

A BÜKK-FENNSÍK ERDŐSÜLT ÉS FÜVES DOLINÁINAK MIKROKLIMÁJA

Dr. FUTÓ JÓZSEF

A Bükk-hegység dolináinak szélsőséges mikroklímájáról sok tanulmány jelent meg az utóbbi időben. Az ide vonatkozó kutatások egyértelműen állapítják meg, hogy sugárzásos helyzetben a hajnali órák szélsőségesen alacsony és a délutáni órák szélsőségesen magas hőmérsékletét a dolinák jellegzetes formája okozza. Az üstalakú mélyedésbe naplemente után befolyik a hideg levegő, s ez derült éjszakákon, a kisugárzás folytán még tovább hül. Csakis ezért lehetséges, hogy a Nagymező dolináiban a nyár bármelyik napján a hajnali órákban 0° alá szállhat a hőmérséklet. Nappal viszont az erős besugárzás hatására a levegő felmelegszik. Ha nincs szél és hiányzik a keverő hatás, délutánra a környezeténél $5-6^{\circ}\text{C}$ -szal is melegebb lehet a dolina fenekén. Ezeket a megállapításokat rendszerint szórfügyeppel borított, erdőmentes dolinákban végzett mérésekre építették. Az igaz, hogy a Bükkben ilyen, erdőmentes dolinák vannak nagy többségben. Ezek a dolinák az erdőirtás eredményei. Joggal feltételezhető, hogy az extrém mikroklímájuk másodlagosan, az erdő kiirtása után jött létre. Hogy milyen klimatikus különbségek alakulhatnak ki sugárzásos helyzetben a füves és erdős dolinák között, erre vonatkozólag végeztünk méréseket 1964. nyarán, június 23–július 5-ig.

Két hasonló méretű dolinát választottunk ki. Az egyik a Nagymező északi részén, a Csipkés-kútra vezető dűlőút és a Jávorkútra vezető harmadrendű műút találkozásánál fekszik. A dolina teljes egészében szórfügyeppel van benőve, csak a déli és északkeleti peremén van fiatal, 10–12 éves fenyves. A dolina átlagosan 150 m átmérőjű és 17 m mélységű. A továbbiak során ez *Nagydolina* néven fog szerepelni (1. kép).

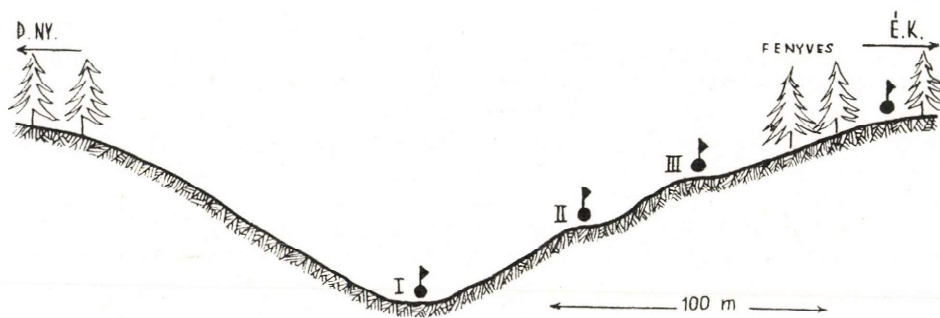
A másik dolina ettől mintegy 1,5 km távolságra északra van, ugyancsak a Csipkés-kútra vezető dűlőút mellett, de már Csipkés-kút közvetlen közelében. Ezt a dolinát teljesen benővi a kb. 60–80 éves elegyes erdő. Az uralkodó a fenyő, a lombkorona 90%-osan záródott úgy, hogy délben is csak $1-2\text{ m}^2$ nagyságú foltokra jut be a közvetlen napfény. De a direkt sugárzás is csak délelőtt 10 órától délután 1 óráig



1. kép
A Nagydolina (Gáspár Emil felvétele)

tud csak behatolni az erdő aljába. A továbbiak során ennek a dolinának *Huhogó* lesz a neve (2. kép).

