

# SUGÁRZÁS ÉS HŐMÉRSÉKLET VIZSGÁLATOK AZ ÚJSZENTMARGITAI ERDŐBEN

NAGY LAJOS

KLTE Meteorológiai Intézete, Debrecen

Az erdő mint a legnagyobb méretű biomassza, a környezetére tetemes hatást gyakorol, főleg az alatta levő talajra, és a felette levő levegőre. Emiatt maga az erdő tömege, kora, fajtája, fejlődési ritmusa, lombos és lombtalan állapota következtében sajátos mikroklimát hoz létre. A lombkorona zöld tömegének mennyiségétől, rétegenkénti megoszlásától függ pl., hogy a rövidhullámú sugárzási energiának a lombkorona hány százalékát abszorbeálja. A felfogott energiamennyiség kapcsolatban van az erdő egyes szintjeiben uralkodó hőmérsékleti viszonyok alakulásával.

Az újszentmargitai IBP mintaterületen a bioklimatológiai megfigyeléseket 1966 évben kezdtük el, együttműködve a vácrátóti Botanikai Kutató Intézettel. A megfigyeléseket 1970-ig expedíciószerűen, kizárólag a nyári időszakban végeztük. A teljes tenyészeti és nyugalmi időre a vizsgálati lehetőségek 1970-re teremtődtek meg azzal, hogy a vácrátóti Botanikai Kutató Intézet faházat állított fel a helyszínen, ahol a regisztráló műszereket elhelyezhettük.

A vizsgálatok központja az erdős sztyeperdő (*Galatell-Quercetum roboris* — továbbiakban erdő —), egy 60–70 m átmérőjű erdős sztyeprét (*Peucedano-Galatelletum punctati* — továbbiakban erdei tisztás —) és egy szikes pusztai legelő (*Achilleo-Festucetum pseudovinae* — továbbiakban legelő —). 1972-ben kapcsolunk be a vizsgálatokba egy szántóföldi lóherés területet. A mérési helyek megegyeznek a botanikai vizsgálatok helyeivel. A vizsgálatok célja a különböző növénytársulások hő- és vízháztartásának feltárása a teljes tenyészeti és nyugalmi időszakra.

## 1. Módszer és műszerek

Jelen tanulmányunkban csupán sugárzás és hőmérséklet alakulásáról nyújtunk szemelvényeket. A léghőmérsékletet, légnedvességet az erdőben felállított gúlán mértük a talaj feletti 0,2 m-től 18,0 m-ig (0,2, 0,5, 1,0, 2,0, 3,0, 12,0, 14,0, 16,0 m). Az erdei tisztáson és a legelőn 0,2 m-től 4,0 m-ig (0,2, 0,5, 1,0, 2,0). A talajhőmérsékletet mindhárom helyen 20 cm mélységig mértük (0, 5, 10, 15, 20 cm). A lég és talajhőmérséklet mérésére 100 Ohmos Pt

ellenálláshőmérőket alkalmaztunk többszínirókkal összekapcsolva. A sugárzás mérésére Kipp-féle solarimétereket használtunk, ugyancsak többszínirókkal összekapcsolva. A levegő nedvességtartalmát vizsgáljuk egyrészt Assmann-féle pszichrométerekkel, másrészt a Pt ellenálláshőmérőkkel kialakított August-féle pszichrométerekkel.

## 2. Vizsgálati eredmények

### 2.1. Lombnélküli állapot

A fák nyugalmi állapotában — a déli órákban — amikor a sugárzás talajra érkezését csak az ágak akadályozzák, a csökkentés mértéke a napsugárzásnál 43%, a fénynél 23%, a többi a talajra jut (1967. márc. 8.). Borult napokon a csökkenés mértéke nagyobb. 1968. február 6.: globálsugárzás 0,22, reflexió 0,03, a rövidhullámú mérleg 0,19 gcal/cm<sup>2</sup>min. Ennek a mennyiségnek csak 32%-a jut keresztül az ágak között, a többit az ágzóna abszorbeálja.

1967—1968. években hetenként végeztünk sugárzásméréseket az erdőben és környezetében. Az adatok birtokában figyelemmel kísérhettük a lombkorona időbeli gyarapodását, a rügyfakadástól a lombkorona teljes kifejlődésig. Lombnélküli állapotban a legnagyobb abszorpció 8—12 m közötti ágzónában következik be, a talaj felszínére az összsugárzásnak 42%-a érkezik le, amely a talajközeli levegő hőmérsékletének emelkedésében is kifejezésre jut. (1. táblázat).

