednosti Tr ponajčešće (izuzetak 2. X) dosta visoke, znatno veće nego u 17 sati, a često veće nego i u 15 sati te da se od 15 sati vrijednosti Tr naglo smanjuju. Dnevni maksimum Tr postignut je u srpnju u 13 sati, u kolovozu i rujnu između 7 i 11 sati.

Najveća srednja dnevna vrijednost transpiracije konstatirana je 30. VIII kada je iznosila 4,91 mg/g/l', dok je u ostalim danima odn. mjesecima kolebala od 2,31 — 3,91 mg/g/l'.

Može se reći da je transpiraciona sposobnost graba bila u uvjetima danog staništa na Zagrebačkoj gori osrednja. Jedan kilogram svježe tvari lišća graba istranspirirao je u prosjeku, računajući na cijeli period mjerenja Tr, oko 2,1 kg vode.

Tab. 11.

Datum	Veličina transpiracije u Tr - Werte in mg/g/l'						Srednja dnevna vrijednost Tr Mittlerer Tageswert (mg/g/l')	Dnevna suma Tr Tages- summe der Tr (g/g)
	7	9	11	13	15	17 ^h		
12. VII 67.	3,3	4,0	3,2	5,2	2,6	1,2	3,25	1,95
27. VII	3,2	1,3	2,3	4,5	1,7	0,9	2,31	1,38
15. VIII	5,6	5,1	2,1	2,6	2,0	1,9	3,21	1,92
30. VIII	5,9	6,1	9,8	4,7	2,2	0,8	4,91	2,94
19. IX	2,9	5,7	4,4	4,0	3,3	0,2	3,41	2,05
2. X	1,3	4,9	6,9	4,7	3,2	2,5	3,91	2,34
Srednja vrijednost Mittelwert							3,50	2,10

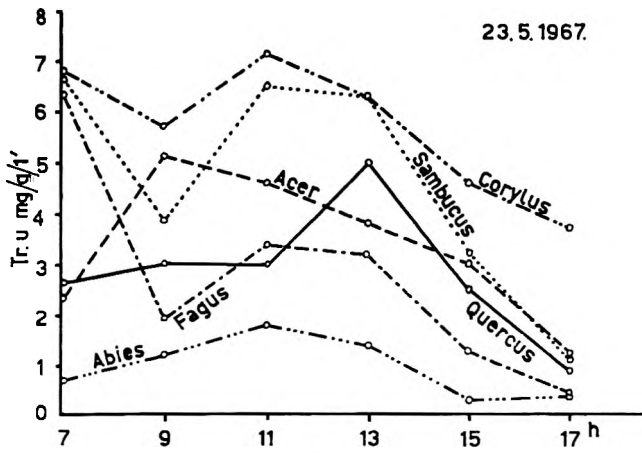
Računamo li da jedno stablo graba, koje je pokrivalo površinu tla od cca 13,5 m² ima 4,58 kg svježe tvari lišća, onda bi jedno stablo istranspiriralo dnevno oko 9,62 kg vode, ili za cijeli period od 83 dana oko 798,5 litara vode. Uz pretpostavku da na 1 ha raste 650 ovakvih stabala, iznio bi dnevni gubitak vode oko 6.253 litara ili za cijeli period opažanja oko 519 mm.

Naravno da su ti podaci samo aproksimativni.

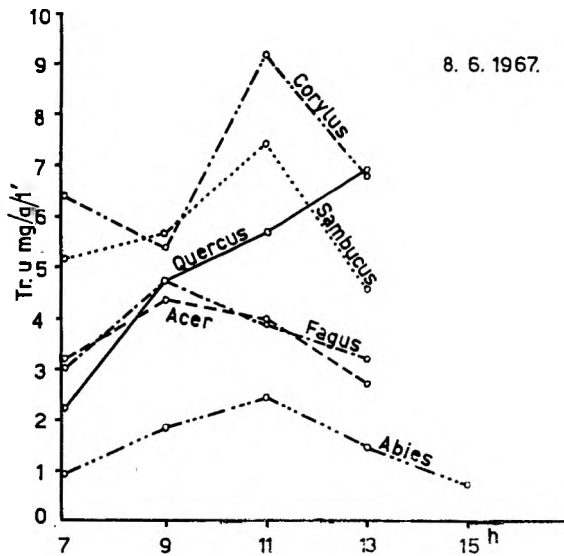
Budući da su vrijednosti Tr još i potkraj dana pozitivne, moglo bi se pretpostaviti da *Carpinus betulus* i po noći istranspirira izvjesne, ali ne velike količine vode, ako su uvjeti za Tr povoljni.

Opći zaključci o transpiracionoj sposobnosti fanerofita Zagrebačke gore

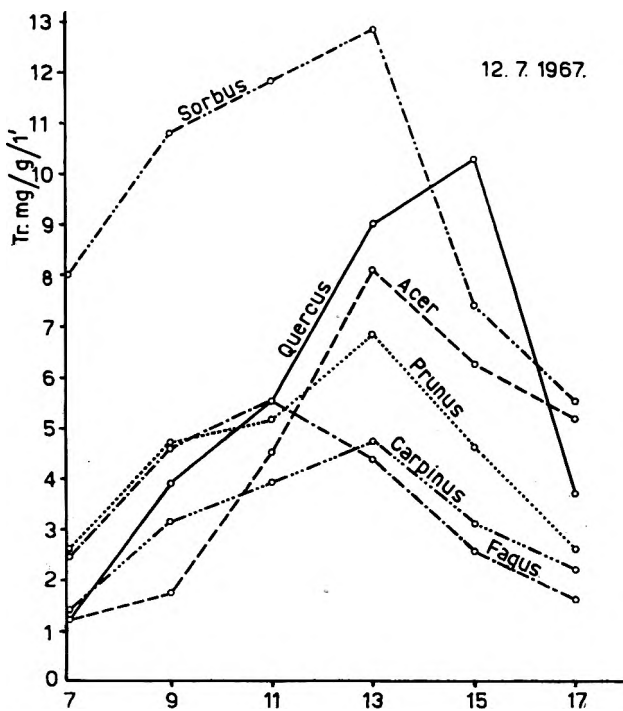
Nakon što smo razmotrili dnevni i sezonski hod transpiracije pojedinih pokusnih fanerofita na Zagrebačkoj gori potrebno je uočiti razlike u njihovoj transpiracionoj sposobnosti. U priloženih 8 dijagrama (sl. 1—8) poredali smo veličine dnevnog hoda transpiracije u pojedinim danima odn. mjesecima. U dijagrame smo unijeli podatke samo za prvih šest pokusnih fanerofita, tj. za *Abies alba*, *Corylus avellana*, *Acer pseudoplatanus*, *Quercus petraea*, *Fagus sylvatica* i *Sambucus racemosa*, dok smo izdvojili *Fraxinus excelsior* i *Carpinus betulus*, kod kojih su mjerenja transpiracije otpočeta tek u srpnju. Ako samo letimično pogledamo krivulje dnevnog hoda transpiracije, jasno uočavamo da je intenzitet Tr u toku čitave sezone bio najveći kod vrste *Corylus avellana*, a najniži kod *Abies alba*. Odmah iza lijeske po intenzitetu Tr ističe se *Sambucus racemosa*, pa *Quercus petraea*, dok *Fagus sylvatica* od svih istraživanih latifolija istranspirira najmanje.



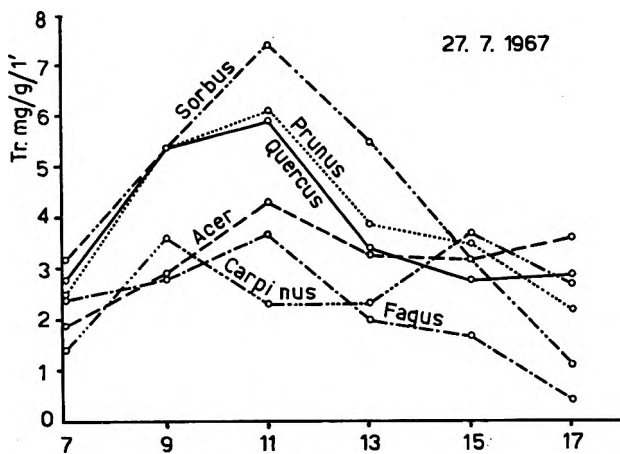
Sl. 1.



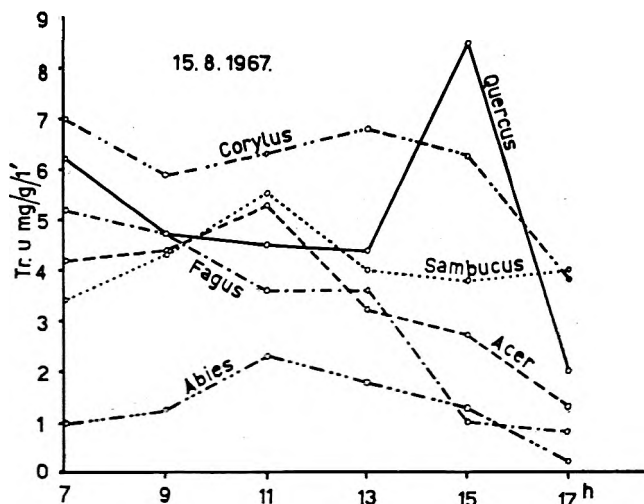
Sl. 2.