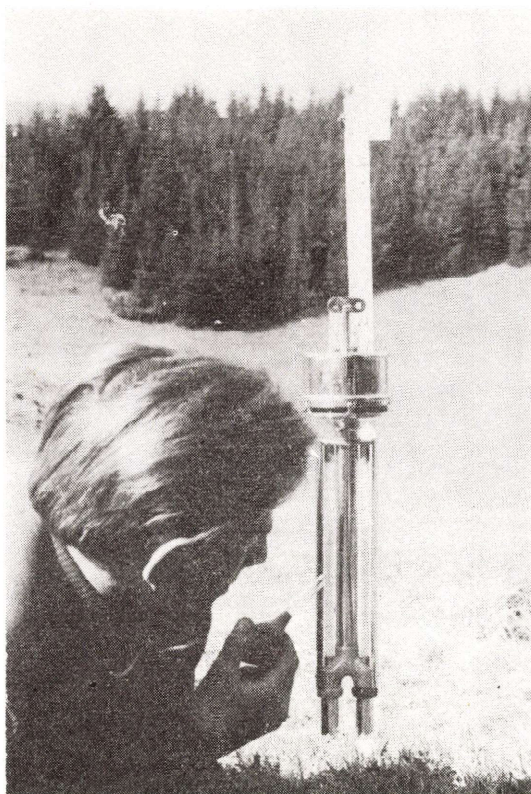
Vizsgálatainkat a következő módon végeztük: A füves dolinában (Nagydolina) három állomást állítottunk fel: a dolina alján (I.), az oldalán (II.) és a peremén (III.) (1. ábra). Ezeken kívül még a közeli fenyvesben és a távolabbi bükkösben is volt megfigyelő állomásunk. A Huhogóban — elsősorban műszerhiány miatt — csak egy állomásunk működött, mégpedig a dolina alján. Mindegyik állomás fel volt szerelve Assman-műszerrel, ezzel mértük a hőmérsékletet 0,05 és 1,5 m magasságban, valamint a relatív nedvesség-tartalmat (3. kép). Ugyanezekben a helyeken szélsébség-méréseket is végeztünk kézi kanalas szélsébség-



1. ábra
A Nagydolina ÉK—DNy irányú keresztmetszete a mikroklíma állomásokkal



2. kép
Mikroklíma-állomás a Huhogó alján
(Gallik Antal felvétele)



3. kép
Az Assman-műszer leolvasása
a Nagydolinában
(Gáspár Emil felvétele)

ség-mérővel. A Nagydolina I. állomásán és a Huhogóban a talajfelszínen és 10 cm mélységben is mértünk hőmérsékletet. Továbbá mindkét állomáson működött még termográf, és maximum- és minimumhőmérő is. A Nagydolina I. állomásán párolgásmérőt és harmatmérleget is felállítottunk. A leolvasásokat óránként végeztük. Ezért a megfigyelőket sátoztáborban helyeztük el. (4. kép).

A két dolina közötti összehasonlító méréseket 1964. július 1-től július 5-ig végeztük. A két első nap nemigen volt alkalmas a két dolina közötti mikroklíma-különbség észlelésére, mert egyrészt erős szél fújt, másrészt felhős volt az ég, és többször hullott jelentékeny mennyiségű csapadék is. A másik két nap már inkább kedvezett az ilyen jellegű méréseknek, mert többé-kevésbé sugárzásos helyzet alakult ki. Ezért a továbbiakban csak ennek a két napnak az adataival



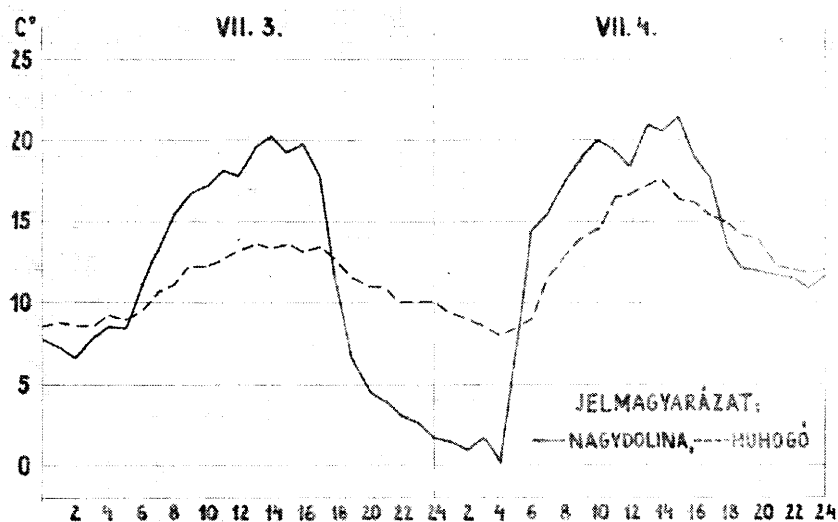
4. kép
Sátortáborunk a Vadaskert szélén levő bükkösben
(Gáspár Emil felvétele)

fogunk dolgozni (július 3.—4.) és csupán a Nagydolina I. állomásának és a Huhogónak levegőhőmérsékletére, talajhőmérsékletére és a levegő relatív nedvességtartalmára vonatkozó adatait emeljük ki.