### 1. táblázat

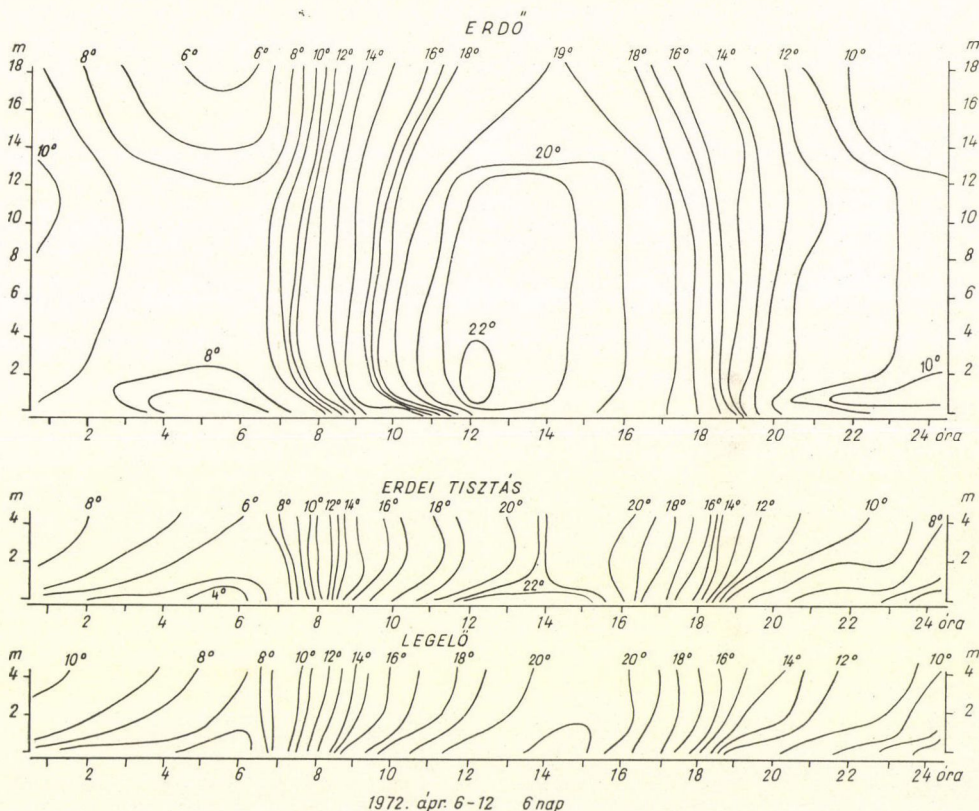
*A rövidhullámú sugárzás eloszlása az erdőben*

1968. március 28.	10 <sup>h</sup> —13 <sup>h</sup>	%	°C
16 m	G—R = 0,71 gcal	100	15,2
12 m	0,63 gcal		15,4
16—12 m között absz.	0,08 gcal	11,2	
8 m	0,42 gcal		15,4
12—8 m között absz.	0,21 gcal	29,5	
4 m	0,32 gcal		15,3
8—4 m között absz.	0,10 gcal	14,1	
2 m	0,30 gcal		15,6
4—2 m között absz.	0,02 gcal	2,8	
talajra	0,30 gcal	42,3	17,6

A lombosodás előtti időszakban kialakult sugárzási eloszlás létrehoz egy sajátos hőmérsékleti rétegződést (1. ábra). Az éjszakai órákban két zónában alakul ki alacsony hőmérsékletű levegőréteg: a talajfelszínen és az ágzóna felső részében. Ez a hőmérsékleti rétegződés a reggeli órákban fokozatosan felbomlik és a délelőtti órákban a legmagasabb hőmérsékleti réteg a talajfelszín



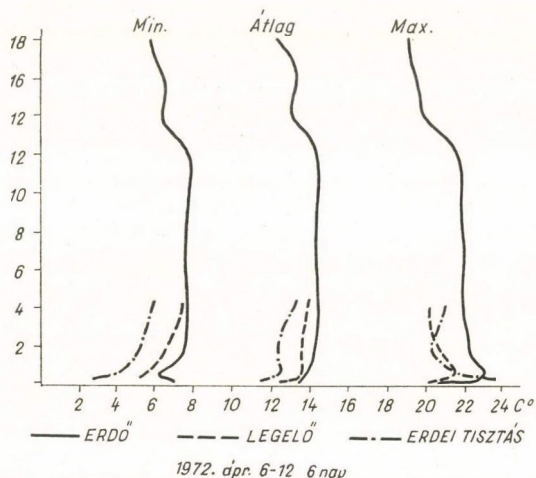
közeliében található, amely a kora délutáni órákig megmarad. Este ismét kialakul a kettős hőmérsékleti rétegződés, ami kapcsolatban van ezen szintek erősebb kisugárzásával. A hőmérséklet napi ingása az erdőben a talajfelszíntől kiindulva 0,5 m magasságban éri el a maximumát, 17,3°-os értékkel. Az alsó szint felé erős inverzió jön létre, amely a kicserélődés hiányára utal.