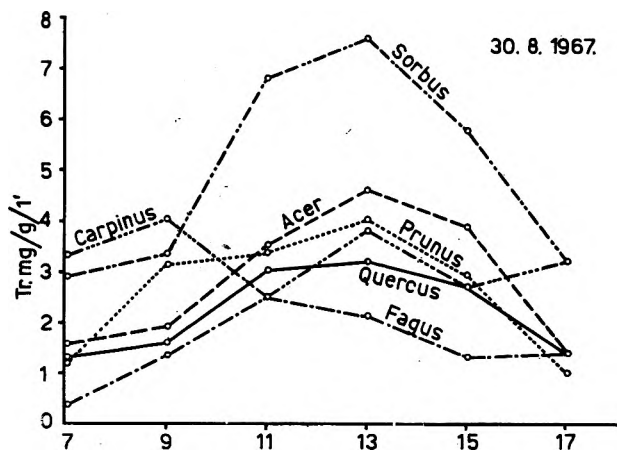
Sl. 3.

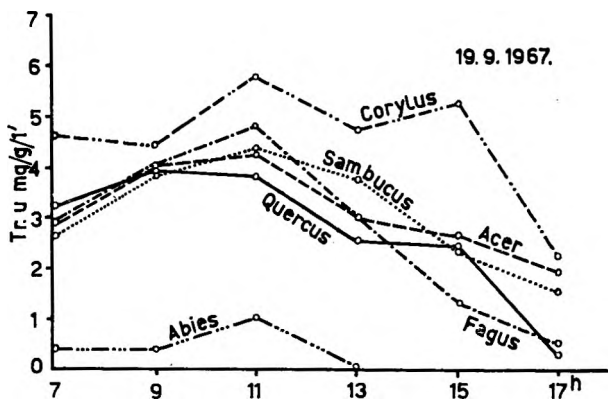


Sl. 4.

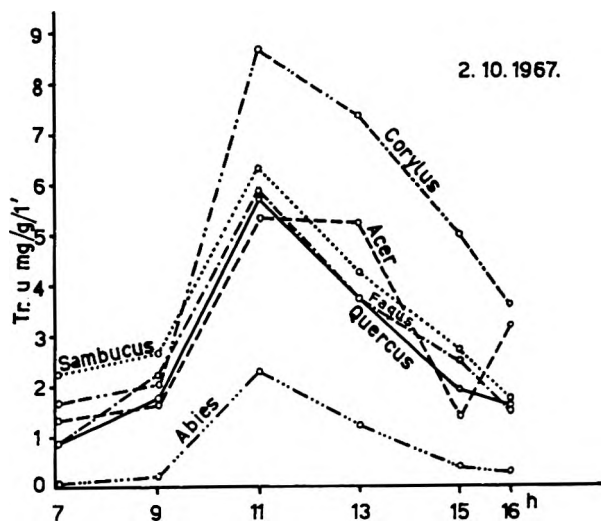


Sl. 5.





Sl. 7.



Sl. 8.

Bez sumnje je značajno da upravo dvije dominantne vrste zajednice *Fagetum silvaticae abietetosum* istranspiriraju najmanju količinu vode po jedinici težine svježje tvari lišća (iglica).

Kvantitativne razlike u intenzitetu transpiracije pojedinih vrsta još se bolje uočavaju ako usporedimo dnevne sume transpiracije u gramima istranspirirane vode na gram svježje tvari lišća i u relativnim brojevima:

	g H ₂ O	relativni broj
1. <i>Abies alba</i>	0,58	18,1
2. <i>Fagus silvatica</i>	1,77	55,3
3. <i>Carpinus betulus</i>	2,10	65,6
4. <i>Acer pseudoplatanus</i>	2,11	65,6
5. <i>Quercus petraea</i>	2,25	70,3
6. <i>Sambucus racemosa</i>	2,40	75,9
7. <i>Fraxinus excelsior</i>	2,78	86,8
8. <i>Corylus avellana</i>	3,20	100,0

Ako istraživane vrste poredamo od one koja najviše istranspirira po jedinici težine svježje tvari do vrste s najmanjom transpiracionom sposobnosti, onda dobivamo ovakav red:

Corylus-Fraxinus-Sambucus-Quercus-Acer i *Carpinus-Fagus-Abies*.

Drugačiji bi, jamačno, bio redosljed kad bi specijese poredali po totalnoj količini vode što je potroše po jedinici površine tla, npr. po hektaru površine, a za čitavu vegetacijsku periodu. Da bi *Abies* izmijenila svoj položaj, to je sigurno nakon saznanja da je ukupna težina njenih transpiracionih organa, računajući na jedinicu površine tla, mnogo veća nego kod latifolija. Pored toga, jela transpirira cijelu godinu a latifolije samo nekoliko mjeseci od sredine proljeća pa do sredine jeseni, kada odbacuju lišće i obustavljaju folijarnu transpiraciju.

Postavlja se pitanje kakav je odnos transpiracije istraživanih fanerofita na Zagrebačkoj gori i istih vrsta u drugim geografskim područjima. U literaturi postoji znatan broj podataka o Tr-vrijednostima dobivenim u različitim geografskim područjima, navlastito u radovima Piseka i saradnika, Stockera, Hubera, Schuberta, Polstera i dr. Na žalost ta nam je literatura samo dijelom pristupačna. Pored toga vrijednosti se teško dadu s uspjehom uspoređivati jer se odnose na različite vremenske intervale.

Ovdje bismo naveli samo podatke o dnevnim sumama transpiracije za bukvu i hrast, što ih donose Pisek i Cartellieri za Austriju i Polster za Tharandt, kao i naše vrijednosti dobivene na Zagrebačkoj gori 1967. godine.

Dnevna suma Tr u g vode na g svježje tvari lišća:

	Pisek i Cartellieri	Polster	Gračanin i Ilijanić
Hrast	7,60	6,02	2,25
Bukva	2,80	4,83	1,77

Tri zaključka mogla bi se izvesti na osnovu tih podataka:

1. da je *Fagus* u različitim geografskim područjima istranspirirao znatno manje vode nego *Quercus*,

2. da su u različitim geografskim područjima dobivene različite dnevne sume Tr za oba specijesa i

3. da je na Zagrebačkoj gori dnevna suma Tr bila kako kod hrasta tako i kod bukve mnogo manja nego u uvjetima u kojima su transpirirali ovi fanerofiti u Austriji i Njemačkoj.

Moglo bi se pretpostaviti da su uvjeti za transpiraciju na Zagrebačkoj gori u 1967. godini bili znatno nepovoljniji nego u navedenim drugim srednjoevropskim prilikama.

Valja, dakako, imati u vidu da se vrijednosti Tr dobivene u različitim područjima ne mogu dobro uspoređivati, jer je i vrijeme mjerenja transpiracije bilo veoma različito. Tako npr. Polster nije uzimao u obzir čitavu vegetacijsku sezonu, jer je mjerenja vršio od 21. VI do 25. VIII 1939, dakle u vremenu kada se može računati s maksimumom Tr.

Za sada nemamo pouzdanog kriterija po kojemu bismo mogli klasificirati vrijednosti Tr dobivene na Zagrebačkoj gori. Jedan od nas (Gracani) privremeno je klasificirao intenzitet Tr po dnevnoj sumi Tr u g vode na g svježe tvari lišća ovako:

< 1 g/g	vrlo niska
1 — 2,5	niska
2,5 — 5,0	osrednja
5,0 — 8,0	visoka
> 8,0	vrlo visoka

Premo ovoj klasifikaciji samo bi *Corylus avellana* i *Fraxinus excelsior* pripadali grupi specijesa s osrednjom transpiracijom, *Abies alba* u grupu s vrlo niskom Tr, a svi ostali istraživani specijesi u grupu fanerofita s niskom Tr.

Raumljivo je da ovo svrstavanje specijesa vrijedi samo za uvjete dane na Zagrebačkoj gori 1967. za period od proljeća do jeseni. U drugim uvjetima transpiracije tj. u drugačijim klimatskim i drugim prilikama možda bi naši specijesi zauzeli drugačija mjesta u našoj klasifikacionoj shemi. Bit će stoga od posebnog interesa upoznati vladanje hrasta, bukve i graba u području asocijacije *Quercus-Carpinetum* na zagrebačkoj diluvijalnoj terasi u Zelengaju, gdje su fizikalni uvjeti za transpiraciju nešto povoljniji.

6. Hod transpiracije u Zelengaju (Zagreb)

1. *Sorbus torminalis*

Ova vrsta je u našoj sastojini obilno zastupana. Stablo s kojeg smo uzimali listove smješteno je na zapadnoj ekspoziciji ispod hrastova. U visini od 130 cm imalo je promjer oko 2,5, a pri dnu oko 5 cm. Karakteristična je prilično velika lisna površina kao i veoma osjetljiva reaktivnost stoma.

Dnevni i sezonski hod transpiracije prikazan je u tabeli 12.

Za vrstu *Sorbus torminalis* je značajno da se od svih pokusnih specija odlikovala najvećom transpiracionom sposobnošću. Transpiracija je pravilno rasla do maksimuma, a zatim opadala.

Maksimum transpiracije konstatiran je 12. VII u 13 sati, a iznosio je 12,8 mg/g/l'; to je ujedno i najveća vrijednost Tr zabilježena u toku sezone na staništu u Zelengaju. Minimalna vrijednost od 1,5 mg/g/l' izmjerena je 19. IX u 7 sati.

Tab.12.