Hőmérséklet

A Nagydolina I. és a Huhogó állomás óránkénti hőmérsékleti adatait a 2. ábra tünteti fel. A két dolina azonos helyén telepített állomás (a mindkét dolina alján 5 cm-re a talaj felszíne felett) menetgörbéi közötti különbség első pillanatra is nagyon szembetűnő. A Nagydolina napi hőmérsékleti görbéjének amplitudója a nagy napi hőmérséklet-ingásra utal. A Nagydolinában nappal különösen a déli órákban erősen egyenetlen a menetgörbe. Az egyenetlenség attól függ, hogy a leolvadás időszakában sütött-e a nap vagy éppen felhő takarta-e az eget. Még rövid ideig tartó borultság esetében is a menetgörbében jelentős visszaesések mutatkoznak. Pl. július 4-én 11 órától 12 óráig $1,2^{\circ}\text{C}$ -t csökkent a hőmérséklet, holott ez idő alatt éppen emelkednie kellett volna. Ugyanilyen egyenetlenséget mutat a menetgörbe éjjeli felhősültség idején is, amikor a hőcsökkenés helyett éppen hőemelkedés következett be. Július 4-én 2—3 óra között $0,8^{\circ}\text{C}$ -t emelkedett a hőmérséklet.

Még többet változik egy órán belül a hőmérséklet reggel és este. Különösen reggel lehet ugrásszerű a hőmérsékletemelkedés, amikor a besugárzás zavartalanul érvényesül. Ilyen esetben egy órán belül



2. ábra
A hőmérséklet napi menete a Nagydolinában és a Huhogóban 0,05 m magasságban

több fokot is emelkedhet a hőmérséklet. Pl. július 4-én 4–5 óra között 7 °C-t, 5–6 óra között pedig 7,6 °C-t emelkedett a hőmérséklet. Az esti órákban viszont rohamosan csökkent a hőmérséklet. Július 3-án 17–18 óra között 5,9 °C-t, 18–19 óra között pedig 5,1 °C-t csökkent a hőmérséklet. Ez a csökkenés azonnal meglassul, míhelyt a relatív nedvesség-tartalom eléri a 100 %-ot.

Az ábráról leolvasható, hogy a Nagydolinában a napi hőmérséklet-ingás sugárzásos helyzetben igen jelentős. Július 3-án ez az érték 18,4 °C-t, július 4-én pedig 21,4 °C-t tett ki. A 3-iki maximum 20,2 °C, a minimum pedig 1,8 °C volt. Július 4-én ezek az értékek a következőképpen alakultak: maximum 21,4 °C, a minimum 0,0 °C volt. A napi középhőmérséklet július 3-án 11,6 °C, 4-én pedig 13,0 °C volt.

A Huhogóban ugyanezen a napon a napi hőmérséklet-járás menetgörbéje összehasonlíthatatlanul lankásabb volt, mint a Nagydolinában. A nappali és éjjeli felhősültség okozta egyenetlenség ezen a menetgörbén alig észlelhető. Egyetlen egy óráköz sincs, amikor a menetgörbe ellenkező tendenciájú lenne, mint a napi normális hőmérsékleti menet. A Nagydolina erős hőmérsékleti visszaesései itt legfeljebb annyiban jelentkeznék, hogy a hőmérséklet emelkedő vagy süllyedő tendenciája 1–2 tized fokkal lassul a szomszédos órához képest.