1972. ápr. 6-12 6 nap

1. ábra. A hőmérséklet eloszlása az erdőben, erdei tisztáson és a legelőn 1972. április 6–12 között (6. nap).

Ugyanakkor az erdei tisztásokon és a legelőn is végeztünk hőmérsékleti megfigyeléseket. Itt a szokásos (ismert) hőmérsékleti rétegződés alakul ki. A 2. ábrán az erdő átlag-, maximum-, és minimum hőmérsékleti profiljai mellett bemutatjuk az erdei tisztáson és a legelőn kialakult profilokat is. A három felszín közül az erdei tisztás talajközeli légrétege hül le a legerősebben, legkevésbé a szabad horizonttal rendelkező legelő. Ebből következik, hogy a lombtalan erdő éjszakai lehülése nem sokban tér el a környezetétől. Az erdei tisztáson a napi ingás a talajfelszín közelében 21,0°-ot, míg a távolabb levő



2. ábra. Hőmérsékleti profilok 1972. április 6–12 közötti 6 nap átlagában.

## 2. táblázat

A rövidhullámú sugárzás eloszlása az erdőben derült szélcsendes napon

1968. április 23.	10 <sup>h</sup>	11 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	14 <sup>h</sup>	Átlag	%	°C 14 <sup>h</sup>
16 m	G = 0,91 R = 0,13 G-R = 0,78	0,99 0,14 0,85	0,98 0,14 0,84	0,94 0,14 0,80	0,96 kal 0,14 kal 0,82 kal	100	27,0
12 m	G = 0,56	0,60	0,79	0,74	0,67 kal	18,2	28,2
16–12 m között absz.	G = 0,22	0,25	0,05	0,06	0,15 kal		
8 m	G = 0,48	0,59	0,60	0,51	0,54 kal	15,9	27,8
12–8 m között absz.	G = 0,08	0,01	0,19	0,23	0,13 kal		
4 m	G = 0,45	0,26	0,49	0,25	0,36 kal	22,0	27,0
8–4 m között absz.	G = 0,03	0,33	0,11	0,26	0,18 kal		
2 m	G = 0,04	0,18	0,18	0,10	0,12 kal	29,3	26,0
4–2 m között absz.	G = 0,40	0,08	0,31	0,15	0,24 kal		
talajra	G = 0,04	0,18	0,18	0,10	0,12 kal	14,6	25,8

legelőn 16,1°-ot mutat. A legelő és az erdei tisztás 4 m magasságú levegőjének hőmérsékleti ingása megegyezik az erdő felettiével.

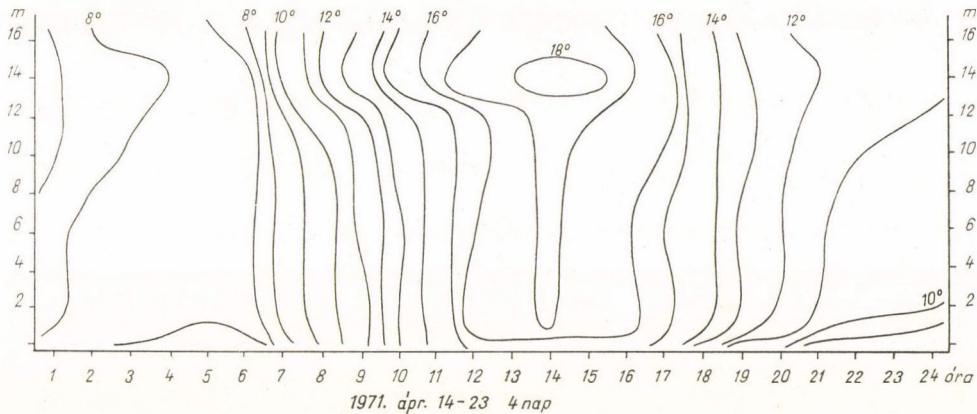
### 2.2. Lombos állapot

A lombosodás megindulásával egyre kevesebb sugárzás érkezik le a fák alatti talaj felszínére. 1968. április 23-án — négy mérésből számolt átlagok szerint — az erdő alsó szintjére az erdő feletti rövidhullámú sugárzási mérlegnek csak 14,6%-a érkezett le. A 12 m feletti ág és levélzóna 18,2 a 2–8 m közötti zóna 51,3%-ot abszorbeált (II. táblázat). Ezen szint magasabb elnyelését a tatárjuhár korai lombosodása okozza. A fenti sugárzáseloszlás követ-



keztében megváltozik a hőmérsékleti rétegződés is. A legmagasabb hőmérséklet 12 m magasságban alakul ki, a tatárjuhar lombkoronája felett, a tölgyek ágzónájában. Ettől a szinttől a hőmérséklet mindkét irányban csökken.