Datum	Veličina transpiracije u						Srednja dnevna vrijednost Tr	Dnevna suma Tr
	Tr - Werte in							
	7	9	11	13	15	17 ^h	Mittlerer Tageswert (mg/g/l')	Tages-summe der Tr (g/g)
13. V 67.	3,7	8,0	10,0	7,0	4,4	1,8	5,81	3,49
23. V	6,7	7,2	8,5	9,4	9,6	4,9	7,71	4,63
8. VI	4,7	5,6	9,4	9,0	—	—	—	—
28. VI	4,8	4,1	6,8	7,1	6,3	3,7	5,46	3,28
12. VII	8,0	10,8	11,8	12,8	7,4	3,5	9,05	5,43
27. VII	3,2	5,4	7,4	5,5	3,2	3,6	4,71	2,83
15. VIII	2,6	3,2	6,7	6,5	5,9	4,4	4,88	2,93
30. VIII	2,9	3,3	6,8	7,6	5,8	3,2	4,93	2,96
19. IX	1,5	3,3	6,9	6,1	6,5	3,5	4,63	2,78
2. X	2,4	3,6	5,9	5,6	7,1	5,1	4,95	2,97
Srednja vrijednost Mittelwert							5,79	3,47

Nije bez značenja činjenica da je transpiracija izmjerena u 17 sati kolebala (izuzevši 13. V) između 3,2 do 5,1 mg/g/l'; bila je dakle prilično visoka, pa bi se po tome moglo pretpostaviti da se odigravala i noću.

Srednja dnevna vrijednost za čitavi period iznosila je 5,79 mg/g/l', a to je znatno više nego kod ostalih pokusnih fanerofita. I prosječna suma dnevnih vrijednosti Tr bila je prilično visoka (3,47 g/g za 10 sati). Do 12. VII izmjerena je uvijek viša dnevna suma transpiracije nego u drugoj polovini sezone. Na 12. VII dosegla je vrijednost od 5,43 g/g, dok je najmanja dnevna suma konstatirana 19. IX (2,78 g/g).

2. *Fraxinus ornus*

Ovaj species uključen je u pokuse naknadno tj. 27. VII 1967. Odabrani primjerak pripada sloju grmlja. Podaci mjerenja Tr uneseni su u tabelu 13.

Iz tabele se vidi da transpiracija dosta varira, kako po intenzitetu tako i s obzirom na vrijeme nastupa maksimalnih dnevnih vrijednosti koje smo bilježili ponekad već u jutarnjim satima (2. X) a ponekad u popodnevnom, kao npr. 27. VII kad je maksimalna dnevna vrijednost izmjerena tek u 15 sati. To je ujedno bio najveći dnevni maksimum (11,0 mg/g/l'), zabilježen kod crnog jasena u toku 1967. godine.

Zanimljivo je da su vrijednosti Tr mjerene u 17 sati i kod ove kao i kod prethodne vrste razmjerno visoke, pa treba pretpostavljati da se transpiracija nastavlja i dalje.

Za vrstu *Sorbus torminalis* je značajno da se od svih pokusnih specija odlikovala najvećom transpiracionom sposobnošću. Transpiracija je pravilno rasla do maksimuma, a zatim opadala.

Maksimum transpiracije konstatiran je 12. VII u 13 sati, a iznosio je 12,8 mg/g/l'; to je ujedno i najveća vrijednost Tr zabilježena u toku sezone na staništu u Zelengaju. Minimalna vrijednost od 1,5 mg/g/l' izmjerena je 19. IX u 7 sati.

Tab.12.

Datum	Veličina transpiracije u						Srednja dnevna vrijednost Tr	Dnevna suma Tr
	Tr - Werte in							
	mg/g/l'						Mittlerer Tageswert	Tages-summe der Tr
	7	9	11	13	15	17 ^h	(mg/g/l')	(g/g)
13. V 67.	3,7	8,0	10,0	7,0	4,4	1,8	5,81	3,49
23. V	6,7	7,2	8,5	9,4	9,6	4,9	7,71	4,63
8. VI	4,7	5,6	9,4	9,0	—	—	—	—
28. VI	4,8	4,1	6,8	7,1	6,3	3,7	5,46	3,28
12. VII	8,0	10,8	11,8	12,8	7,4	3,5	9,05	5,43
27. VII	3,2	5,4	7,4	5,5	3,2	3,6	4,71	2,83
15. VIII	2,6	3,2	6,7	6,5	5,9	4,4	4,88	2,93
30. VIII	2,9	3,3	6,8	7,6	5,8	3,2	4,93	2,96
19. IX	1,5	3,3	6,9	6,1	6,5	3,5	4,63	2,78
2. X	2,4	3,6	5,9	5,6	7,1	5,1	4,95	2,97
Srednja vrijednost Mittelwert							5,79	3,47

Nije bez značenja činjenica da je transpiracija izmjerena u 17 sati kolebala (izuzevši 13. V) između 3,2 do 5,1 mg/g/l'; bila je dakle prilično visoka, pa bi se po tome moglo pretpostaviti da se odigravala i noću.

Srednja dnevna vrijednost za čitavi period iznosila je 5,79 mg/g/l', a to je znatno više nego kod ostalih pokusnih fanerofita. I prosječna suma dnevnih vrijednosti Tr bila je prilično visoka (3,47 g/g za 10 sati). Do 12. VII izmjerena je uvijek viša dnevna suma transpiracije nego u drugoj polovini sezone. Na 12. VII dosegla je vrijednost od 5,43 g/g, dok je najmanja dnevna suma konstatirana 19. IX (2,78 g/g).

2. *Fraxinus ornus*

Ovaj species uključen je u pokuse naknadno tj. 27. VII 1967. Odabrani primjerak pripada sloju grmlja. Podaci mjerenja Tr uneseni su u tabelu 13.

Iz tabele se vidi da transpiracija dosta varira, kako po intenzitetu tako i s obzirom na vrijeme nastupa maksimalnih dnevnih vrijednosti koje smo bilježili ponekad već u jutarnjim satima (2. X) a ponekad u popodnevnom, kao npr. 27. VII kad je maksimalna dnevna vrijednost izmjerena tek u 15 sati. To je ujedno bio najveći dnevni maksimum (11,0 mg/g/l'), zabilježen kod crnog jasena u toku 1967. godine.

Zanimljivo je da su vrijednosti Tr mjerene u 17 sati i kod ove kao i kod prethodne vrste razmjerno visoke, pa treba pretpostavljati da se transpiracija nastavlja i dalje.

Transpiracija se kod klena, kao što je vidljivo iz tabele, dosta pravilno povećava od jutarnjih sati do maksimuma, koji smo uvijek bilježili između 11 i 13 sati, a zatim u pravilu ponovno postepeno opada. Jedino 28. VI nastupa u 15 sati sekundarni maksimum, što je vjerovatno u vezi s promjenama vremenskih prilika u toku dana.

Najveća vrijednost Tr iznosila je 10,4 mg/g/l' dana 23. V u 13 sati.

Minimalna vrijednost (1,1 mg/g/l') izmjerena je 27. VII u 17 sati. Najveće dnevno kolebanje momentane transpiracije bilo je 23. V, a najmanje 30. VIII.

Najviša srednja dnevna vrijednost (5,15 mg/g/l') i dnevna suma Tr (3,09 g na gram svježe tvari) izmjerene su 2. X, tj. koncem vegetacijske sezone, dok su najmanje vrijednosti utvrđene koncem srpnja i u kolo-vozu, kad je bila najjača suša.

U prosjeku javor je istranspirirao dnevno 2,38 puta više vode od težine svježe tvari lišća.

4. *Quercus petraea*

Ova je vrsta dominirala u proučavanoj sastojini, koja predstavlja prilično gustu šumu panjaču. Stabla nisu debela, a granaju se razmjerno dosta visoko. Prilikom istraživanja transpiracije mogli smo u toku vegetacijske periode opažati kako plojke listova postaju sve više kožaste, a peteljke odrvjenjele. Bilo bi od interesa da se u budućim istraživanjima ispituju i promjene u anatomskoj gradnji listova u toku godine.

Dnevni i sezonski hod transpiracije hrasta kitnjaka predočen je u tabeli 15.

Tab. 15.

Datum	Veličina transpiracije u						Srednja dnevna vrijednost Tr Mittlerer Tageswert (mg/g/l')	Dnevna suma Tr Tages-summe der Tr (g/g)
	Tr - Werte							
	7	9	11	13	15	17 ^h		
13. V 67.	3,2	4,5	5,0	7,9	5,3	1,3	4,53	2,72
23. V	2,2	2,7	2,9	3,7	5,5	4,4	3,56	2,14
8. VI	1,8	4,9	5,1	6,9	—	—	—	—
28. VI	1,5	2,9	7,8	4,4	2,0	5,5	4,02	2,41
12. VII	1,2	3,9	5,5	9,0	10,3	3,7	5,60	3,36
27. VII	2,8	5,4	5,9	3,4	2,8	2,9	3,87	2,32
15. VIII	1,8	3,2	6,7	4,1	3,5	3,1	3,73	2,24
30. VIII	1,3	1,6	3,0	3,2	2,8	1,4	2,21	1,32
19. IX	0,7	3,4	7,1	3,4	3,4	0,9	3,15	1,89
2. X	2,5	2,5	7,4	3,8	4,7	4,1	4,17	2,50
Srednja vrijednost Mittelwert							3,87	2,32

Transpiracija je bila ujutro (7 sati) u pravilu prilično slabija nego u 17 sati (izuzetak 13. V). Maksimalne vrijednosti bilježili smo najčešće već u 11 sati, rjeđe u 13 ili 15 sati. Najveću vrijednost Tr od 10,3 mg/g/l' postigao je hrast za vrijeme naših mjerenja dana 12. VII u 15 sati, a minimalnu transpiraciju od 0,7 mg/g/l' 19. IX u 7 sati.

Dana 28. VI transpiracija je naglo pala u 15 sati nakon čega je uslijedilo ponovno znatnije povećanje u 17 sati. Da li se to može dovesti u vezu s već prije spomenutim promjenljivim vremenskim prilikama toga dana, a napose s promjenama temperature i vlažnosti zraka, teško je sa sigurnošću tvrditi, jer kod drugih vrsta, osim kod klena, nije došlo do te pojave.