A Nagydolinához viszonyítva a reggeli ugrásszerű hőmérséklet-

emelkedés és a délután hőmérséklet-csökkenés a Huhogóban nagyon meglassul, mert július 4-én 4–5 óra között mindössze 0,2 °C-t, 5–6 óra között pedig 0,8 °C-t emelkedett a hőmérséklet, tehát 2 óra alatt mindössze 1,0 °C-t. (Ugyanez idő alatt a Nagydolinában 14,6 °C volt a hőmérséklet emelkedése.) Július 3-án 17–18 óra között a Huhogóban 0,8 °C-t, 18–19 óra között pedig 0,9 °C-t csökkent a hőmérséklet, tehát 2 óra alatt 1,7 °C-t. (Ugyanezen 2 óra alatt a Nagydolinában 11,0 °C volt a hőmérséklet-csökkenés.)

Következésképpen a napi hőmérséklet-ingás a Huhogóban sokkal kisebb. Július 3-án 5,2 °C, július 4-én pedig 9,6 °C volt (a Nagydolina 18,4 °C és 21,4 °C-os értékeivel szemben). A minimum a Huhogóban 3-án 8,6 °C (a Nagydolinában 1,8 °C), a maximum pedig 13,8 °C (a Nagydolinában 20,2 °C) volt. Július 4-én ezek az értékek a következőképpen alakultak: Huhogóban a minimum 8,0 °C, a maximum pedig 17,6 °C (a Nagydolinában 0,0 °C és 21,4 °C).

A napi középhőmérsékletet a Huhogóban július 3-án 11,3 °C, július 4-én pedig 13,0 °C volt (a Nagydolinában 11,6 °C és 13,0 °C).

Mindent összevetve 0,05 m magasságban a két dolina napi középhőmérsékletei majdnem azonosak, mégis sugárzásos helyzetben a két hely klímája nagyon elütő egymástól. A Nagydolinában a napi hőmérsékletjárás két szakaszra, mégpedig egy besugárzásos és egy kisugárzásos szakaszra különíthető el. A besugárzásos szakaszban, tehát nappal a Nagydolinában a környezethez, vagy a távolabbi Huhogóhoz viszonyítva jóval magasabb, éjjel viszont jóval alacsonyabb a hőmérséklet. A két dolinában a két szakasz közötti különbséget számszerűleg próbáljuk kifejezni. 3-án reggel 7 órától este 18 óráig tartó időszakban (besugárzásos szakasz) és 3-án 19 órától 4-én 6 óráig tartó időben (kisugárzásos szakasz) középhőmérsékleteket számítottunk. Ezek az adatok a következők voltak. A Nagydolinában a besugárzásos szakasz középhőmérséklete 17,2 °C, a kisugárzásosé 3,1 °C volt. Ezzel szemben a Huhogó besugárzásos szakaszának a középhőmérséklete 12,7 °C, a kisugárzásosának pedig 9,7 °C volt.

Ezek az értékek a közel azonos napi középhőmérsékletű dolinákban meglepő nagy különbségeket mutattak. Nappal 4,5 °C-szal volt magasabb, éjjel pedig 6,6 °C-szal volt alacsonyabb a Nagydolinában az egyes szakaszok átlaghőmérséklete, mint a Huhogóban (5. kép).

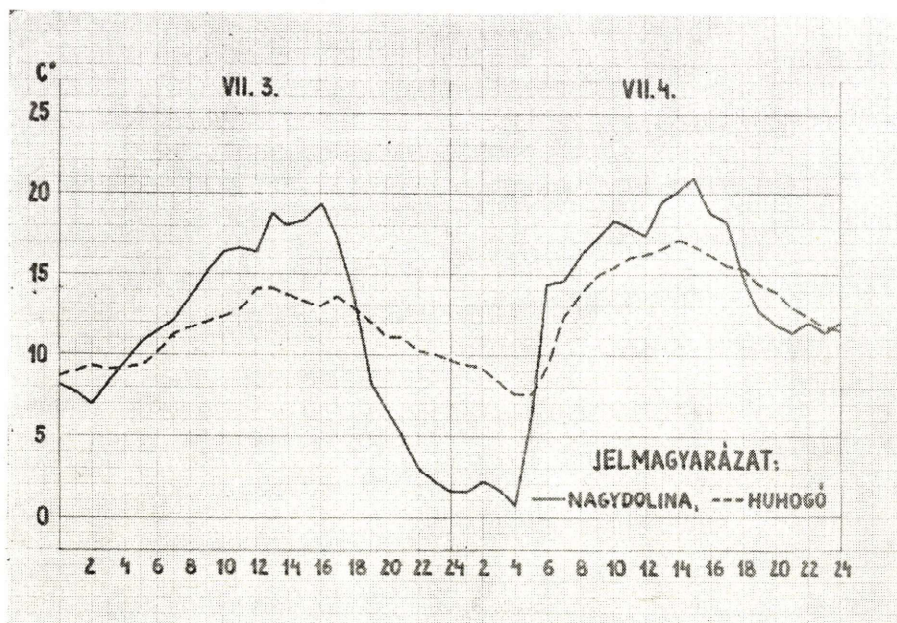
A két dolina összesített adatait 0,05 m magasságban az I. táblázat tünteti fel.

I. táblázat

Hely	Idő	Maximum °C	Minimum °C	Napi ingadozás °C	1 órára eső leg- magasabb hőváltozás °C	Napi közép- hőmér- séklet °C
Nagydolina	Júl. 3.	20,2	1,8	18,4	5,9	11,6
	Júl. 4.	21,4	0,0	21,4	7,6	13,0
Huhogó	Júl. 3.	13,8	8,6	5,2	1,4	11,3
	Júl. 4.	17,6	8,0	9,6	2,8	13,0



5. kép
Munkában a megfigyelők a Nagydolinában. (Gallik Antal felvétele)



3. ábra
A hőmérséklet napi menete a Nagydolinában és a Huhogóban 1,5 m magasságban

A vizsgált napokon 1,5 m magasságban a hőmérséklet napi menete hasonló a 0,05 m magasságban mértekkel (3. ábra). Az eltérések abban mutatkoznak, hogy a Nagydolinában lankásabb volt a napi menetgörbe. Alacsonyabb volt a maximum és magasabb a minimum, ennek megfelelően kisebb volt a napi hőmérsékletingás. A Huhogóban ezzel szemben nappal az egyik napon valamivel magasabb, a másik napon alacsonyabb a hőmérséklet maximuma, mint 0,05 m magasságban. A napi hőingás ebben a szintben néhány tized eltéréssel megegyezett a talajfelszíni adatokkal. Az 1,5 m-re vonatkozó adatokat a II. táblázat tünteti fel.

II. táblázat

Helv	Idő	Maximum °C	Minimum °C	Napi ingadozás °C	1 órára eső leg- magasabb hőváltozás °C	Napi közép- hőmér- séglet °C
Nagydolina	Júl. 3.	19,4	1,9	17,3	5,6	11,5
	Júl. 4.	21,2	0,4	20,8	7,6	12,5
Huhogó	Júl. 3.	14,2	9,0	5,2	1,4	11,3
	Júl. 4.	17,2	7,5	9,7	2,8	13,1

Talajhőmérséklet

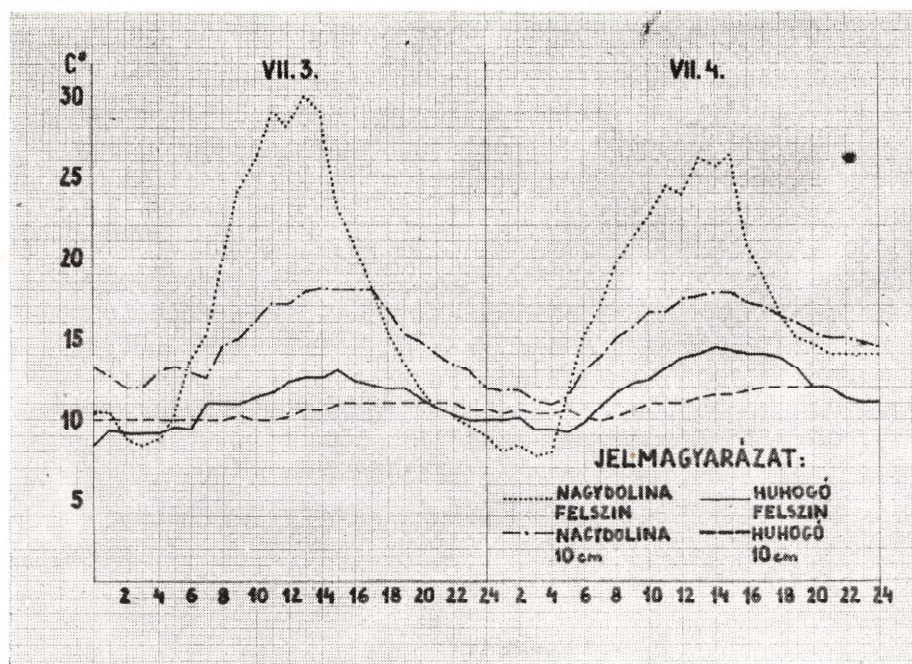
A talajhőmérsékletet mindkét dolinában a felszínen és 10 cm mélységben mértük. A talajhőmérsékleti adatokat a 4. ábra tünteti fel grafikusan.