Hrast se odlikovao dosta velikim dnevnim Tr amplitudama. Najveću srednju vrijednost Tr postigli su pokusni listovi 12. VII (5,60 mg/g/l'), tj. istoga dana kada je izmjerena i maksimalna momentana Tr. Prosječna dnevna suma Tr iznosila je 2,32 g na gram svježe tvari lišća.

5. *Prunus avium*

Divlja trešnja, karakteristična vrsta asocijacije *Quercu-Carpinetum* u našoj sastojini vrlo je obilno nazočna u sloju grmlja i drveća. Hod transpiracije ovog speciosa vidi se iz tabele 16.

Tab. 16.

Datum	Vetičina transpiracije u Tr - Werte						Srednja dnevna vrijednost Tr Mittlerer Tageswert (mg/g/l')	Dnevna suma Tr Tages- summe der Tr (g/g)
	7	9	11	13	15	17 ^h		
13. V 67.	3,5	3,5	4,1	4,3	3,5	1,8	3,45	2,07
23. V	3,4	4,0	7,6	4,1	3,8	2,2	4,18	2,51
8. VI	3,1	7,7	4,3	7,7	—	—	—	—
28. VI	2,4	2,6	3,5	5,4	4,3	2,1	3,38	2,03
12. VII	2,6	4,7	5,1	6,8	4,6	2,6	4,40	2,64
27. VII	2,5	5,4	6,1	3,9	3,5	2,2	3,93	2,36
15. VIII	2,8	3,5	4,1	5,1	2,8	1,9	3,37	2,02
30. VIII	1,2	3,1	3,4	4,0	2,9	1,0	2,60	1,56
19. IX	0,2	3,0	4,5	5,1	3,4	1,9	3,01	1,81
2. X	2,0	2,2	6,2	2,8	6,1	2,7	3,67	2,20
Srednja vrijednost Mittelwert							3,55	2,13

Transpiracija je kod trešnje u pravilu rasla od jutra do dnevnog maksimuma, koji je dostignut između 11 i 13 sati, a zatim je opet postepeno opadala. Iznimku čini hod transpiracije na dane 8. VI i 2. X kada su nastupila dva maksimuma u toku istoga dana.

Najveću maksimalnu vrijednost Tr od 7,7 mg/g/l' izmjerili smo 8. VI u dva navrata, tj. u 9 i 13 sati. Gotovo ista vrijednost (7,6 mg/g/l') zabilježena je 23. V u 11 sati. Maksimalne vrijednosti ostalih dana kretale su se između 4,0 i 6,8 mg/g/l'.

Najslabije je trešnja transpirirala u toku mjerenja 19. IX u 7 sati (svega 0,2 mg/g/l'). U većini slučajeva bila je, međutim, transpiracija u 7 sati intenzivnija nego u 17 sati.

Najveća srednja dnevna vrijednost (4,40 mg/g/l') postignuta je 12. VII, a najmanja (2,60 mg/g/l') dana 30. VIII. Srednja dnevna vrijednost za čitavu sezonu iznosila je 3,55 mg/g/l'. U sezonskom hodu srednje dnevne vrijednosti variraju dosta nepravilno.

Ukupna količina vode istranspirirane u toku 10 dnevnih sati bila je prosječno 2,13 puta veća od težine svježe tvari transpirirajućih listova.

6. *Carpinus betulus*

Stablo graba na kojem je mjerena transpiracija listova visoko je 8 metara a locirano je na istraživanoj plohi između vrsta *Sorbus torminalis*, *Fraxinus ornus* i *Quercus petraea* tako da je u toku dana, a naročito u popodnevnim satima, bilo dobro osvijetljeno. Od svih pokusnih specijesa grab je imao najjače izražene postrane žile, a listovi su mu na samom početku vegetacijske sezone bili prilično kožasti.

Vrijednosti transpiracije donosimo u tabeli 17.

Tab. 17.

Datum	Veličina transpiracije u Tr - Werte						Srednja dnevna vrijednost Tr Mittlerer Tageswert (mg/g/1')	Dnevna suma Tr Tages- summe der Tr (g/g)
	mg/g/1'							
	7	9	11	13	15	17 ^h		
13. V 67.	1,5	4,3	4,5	5,6	2,0	0,6	3,08	1,85
23. V	2,6	2,8	3,2	5,2	4,3	2,6	3,45	2,07
8. VI	2,3	4,0	8,8	4,8	—	—	—	—
28. VI	1,9	2,2	2,4	3,9	1,8	1,5	2,28	1,37
12. VII	1,4	3,1	3,9	4,7	3,1	2,2	3,07	1,84
27. VII	1,4	3,6	2,3	2,3	3,7	2,7	2,66	1,59
15. VIII	2,8	3,2	2,0	2,7	3,2	2,0	2,65	1,59
30. VIII	3,3	4,0	2,5	3,7	2,7	3,2	3,23	1,94
19. IX	2,7	3,6	4,0	7,5	2,8	1,9	3,75	2,25
2. X	0,8	2,0	5,2	3,1	2,6	2,3	2,67	1,60
Srednja vrijednost Mittelwert							2,98	1,79

U poređivanju ga s prethodnim vrstama u Zelengaju, grab pokazuje razmjerno male prosječne vrijednosti transpiracije. Ipak, najviša vrijednost momentane Tr, zabilježena 8. VI, dosta je visoka (8,8 mg/g/1'). Dnevni maksimumi nastupili su najčešće u 13 sati. Dva puta (27. VII i 15. VIII) bilježili smo dva dnevna maksimuma.

Minimalna vrijednost Tr od 0,6 mg/g/1' utvrđena je 13. V u 17 sati. Srednja dnevna vrijednost Tr za sezonu iznosi 2,98 mg/g/1', a po danima kolebala je u dosta uskim granicama (2,28 — 3,75 mg/g/1'). U sezonskom hodn ne pokazuje pravilnost kakvu smo vidjeli kod hrasta.

Dnevna suma Tr iznosila je u prosjeku za sezonu 1,79 g vode na gram svježe tvari lišća, a najmanje vrijednosti dobivene su u srpnju i kolovozu (1,59 g) za vrijeme ljetne suše, pa se može reći da ova karakteristična vrsta asocijacije *Quercocarpinetum* spada među one biljke koje štede vodu.

7. *Lonicera caprifolium*

Kozja krv, također karakteristična vrsta zajednice hrasta i običnoga graba, veoma je obilno nazočna u sloju grmlja na našoj pokusnoj plohi, te mjestimice potpuno prekriva tlo. I ova biljka, kao i crni jasen, uključena je u pokuse tek 27. VII 1967.

Rezultate mjerenja transpiracije pokazuje tabela 18.

Transpiracija je kod ove vrste manja nego kod graba. Samo u jednom slučaju (30. VIII) maksimalna vrijednost dosegla je 8,0 mg/g/l', dok je općenito bila znatno niža.

Maksimalne vrijednosti bilježili smo u razno vrijeme dana između 7 i 13 sati. Značajna su i dosta velika kolebanja između dva uzastopna mjerenja u toku dana.

U prosjeku istranspirirala je kozja krv 1,68 puta više vode od težine svježe tvari transpirirajućeg lišća.

Tab. 16.

Datum	Veličina transpiracije u Tr - Werte in mg/g/l'						Srednja dnevna vrijednost Tr Mittlerer Tageswert (mg/g/l')	Dnevna suma Tr Tages- summe der Tr (g/g)
	7	9	11	13	15	17 ^h		
27. VII 67.	3,5	1,8	6,4	5,2	2,9	3,3	3,85	2,31
15. VIII	1,9	3,7	2,6	3,0	3,5	2,6	2,88	1,73
30. VIII	0,0	4,4	1,1	8,0	1,0	2,8	2,88	1,73
19. IX	1,5	3,3	2,6	0,9	2,5	1,3	2,01	1,21
2. X	3,6	2,4	1,5	3,4	1,1	2,3	2,38	1,43
Srednja vrijednost Mittelwert							2,80	1,68

8. *Fagus silvatica*

Bukva je u istraživanoj plohi bila zastupana razmjerno velikim brojem individua. U pokusu smo imali nisko stablo visine 2,5 m.

Hođ transpiracije pokazuje tabela 19.

Ova je vrsta, u uspoređenju s prethodnim biljkama u Zelengaju, postizala prilikom naših mjerenja najmanje vrijednosti Tr.

Maksimalne vrijednosti konstantirane su u razno doba dana između 7 i 15 sati, a najviša Tr (6,6 mg/g/l') izmjerena je 19. rujna u 11 sati.

Tab. 19.

Datum	Veličina transpiracije u Tr - Werte in mg/g/l'						Srednja dnevna vrijednost Tr Mittlerer Tageswert (mg/g/l')	Dnevna suma Tr Tages- summe der Tr (g/g)
	7	9	11	13	15	17 ^h		
13. V 67	1,4	1,8	2,0	2,7	2,7	0,8	1,73	1,04
23. V	1,3	2,4	2,5	3,3	3,1	1,5	2,35	1,41
8. VI	4,1	3,7	3,4	2,7	—	—	—	—
28. VI	1,0	2,8	3,2	3,4	2,9	1,5	2,47	1,48
12. VII	2,5	4,6	5,5	4,4	2,6	1,6	3,53	2,12
27. VII	2,4	2,8	3,7	2,0	1,7	0,4	2,17	1,30
15. VIII	1,2	2,8	3,0	3,9	2,7	1,8	2,57	1,54
30. VIII	0,4	1,4	2,5	2,1	1,7	1,8	1,65	0,99
19. IX	0,9	2,0	6,6	4,3	3,3	2,3	3,23	1,94
2. X st	2,7	3,8	4,4	3,1	5,0	3,2	3,70	2,22
Srednja vrijednost Mittelwert							2,60	1,56

Minimalna transpiracija od 0,4 mg/g/1' nastupila je u dva navrata i to 27. VII u 17^h i 30. VIII u 7^h. Jutarnje vrijednosti (7 sati) bile su pretežno veće nego u 17 sati.