A Nagydolinában a talajfelszínen különösen nagy a napi felmelegedés. Mindkét napon lényegesen magasabb hőmérsékleteket mértünk itt, mint 0,05 m magasságban a levegőben. 3-án pl. 9,8 °C-szal volt melegebb a talaj felszínén, mint az 0,05 m magasan. Éjjel meg sokkal kisebb volt a lehülés, mint a levegőben. Míg 4-én hajnali 4 órakor csak 8,4 °C volt a talaj felszínén a hőmérséklet, addig a levegőben 0,05 m magasan 0,0 °C-ig süllyedt. Az éjjeli gyengébb lehülés a nappal folyamán a talajban raktározódott melegmennyiség cseré-áramlásával magyarázható. A gyengébb éjszakai lehülés ellenére is a napi hőingadozás a talaj felszínén meghaladja a levegőben, 0,05 m-en észlelt hőingadozásokat. Az összesített adatot idevonatkozólag a III. táblázat mutatja.

III. táblázat

Helv	Idő	Maximum °C	Minimum °C	Napi ingadozás °C	1 órára eső leg- magasabb hőváltozás °C	Napi közép- hőmér- séglet °C
Nagydolina	Júl. 3.	30,0	9,0	21,0	5,8	17,4
	Júl. 4.	25,3	8,4	16,9	4,8	16,7
Huhogó	Júl. 3.	13,0	9,2	3,8	1,5	10,9
	Júl. 4.	14,3	9,2	5,1	1,2	11,9

A Huhogóban a talajban még kiegyenlítettebb a napi hőmérsékletjárás, mint a levegőben. Az ingás a talaj felszínén kisebb, mint a levegőben 0,05 m és 1,5 m magasságban.



4. ábra
A talajhőmérséklet napi menete a felszínen és 10 cm mélységben a Nagydolinában és a Huhogóban

A Nagydolinában a 10 cm-es talajsztinten még erősen érezhető a levegő hőmérsékletének napi járása. Bizonyítja ezt az első napi 6 °C-os és a második napi 6,8 °C-os hőmérsékletingás. A minimumok a talaj felszínéhez viszonyítva csak 1 óra késéssel jelentkeznek, a maximumok pedig ebben a mélységben 2–3 óra késéssel követik a levegő hőmérsékleti maximumait.

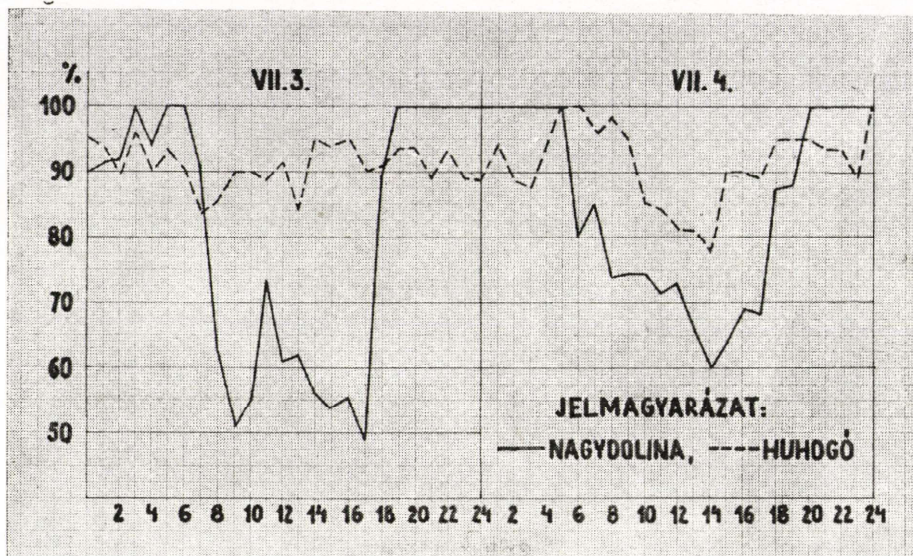
Míg a Nagydolinában tetemes a napi hőingás a 10 cm-es szintben is, addig a Huhogóban ez az ingás is 1–2 °C-ra csökken. A maximumok és minimumok bekövetkezését a szomszédos órák azonos hőmérsékleti adatai miatt nem lehet pontosan megállapítani. A 10 cm-es talajhőmérsékletű adatok összesítését a IV. táblázat tartalmazza.