U toku 10-dnevnih sati bukva je u razdoblju od 13. V do 2. X 1967. istranspirirala u prosjeku 1,56 g vode na gram svježe tvari transpirirajućeg lišća, što je za oko 2,2 puta manje od vrste *Sorbus torminalis*, koja je za naših mjerenja pokazivala najveću sposobnost transpiracije.

Opći zaključci o transpiracionoj sposobnosti istraživanih fanerofita u Zelengaju

Na priloženim poredbenim dijagramima (sl. 9—18) vidi se dnevni hod transpiracije u toku vegetacijske sezone 1967. za 6 vrsta: *Sorbus torminalis*, *Acer campestre*, *Quercus petraea*, *Prunus avium*, *Carpinus betulus* i *Fagus silvatica*. Vrste *Fraxinus ornus* i *Lonicera caprifolium*, koje su uzete kasnije u pokuse, nisu unesene u ove dijagrame.

Najveću transpiracionu sposobnost pokazivala je, kao što je na dijagramima vidljivo, vrsta *Sorbus torminalis*, dok je najmanje transpirirala po jedinici svježe tvari lišća bukva (*Fagus silvatica*).

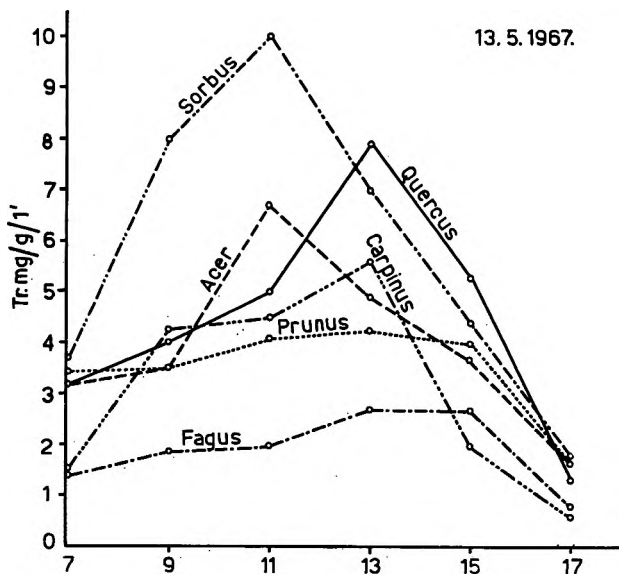
Kvantitativne razlike u transpiraciji pojedinih specijesa vide se još bolje ako poredimo prosječne dnevne sume Tr izražene u gramima na gram svježe tvari lišća i relativnim brojevima:

	dnevna suma Tr g/g/10 sati	relativni broj
<i>Fagus silvatica</i>	1,56	44,9
<i>Lonicera caprifolium</i>	1,68	48,4
<i>Carpinus betulus</i>	1,79	51,6
<i>Prunus avium</i>	2,13	61,4
<i>Quercus petraea</i>	2,32	66,8
<i>Acer campestre</i>	2,38	68,5
<i>Fraxinus ornus</i>	3,15	90,8
<i>Sorbus torminalis</i>	3,47	100,0

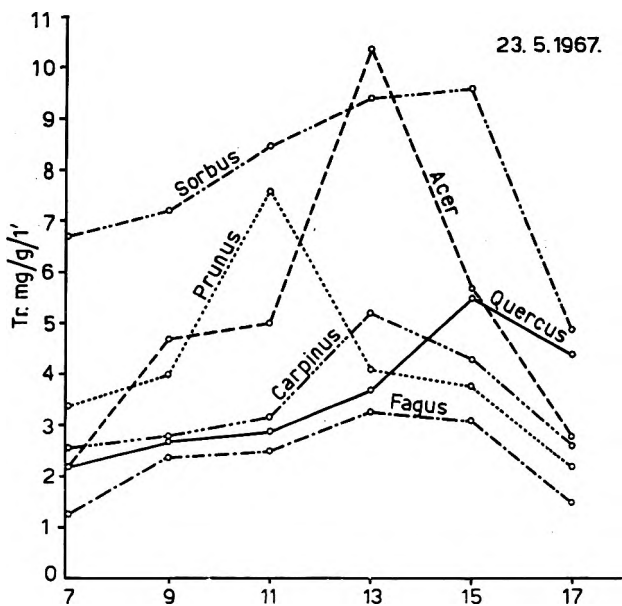
Prema Gračaninovoj klasifikaciji (vidi str. 118) prvih šest vrsta (tj. *Fagus silvatica*, *Lonicera caprifolium*, *Carpinus betulus*, *Prunus avium*, *Quercus petraea* i *Acer campestre*) pokazuju nisku, daljnje dvije (*Fraxinus ornus* i *Sorbus torminalis*) osrednju, a niti jedna vrsta visoku transpiraciju.

7. Usporedba transpiracije pokusnih fanerofita Zagrebačke gore i Zelengaja

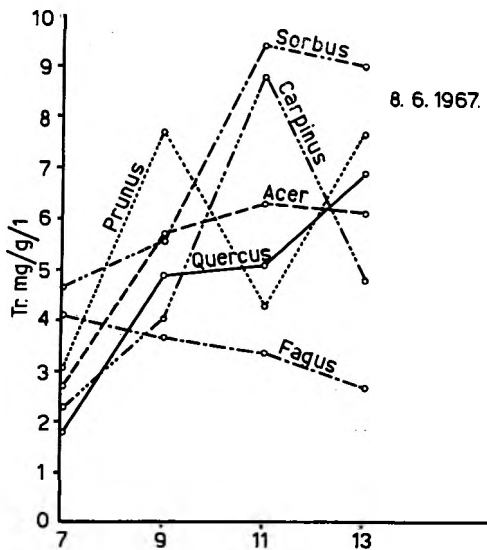
Posebnu pažnju zaslužuje usporedba transpiracione sposobnosti, te dnevnog i sezonskog hoda transpiracije pokusnih fanerofita na Zagrebačkoj gori s jedne i u Zelengaju s druge strane. Radi se doduše o jednom malom geografskom području, ali ipak o staništima s visinskom razlikom od ca 700 m, pa prema tome i o zamjetljivim razlikama u intenzitetu onih fizikalnih faktora. o kojima transpiracija ovisi u velikoj mjeri.



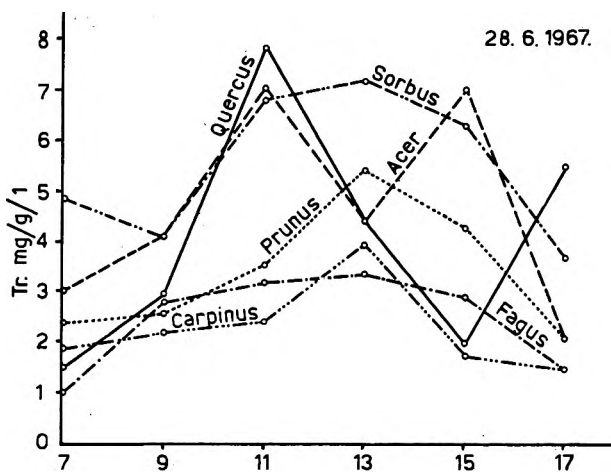
Sl. 9.



Sl. 10.

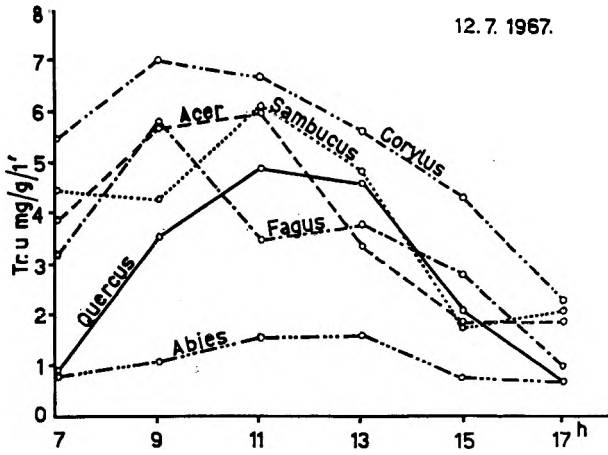


Sl. 11.

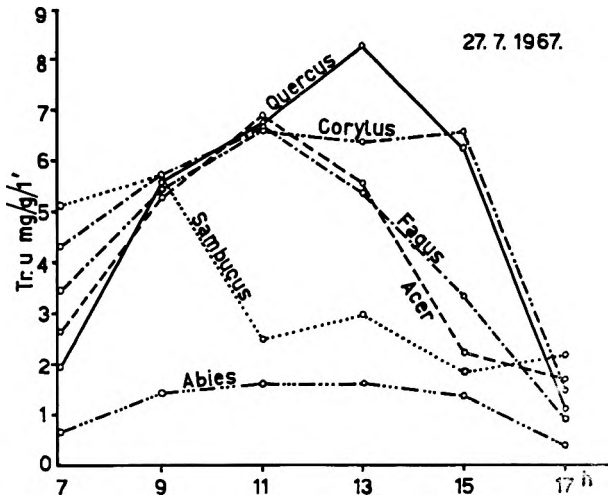


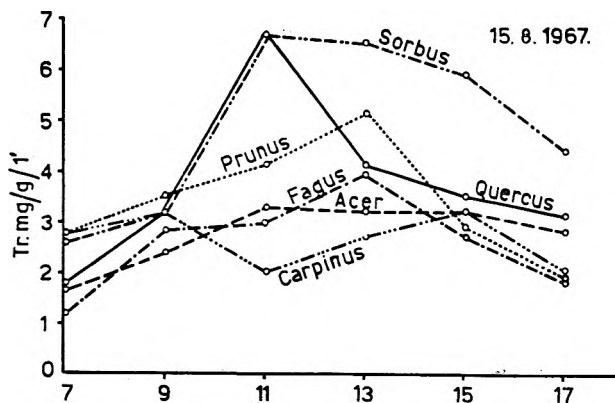
Sl. 12.

Sl. 13.

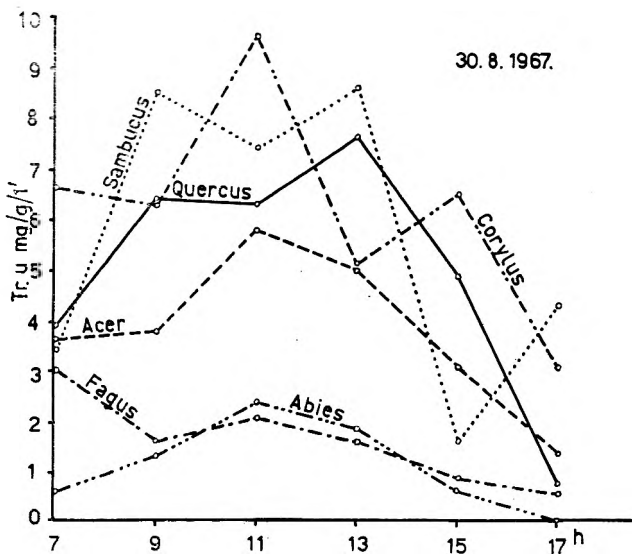


Sl. 14.



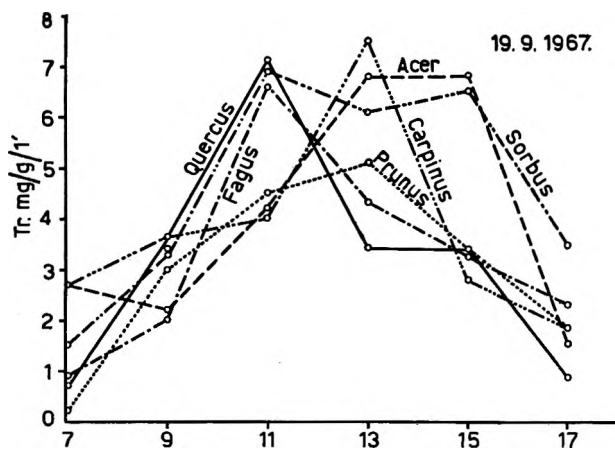


Sl. 15.

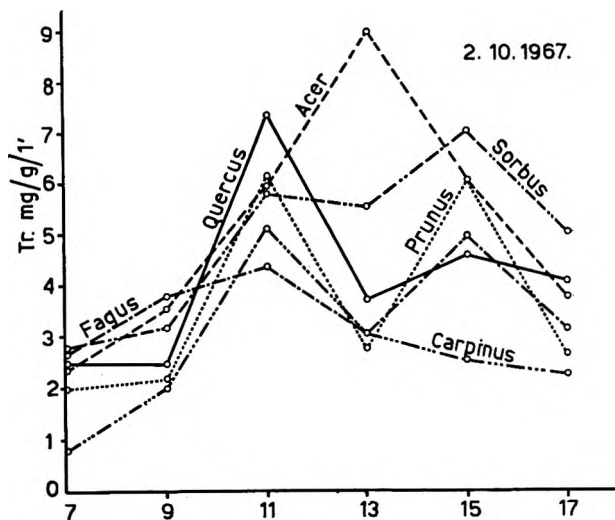


Sl. 16.

Sl. 17.



Sl. 18.



Ako poredimo srednje dnevne sume transpiracije izražene u gramima istranspirirane vode na gram svježe tvari lišća za čitavu sezonu, dolazimo do zaključka, da u globalnoj veličini transpiracije u 1967. godini i nije bilo većih razlika na Zagrebačkoj gori i u Zelengaju. Tako su se dnevne sume transpiracije kretale na Zagrebačkoj gori od 1,77 g/g (*Fagus silvatica*) do 3,20 g/g (*Corylus avellana*), a u Zelengaju od 1,56 (*Fagus silvatica*) do 3,47 g/g (*Sorbus torminalis*).

Navedena činjenica još je uočljivija ako poredimo srednje dnevne sume transpiracije istih specijesa kao što su *Quercus petraea*, *Fagus silvatica* i *Carpinus betulus* na oba staništa:

	Dnevna suma Tr u g/g/10 sati	
	Zagrebačka gora	Zelengaj
<i>Fagus silvatica</i>	1,77	1,56
<i>Quercus petraea</i>	2,25	2,32
<i>Carpinus betulus</i>	2,10	1,78

Kao što vidimo, kod bukve i graba bila je srednja dnevna suma Tr, za cijelu sezonu, nešto veća na Zagrebačkoj gori nego u Zelengaju, a kod hrasta kitnjaka u Zelengaju malo veća nego na Puntijarki.

Poređenje ovih triju specijesa dozvoljava zaključak da je transpiraciona sposobnost biljaka u prvom redu genetski uvjetovana.

Razumljivo je, naravno, da unutar granica postavljenih genetskim faktorima razlike u transpiraciji mogu biti u znatnoj mjeri uvjetovane i vanjskim fizikalnim, kao i fiziološkim faktorima. To se lijepo vidi ako prosljedimo ritam transpiracije istih specijesa na različitim staništima, i to kako dnevni tako i sezonski.

Kod svih vrsta specijesa primjećuje se izvjestan periodicitet u dnevnom, ali i sezonskom hodu transpiracije. Vrijednosti Tr postizavaju ponajčešće neki dnevni maksimum, nakon čega se intenzitet Tr smanjuje, da bi pod kraj dana pale, ako ne na minimum a ono svakako na prilično nizak nivo. Sličan periodicitet može se zabilježiti i u sezonskom hodu transpiracije, što se lijepo vidi po srednjim dnevnim vrijednostima ili po dnevnoj sumi transpiracije u pojedinim mjesecima. Od proljeća te vrijednosti obično rastu, da bi ljeti postigle maksimum, a zatim se polagano smanjuju te su u jesen obično najmanje.

Odnosi Tr-vrijednosti, napose maksimalne i minimalne, postignute na oba staništa, vide se lijepo iz pregledne tabele (tab. 20). Vidimo da je maksimalna vrijednost Tr od 12,8 mg/g/l' postignuta od strane vrste *Sorbus torminalis* u Zelengaju. Maksimalna vrijednost Tr postignuta 1967. na Zagrebačkoj gori iznosila je 9,8 (*Carpinus betulus*).

Zanimljivo je da su maksimalne i minimalne vrijednosti Tr zabilježene na Zagrebačkoj gori i u Zelengaju bile kod bukve (*Fagus silvatica*) malne podjednake, kod hrasta kitnjaka (*Quercus petraea*) maksimalne vrijednosti veće u Zelengaju (10,3 mg/g/l') nego na Puntijarki (8,5 mg/g/l'), a kod graba (*Carpinus betulus*) na Puntijarki nešto veće (9,8) nego u Zelengaju (8,8).

Razlike postoje u dnevnom i sezonskom hodu transpiracije na Puntijarki s jedne i u Zelengaju s druge strane. One su uvjetovane uglavnom razlikama u intenzitetu fizikalnih faktora u toku dana, ali i sezone.

**PREGLED VAŽNIJIH VRIJEDNOSTI TRANSPIRACIJE (Tr)
ÜBERSICHT DER WICHTIGEREN TRANSPIRATIONSWERTE**

SPECIES	Maksimalne vrijednosti Tr Maximale Tr-Werte (mg/g/1')	Minimalne vrijednosti Tr Minimale Tr-Werte (mg/g/1')	Maksimalne srednje dnevne vrijednosti Tr Maximale tägliche Mittelwerte der Tr (mg/g/1')	Minimalne srednje dnevne vrijednosti Tr Minimale tägliche Mittelwerte der Tr (mg/g/1')	Srednje dnevne vrijednosti Tr Tägliche Mittelwerte der Tr (mg/g/1')	Dnevna suma Tr u relativnim brojevima Tagessumme d. Transpiration (g/g)	Tr u relativnim brojevima Relative Tr-Werte	
Zagrebačka gora	Abies alba	2,4 30.VIII	0,0 19.IX	1,30 15.VIII	0,30 19.IX	0,58	18,1	
	Fagus sylvatica	6,7 27.VII	0,5 19.IX	4,38 27.VII	1,63 30.VIII	1,77	55,3	
	Acer pseudoplatanus	6,9 27.VII	1,2 23.V	4,06 27.VII	3,00 2.X	2,11	65,6	
	Carpinus betulus	9,8 30.VIII	0,2 19.IX	4,91 30.VIII	2,31 27.VII	3,50	65,6	
	Quercus petraea	8,5 15.VIII	0,3 19.IX	5,05 15.VIII	2,57 2.X	3,75	70,3	
	Sambucus racemosa	8,6 30.VIII	1,1 23.V	5,83 30.VIII	3,01 19.IX	3,99	240	75,9
	Fraxinus excelsior	9,4 27.VII	0,7 19.IX	6,70 27.VII	3,47 2.X	4,65	2,78	86,8
	Corylus avellana	9,6 30.VIII	1,5 27.VII	6,20 30.VIII	4,46 19.IX	5,33	3,20	100,0
	Zelengaj	Fagus sylvatica	6,6 19.IX	0,4 27.VII	3,70 2.X	1,65 30.VIII	1,56	44,9
		Lonicera caprifolium	8,0 30.VIII	0,0 30.VIII	3,85 27.VII	2,01 19.IX	1,68	48,4
Carpinus betulus		8,8 8.VI	0,6 13.V	3,75 19.IX	2,28 28.VI	2,98	1,79	51,6
Prunus avium		7,7 8.VI	0,2 19.IX	4,40 12.VII	2,60 30.VIII	3,55	2,13	61,4
Quercus petraea		10,3 12.VII	0,7 19.IX	5,60 12.VII	2,21 20.VIII	3,87	2,32	66,8
Acer campestre		10,4 23.V	1,1 27.VII	5,15 2.X	2,76 27.VII	3,97	2,38	68,5
Fraxinus ornus		11,0 27.VII	1,3 2.X	7,91 27.VII	3,63 2.X	5,25	3,15	90,8
Sorbus torminalis		12,8 12.VII	1,5 19.IX	9,05 12.VII	4,63 19.IX	5,79	3,47	100,0