IV. táblázat

Helv	Idő	Maximum °C	Minimum °C	Napi ingadozás °C	1 órára eső legmagasabb hőváltozás °C	Napi közép-hőmérséklet °C
Nagydolina	Júl. 3.	18,0	12,0	6,0	1,6	13,6
	Júl. 4.	17,8	11,0	6,8	1,2	14,9
Huhogó	Júl. 3.	11,0	10,0	1,0	0,5	10,4
	Júl. 4.	12,0	10,0	2,0	0,6	11,1

A levegő relatív nedvességtartalma

Köztudomású, hogy a relatív nedvességtartalom általában fordított járású, mint a hőmérséklet. A nappali magas hőmérséklethez alacsony relatív nedvességtartalom, az éjjeli alacsony hőmérséklethez viszont 100 %-os vagy ahhoz nagyon közeli értékek tartoznak. Ezt az általános szabályt erősíti a Nagydolina grafikonja (5. ábra), amelyről



5. ábra
A levegő relatív nedvességtartalmának napi menete 0,05 m-en a Nagydolinában és a Huhogóban

leolvasható, hogy az éjjeli órákban 3-án 19 órától 4-én reggel 5 óráig, tehát 10 óra hosszat egyfolytában 100 %-os volt a levegő relatív nedvességtartalma. Az erős besugárzás megindulásakor ugrásszerűen csökkent a levegő százalékos vízgőztartalma, majd délután ismét rohamosan emelkedett. 3-án reggel 7–8 óra között 90 %-ról 62 %-ra csökkent. Ezzel szemben ugyanaznap délutánján 17 és 18 óra között 49 %-ról 89 %-ra emelkedett, s a következő órában már elérte a 100 %-ot. A vizsgált 48 órából 19 alkalommal a relatív nedvességtartalom 100 %-os volt, míg 20 alkalommal alacsonyabb volt 80 %-nál.

A Huhogóban sokkal egyenletesebb a relatív nedvességtartalom napi járása is. 48 óra közül mindössze 3 olyan óra volt, amikor telített volt a levegő, de csak 1 órában csökkent 80 % alá a relatív nedvességtartalom.

Amilyen nagyok a különbségek a két dolina között a relatív nedvességtartalom napi járásban, ugyanolyan közel állnak egymáshoz a napi középértékek. A Nagydolinában az első nap 81 %, a második

napon 89 %, a Huhogóban ugyanezek a napokon 88, illetőleg 87 % volt a levegő relatív nedvességtartalma. Az összesített adatokat az V. táblázat tartalmazza.

V. táblázat

Hely	Idő	Maximum	Minimum	Napi ingadozás	1 órára eső legmagasabb hőváltozás	Napi közép-hőmérséklet
Nagydolina	Júl. 3.	100 ⁰ / ₀	49 ⁰ / ₀	51 ⁰ / ₀	30 ⁰ / ₀	81 ⁰ / ₀
	Júl. 4.	100 ⁰ / ₀	60 ⁰ / ₀	40 ⁰ / ₀	20 ⁰ / ₀	89 ⁰ / ₀
Huhogó	Júl. 3.	96 ⁰ / ₀	83 ⁰ / ₀	13 ⁰ / ₀	11 ⁰ / ₀	88 ⁰ / ₀
	Júl. 4.	100 ⁰ / ₀	78 ⁰ / ₀	22 ⁰ / ₀	13 ⁰ / ₀	87 ⁰ / ₀

Összegezve a mondottakat megállapíthatjuk, hogy sugárzásos helyzetben az erdős és füves dolina között a hőmérséklet napi középértékében sem 0,05 m, sem 1,5 m magasságban számottevő különbségeket nem észleltünk. Annál nagyobbak az eltérések a hőmérséklet napi menetét illetően. Míg a füves dolinában mindkét szinten egy ki- és egy besugárzásos szakaszt különböztethetünk meg a hőmérséklet napi járásában, addig ez a két szakasz az erdős dolinában jelentkezik ugyan, de nem válik el karakterisztikusan egymástól. Az erdősültség erősen tompítja a dolinák fagyzug jellegét.