Depresije u transpiraciji uvjetovane su u Zelengaju sušom tla, koja se pojavljuje naročito u drugoj polovici vegetacijske periode, pa i dana. Depresije u transpiraciji nastaju u Zagrebačkoj gori uslijed zasićenosti zraka vodenim parama, niskih temperatura itd. U drugu ruku jača transpiracija na Zagrebačkoj gori može biti uvjetovana inverzijom klimatskih prilika, naročito temperature i zasićenosti zraka vodenim parama, posebno u ranim jutarnjim satima, kada je vegetacija na Puntijarki obasjana sunčanim zrakama, dok je u Zelengaju zavijena u maglu. To se lijepo vidi i po nekim vrijednostima Tr zabilježenim u rane jutarnje sate. Kao primjer neka posluži *Quercus petraea*. Polovinom kolovoza (15. VIII) ovaj je fanerofit istranspirirao

	na Puntijarki	u Zelengaju
u 7 sati	6,2 mg/g/l'	1,8 mg/g/l'
u 9 sati	4,7	3,2

Slično je hrast istranspirirao 30. VIII u 7, resp. 9 sati

na Puntijarki	3,9 odn. 6,4 mg/g/l'
u Zelengaju	1,3 odn. 1,6 mg/g/l'

Očigledno je da je intenzitet transpiracije bio u ovim slučajevima u ranim jutarnjim satima znatno veći na Zagrebačkoj gori nego u Zelengaju.

Valja napomenuti da dani na koje je transpiracija mjerena u toku 1967. godine nisu bili previše topli ni potpuno vedri, pa stoga vjerovatno i nisu zabilježeni maksimumi transpiracije, koji bi se dali očekivati za potpuno vedrih i sunčanih dana.

Kada bi intenzitet transpiracije pokušali klasificirati po ljestvici koju je dao Gračanin u prvom djelu ovog rada, onda bi se kod 6 speciosa Zelengaja taj intenzitet mogao označiti kao nizak, a kod 2 osrednji, dok bi na Zagrebačkoj gori bio kod 5 vrsta nizak, kod jedne veoma nizak, a kod dvije osrednji.

Napokon bismo spomenuli da dominantne vrste zajednica, tj. *Abies alba* i *Fagus silvatica* na Zagrebačkoj gori i *Quercus petraea* i *Carpinus betulus* u Zelengaju, istranspiriraju znatno manje vode od ostalih pokusnih vrsta, koje smo u tim zajednicama istraživali.

Literatura — Schrifttum

- Burger, H., 1939: Holz, Blattmenge und zuwachs. IV. Mitteil. Ein 80 jähriger Buchenbestand. Mitteil. d. Schweiz. Anstalt für das forstl. Versuchswesen. 21, 2, 307—348.
- Gračanin, M., 1947: Tipovi šumskih tala Hrvatske. I. Tla šuma Querceto-Carpinetum croaticum i Querceto-Castanetum croaticum. Glasn. za šum. pok. 9, 95—119, Zagreb.
- Gračanin, M., 1950: Mjesečni kišni faktori i njihovo značenje u podoločkim istraživanjima. Poljopriv. znanstv. smotra 12, 51—67, Zagreb.

- Gračanin, M.*, 1951: Pedologija. III Sistematika tala. Zagreb.
- Gračanin, M.*, 1966: Prilog poznavanju veličine i dnevnog hoda transpiracije nekih fanerofita Zagreba i Zagrebačke gore. *Acta bot. Croat.* 25, 7—20.
- Gračanin, M.* i *Lj. Grupče*, 1964: Veličina i hod transpiracije nekih specijesa u prirodnim uvjetima botaničke bašče na Gazibabi (Skopje). *Acta Musei Macedonici Scientiarum Naturalium*, 9, 5, 75—120.
- Horvat, I.*, 1962: Vegetacija planina zapadne Hrvatske. *Prirodosl. istraživ. knj.* 30, *Acta biol.* II. Zagreb.
- Horvat, I.*, 1938: Biljnosociološka istraživanja šuma u Hrvatskoj. *Glasnik za šumske pok.* 6, 127—279, Zagreb.
- Horvat, I.*, 1949: Nauka o biljnim zajednicama. Zagreb.
- Horvat, I.*, 1963: Šumske zajednice Jugoslavije. *Šumarska enciklopedija* 560—590, Zagreb.
- Kirigin, B.*, 1963: Prikaz klimatskih prilika planine Medvednice. Rasprave i prikazi Hidrometeorološkog zavoda SRH, 9, Zagreb.
- Pisek, A.* u. *E. Cartellieri*, 1939: Zur Kenntnis des Wasserhaushaltes der Pflanze. IV. Bäume und Sträucher. *Jahrb. f. wiss. Bot.* 88, 22—68.
- Polster, H.*, 1950: Die physiologischen Grundlagen der Stofzerzeugung im Walde. München.
- Steubing, L.* u. *O. Wilmanns*, 1962: Wasserhaushaltuntersuchungen in Rasengesellschaften des kroatischen Karstgebietes. *Zeitschr. f. Bot.* 50, 34—51.
- Stocker, O.*, 1929: Eine Feldmethode zur Bestimmung der momentanen Transpiration und Evaporationsgrösse. *Ber. d. Deutsch. Bot. Ges.* 47, 126—131.
- Stocker, O.*, 1956: Messmethoden der Transpiration. *Handb. d. Pflanzenphysiologie* III, 293—331.

ZUSAMMENFASSUNG

ÜBER DIE GRÖSSE UND DEN GANG DER TRANSPIRATION EINIGER PHANERO-PHYTEN DER WALDGESELLSCHAFTEN VON ZAGREB UND ZAGREBAČKA GORA

*Mihovil Gračanin, Ljudevit Ilijančić, Valentina Gaži-Baskova
und Nada Hulina*

(Aus dem Botanischen Institut der Universität Zagreb)

Nachdem die ersten Untersuchungen über den Tagesgang der Transpiration einiger Phanerophyten von Zagreb und Zagrebačka gora von Seite des ersten Verfassers im Jahre 1962. durchgeführt wurden (*Gračanin*, 1966) unternahmen wir im 1967. systematische Forschungen über die Grösse sowie den Tages- und Jahresgang der Transpiration einiger Baumarten im Bereiche von *Fagetum silvaticae croaticum abietetosum* Horv. in Zagrebačka gora und im *Querco-Carpinetum croaticum* Horv. auf zagreber dilluvialer Terrasse. Die Forschungen verfolgten den Zweck eine tiefere Einsicht in die Grösse und Schwankungen der Transpiration von Baumarten zweier vertikaler Vegetationszonen eines kleinen geographischen Gebietes zu bekommen. Indem unsere Versuchsfläche in Zagrebačka gora in einer Höhe von ca 960 m liegt. befindet sich diejenige von Zagreb etwa 157 m ü. M. Es bestehen auch klimatische und bodenkundliche Unterschiede zwischen diesen Lokalitäten. Das Klima von Zagrebačka gora ist humid bis perhumid, die Jahresniederschläge betragen ca 1230 mm und mittlere Jahrestemperatur 6,6 °C. Das Klima von Zagreb ist humid und mässig warm; die Jahresniederschläge schwanken um 900 mm und die mittlere Jahrestemperatur beträgt etwa 11,8 °C (Tab. 1).

In bodenkundlicher Hinsicht gehören die Böden von Zagrebačka gora zu den humosen, saueren, skelettoiden Gebirgsböden, während für die Lokalität von Zagreb die dilluvialen, mässig podsolierten Böden kennzeichnend sind. Beide Bodentypen sind stark antropomorphisiert da sie dem Rekreationsgebiet von Stadt Zagreb angehören.

An beiden Lokalitäten wurden je 8 Phanerophytenarten untersucht und zwar:

In <i>Fagetum silvaticae abietetosum</i>	In <i>Quercu-Carpinetum croaticum erythronietosum</i>
Zagrebačka gora, Puntijarka	Zagreb, Zelengaj
<i>Abies alba</i>	<i>Prunus avium</i>
<i>Corylus avellana</i>	<i>Sorbus torminalis</i>
<i>Sambucus racemosa</i>	<i>Lonicera caprifolium</i>
<i>Acer pseudoplatanus</i>	<i>Acer campestre</i>
<i>Fraxinus excelsior</i>	<i>Fraxinus ornus</i>
<i>Fagus silvatica</i>	<i>Fagus silvatica</i>
<i>Quercus petraea</i>	<i>Quercus petraea</i>
<i>Carpinus betulus</i>	<i>Carpinus betulus</i>

Drei von den untersuchten Pflanzenarten sind gemeinsam für beide Lokalitätē.

Die Untersuchungen beziehen sich sowohl auf den Tages- und Jahresgang der Transpiration als auch auf die Stomatanzustand, Wasserdefizit der Blätter, relative Luftfeuchtigkeit, Luft- und Bodentemperatur, Lichtintensität usw.

In diesem ersten Teil unserer Mitteilungen werden nur der Gang und die Grösse der Transpiration besprochen.

Die Messungen der Transpiration (Tr) wurden nach der Momentanmethode von Stocker (1929) mittels der Hartmann-Braun'schen Torsionswaage ausgeführt. Sie dauerten von 23. Mai 1967. in Zagrebačka gora bzw. von 13. Mai in Zagreb (Zelengaj) bis 2. Oktober 1967. Die Transpirationswerte wurden an beiden Lokalitäten simultan von 7 bis 17 Uhr jede zwei Stunden bestimmt.

Die Untersuchungsergebnisse sind in der Tabellen 4—20 zusammengestellt. Wir werden hier nur die wichtigsten Resultate dieser Forschungen zusammenfassen.

Von den acht Phanerophyten der Zagrebačka gora zeichnete sich *Corylus avellana* durch die höchste und *Abies alba* durch die niedrigste Transpirationswerte aus. Die Unterschiede in der Transpirationsgrösse einzelner Arten sind aus der hier angeführten mittleren Werten der Tagessumme der Transpiration leicht zu entnehmen:

	Tr in g H ₂ O/g Frgew.	Tr in relat. Werten
<i>Abies alba</i>	0.58	18,1
<i>Fagus silvatica</i>	1.77	55,3
<i>Carpinus betulus</i>	2.10	65,6
<i>Acer pseudoplatanus</i>	2.11	65,6
<i>Quercus petraea</i>	2.25	70,3
<i>Sambucus racemosa</i>	2.40	75,9
<i>Fraxinus excelsior</i>	2.78	86,8
<i>Corylus avellana</i>	3,20	100,0

Man bekommt diese Reihe wenn die Arten nach den steigenden Werten der mittleren Tagessummen der Transpiration, bezogen auf die Frischgewichteinheit ihrer Blätter, angereicht werden. Man sieht dass *Fagus sylvatica* von allen untersuchten Latifolien das niedrigste Transpirationsvermögen aufweist.

Eine andere Reihenfolge wird allerdings erhalten werden wenn die Arten nach der Totaltranspiration, bezogen auf die Einheit der Bodenfläche, klassifiziert werden. Selbst die Tanne, die pro Einheit des Nadelfrischgewichtes die niedrigsten Tr-Werte aufweist, zeichnet sich durch ziemlich hohe Totaltranspiration, weil das Gewicht ihrer Nadeln pro Bodenflächeneinheit oft mehrmals grösser ist als der Blattmasse vieler Laubbäume. Einige Angaben über die totale Transpiration wurden auf Grund der Bestimmung des Nadel- bzw. Laubgewichtes einiger Versuchsarten berechnet und im kroatischen Text angeführt.

Die minimalen und maximalen Tageswerte der Transpiration einzelner Arten sind aus den Tabellen 4—11 ersichtlich.

Auf der Lokalität Zagreb (Zelengaj) zeichnete sich durch das höchste Transpirationsvermögen *Sorbus torminalis* und durch niedrigstes *Fagus sylvatica*. Die quantitativen Transpirationsunterschiede einzelner Versuchsarten sind aus folgenden mittleren Tagessummen der Transpiration zu erfassen:

	Tr in g H ₂ O/g Frgew.	Tr in relat. Werten
<i>Fagus sylvatica</i>	1,56	44,9
<i>Lonicera caprifolium</i>	1,68	48,4
<i>Carpinus betulus</i>	1,79	51,6
<i>Prunus avium</i>	2,13	61,4
<i>Quercus petraea</i>	2,32	66,8
<i>Acer campestre</i>	2,38	75,1
<i>Fraxinus ornus</i>	3,15	90,8
<i>Sorbus torminalis</i>	3,47	100,0

Der Tages- und Jahresgang der Transpiration dieser Versuchspflanzen sind in den Tabellen 12—19 zusammengestellt.

Ein Vergleich der Transpirationswerte beider Lokalität führt vor allem zu interessantem Ergebnis dass in den globalen Transpirationsgrössen keine bedeutendere Unterschiede zu verzeichnen sind. Die Tagessummen der Transpiration schwanken bei den Laubbäumen von Zagrebačka gora zwischen 1,77 und 3,20 g/g und bei denjenigen von Zelengaj zwischen 1,56 und 3,47 g/g. Dies trotz der Tatsache dass es sich um ein Höhenunterschied von ca 700 m handelt. Ein Vergleich der Tagessummen der Transpiration gleicher Baumarten beider Lokalität weist noch überzeugender auf die erwähnte Feststellung hin:

	Mittlere Tagessumme der Tr in g/g	
	Zagrebačka gora	Zelengaj
<i>Fagus sylvatica</i>	1,77	1,56
<i>Quercus petraea</i>	2,25	2,32
<i>Carpinus betulus</i>	2,10	1,79

Wir glauben schliessen zu dürfen dass das Transpirationsvermögen einzelner Phanerophytenarten vor allem genetisch bedingt ist.

In den genetisch gegebenen Grenzen der Transpiration kommen zur Auswirkung die physiologischen Eigenschaften und physikalischen Faktoren des Standortes. Das bezeugen verschiedene Schwankungen der Tages- und Jahresgänge der Transpiration einzelner Baumarten.

Bei allen untersuchten Arten ist eine gewisse Periodizität des Tagesganges der Tr in dem Sinne bemerkbar, dass im Laufe des Tages die Transpiration ein gewisses Maximum erreicht, wonach ihre Intensität absinkt und gegen späten Nachmittag recht niedrige Werte erweist. Auch eine Periodizität des Jahresganges der Tr ist bemerkbar. Vom Frühling wachsen in der Regel die Transpirationswerte gegen Sommermitte, sinken dann allmählich um im Herbst die niedrigen Werte zu erreichen.

Die Tabelle 20 bringt ein Vergleich der minimalen und maximalen Tr-Werten die an beiden Lokalitäten verzeichnet wurden. Der maximale Tr-Wert von 12,8 mg/g/l' wurde in Zelengaj bei *Sorbus torminalis*, und in Zagrebačka gora von 9,8 mg/g/l' bei *Carpinus betulus* festgestellt. Die maximalen und minimalen Tr-Werte von *Fagus sylvatica* stimmen an beiden Lokalitäten ziemlich gut überein. *Quercus petraea* erreichte eine maximale Wasserabgabe von 10,3 in Zelengaj und 8,5 mg/g/l' in Zagrebačka gora, während der maximale Tr-Wert bei *Carpinus betulus* in Zelengaj 8,8 und in Zagrebačka gora 9,8 mg/g/l' betrug.

Es bestehen jedoch die Unterschiede in dem Tages- und Jahresgang der Transpiration an beiden Lokalitäten die vornehmlich der ungleichen Intensität einzelner physikalischen Faktoren zuzuschreiben ist.

Für gewisse Depressionen in der Transpiration im Zelengaj ist die Bodentrockenheit besonders in der zweiten Sommerhälfte, und im Laufe einzelner Tage, oder auch Wassermangel der Blätter, in hohem Masse verantwortlich. Die Senkungen der Transpiration in Zagrebačka gora sind manchmal durch die hohe Luftfeuchtigkeit und niedrige Temperaturen bedingt. Die Unterschiede in der Transpirationsgrösse können auch durch die Inversion der klimatischen Verhältnisse erklärt werden. In frühen Morgenstunden ist die Vegetation von Zagrebačka gora nicht selten von Sonnenstrahlen belichtet während diejenige in Zelengaj vom Nebel bedeckt ist. Diese Unterschiede in klimatischen Verhältnissen widerspiegeln sich manchmal sehr stark in den gemessenen Tr-Werten, wie aus folgenden Zahlen (für *Quercus petraea*) klar zu sehen ist:

Datum	Tageszeit	Zagrebačka gora	Zelengaj
15. 8.	7h	6,2 mg/g/l'	1,8 mg/g/l'
	9h	4,7	3,2
30. 8.	7h	3,9	1,3
	9h	6,4	1,6

Nach einem Vorschlag von Gračanin wurde die Transpirationsintensität nach den mittleren Tagessummen der Tr (in g/g) folgendermassen klassifiziert:

Tr g/g	Transpirationintensität
< 1,0	sehr niedrig
1,0 — 2,5	niedrig
2,5 — 5,0	mässig
5,0 — 8,0	hoch
> 8,0	sehr hoch

Im Einklang mit dieser Klassifikationsschema gehören je zwei Arten beider Lokalität (*Corylus avellana*, *Fraxinus excelsior*, *Fraxinus ornus* und *Sorbus torminalis*) in die Baumartengruppe mit »mässiger« und *Abies alba* in die Gruppe mit »sehr niedrige« Transpirationsintensität; alle andere Arten sind durch »niedrige« Transpiration gekennzeichnet.

Die Möglichkeit unsere Transpirationswerte mit denjenigen anderer Autoren zu vergleichen ist ziemlich begrenzt da die Tr-Werte unter recht verschiedenen klimatischen, zeitlichen und anderen ökologischen Umständen gemessen wurden. Vielleicht ist interessant zu erwähnen die Transpirationswerte die für zwei Baumarten (*Quercus* und *Fagus*) von Pisek und Cartellieri, Polster und Gračanin-Ilijanić erhalten wurden (siehe Seite 117). Die mittleren Tagessummen der Tr, berechnet für die Ganze Vegetationsperiode von 23. Mai bis 2. Oktober 1967. waren in unseren Untersuchungen bedeutend niedriger als bei ersten drei Autoren; das betrifft besonders der Eiche. Es ist aber zu bemerken dass in unseren Untersuchungen *Quercus petraea* und bei Polster *Quercus robur* als Versuchsobjekt gedient haben.

In einer anderer Arbeit werden die Ergebnisse unserer Untersuchungen über das Verhältnis zwischen den Transpirationsgrössen und dem Stomatazustand, bzw. auch anderen Faktoren zusammengefasst.