A felszíni talajhőmérsékletben a két dolina között az ellentétek tovább növekednek, de a szélső értékek pozitív irányban tolódnak el,



6. kép
Jegyzőkönyvben rögzítjük az adatokat (Takács László felvétele)

a nappali maximumok a talaj erős felmelegedése, az éjszakai minimumok pedig a talajban fellépő csere-áramlások hatására.

A 10 cm-es mélységben erősen tompuló hőmérsékleti szélső értékekkel találkozunk. De a két dolina jellegzetes hőmérsékletjárása közötti különbség még itt is jól észlelhető.

A *relatív nedvességtartalom* értékek a fátlan dolina szélsőségeségére és az erdősült dolina kiegyenlített voltára utalnak.

Erdemes lett volna a két dolina összehasonlítására a többi időjárási elemet, a szél irányát és sebességét, a párolgást, a harmatképződést, a csapadékmennyiség és napsugárzástartam különbségeket is részletesen megfigyelnünk és elemeznünk. Ezek a munkák azonban műszerhiány miatt nem voltak elvégezhetőek.

A tanulmányban közölt és a jegyzőkönyveinkben rögzített, de itt nem tárgyalt adatok megközelítőleg sem elegendőek az erdősült és füves dolina mikroklímája közötti jelentős különbség teljes feltárására (6. kép). További hosszabb idejű, többirányú komplex mérések szükségesek ahhoz, hogy megközelítő pontos képet kapjunk e két nagyon érdekes mikrotér éghajlatáról. További tervünk a mérőállomás-hálózat kiszélesítése. Ebben a tanulmányban csak arra volt lehetőségünk, hogy a két dolina alján uralkodó viszonyokat összehasonlítsuk sugárzásos helyzetben.

I R O D A L O M

- Dobosi Z.: A függőleges hőáramok szerepe a léghőmérséklet napi menetének kialakulásában. *Időjárás*, 60. évf. 45—51. old. Bp, 1956.
- Dobosi Z.: Vizsgálatok a talajközeli légréteg szélsőséges hőmérsékleteiről. *Időjárás*, 64. évf. 164—170. old. Bp, 1960.
- Erdődi G.: A domborzat hatása a hőmérséklet alakulására a Tihanyi-félszigeten. *Időjárás*, 65. évf. 105—110. old. Bp, 1961.
- Erdődi G.: Hideg légtavak a Tihanyi-félszigeten. *Időjárás*, 65. évf. 345—351. old. Bp, 1961.
- Felméry L. Adatok a talajközeli légrétegek nedvességi viszonyaihoz. *Időjárás*, 67. évf. 368—372. old. Bp, 1963.
- Futó J.: Mikroklimatikus mérések a Nagymezőn. *Földrajzi Értesítő*, 11. évf. 487—498. old. Bp, 1962.
- Futó J.: Hőmérsékleti szélső értékek a Bükk-platón. *Egri Tanárképző Főiskola Tud. Közleményei*. II. kötet, 401—413. old. Eger, 1964.
- Kozma F.: A hőmérsékleti minimum felszín feletti kialakulásának feltétele és gyakorisága. *Időjárás*, 67. évf. 104—107. old. Bp, 1963.
- Kozma F.: Az éjszakai talajmenti hőmérséklet sugárzási típusáról. *Időjárás*, 64. évf. 235—238. old. Bp, 1960.
- Kozma F.—Szilágyi T.: A talajhőáramlás hatása a talajközeli légrétegek lehűtésére. *Időjárás*, 67. évf. 43—46. old. Bp, 1963.
- Láng S.: Hidrológiai és morfológiai tanulmányok a Bükkben. *Hidrológiai Közlöny*, 34. évf. Bp, 1954.
- Wagner R.: Mikroklimatérségek és térképezésük. *Földrajzi Közlemények*, 80. évf. Bp, 1956.
- Wagner R.: Der Tagesgang der Lufttemperatur einer Doline im Bükk-Gebirge. *Acta Climatologica*, Szeged, 1963.
- Wagner R.: A mikroklímák elrendeződése Hosszúbercen. *Orsz. Meteorológiai Int. Beszámoló*, 1955.
- Wagner R.: Az erdő klímájáról. *Időjárás*. 61. évf. 117—126. old. Bp, 1957.