Hasonló lombos állapotban végeztünk hőmérsékleti megfigyeléseket 1971-ben (3. ábra). Az erdő aktív felszíne a talajfelszínről a lombkorona zónájába került és itt alakulnak ki a nappali időszak legmagasabb hőmérsékleti értékei. Az ún. törzszónájában a hőmérséklet eloszlása a nappali órákban egyenletes. Az éjszakai órákban kialakult legalacsonyabb hőmérséklet továbbra



3. ábra. A hőmérséklet eloszlása az erdőben 1971. április 14–23 között (4 nap).

is a talaj közelében marad. Az inverzió a koronazónáig terjed és a hőmérsékleti különbség meghaladja a 3 fokot.

A lombkorona teljes kifejlődésével az egész nyári időszakra jellemző sugárzási és hőmérsékleti eloszlás alakul ki, amely a lombhullás kezdetéig fennmarad. A legtöbb energiát abszorbeáló zóna a 8 m feletti réteg, ahol a sugárzásmennyiségnek 70%-a használandó fel, a talaj felszínére csak 4,9% marad (3. táblázat). Feltehető, hogy a lombkoronában maradó energia főleg az asszimilációra és a transpirációra fordítódik.

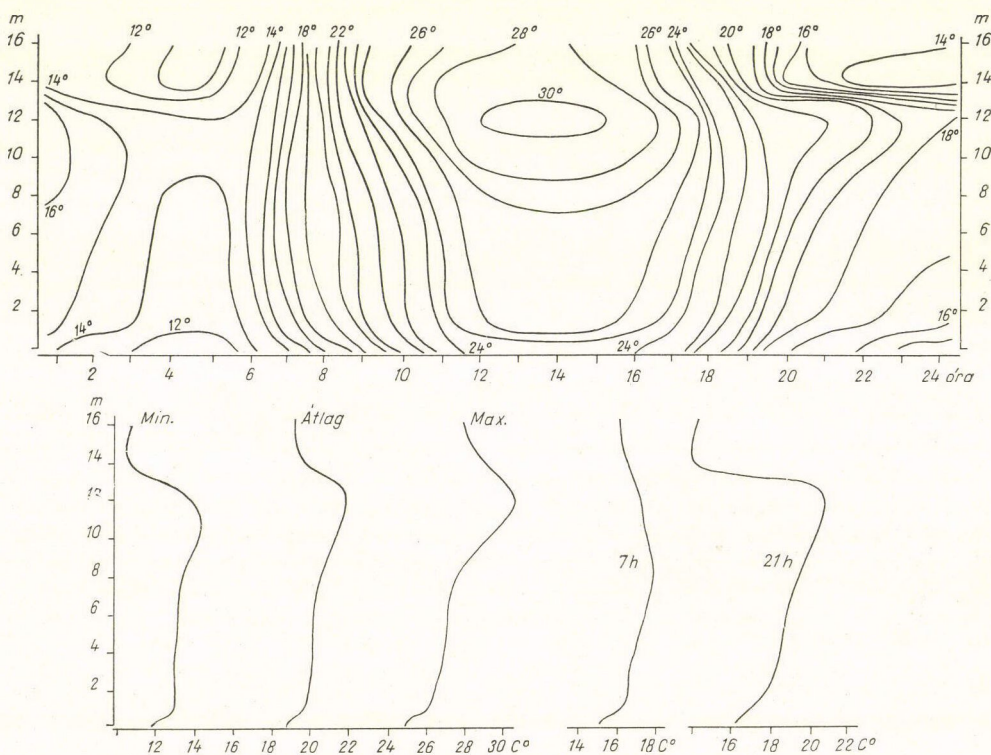
A hőmérsékleti rétegződés is a sugárzásnak megfelelően alakul (4. ábra). A teljes lombos állapotban, a déli órákban — természetesen a felmelegedéstől és az erdő sűrűségétől függően — az erdő törzszónájának hőmérséklete 5–6 fokkal alacsonyabb, mint a felső tevékeny felület. Az éjszakai órák legalacsonyabb hőmérséklete ugyancsak a felső tevékeny felületen alakul ki. A törzszóna hőmérséklete 1–2 fokkal magasabb.

Derült és szélszélcsendes időjárásban az erdő és környezete között létrejöhet egy sajátos levegőcserre (advekción). A 4. ábrán 21 és 24 óra között megfigyelhető ennek a folyamatnak a kialakulása. Az erdő felső része erősebben lehül és a lehült levegő a levelek között fokozatosan az erdő alsóbb szintjére süllyed.

## 3. táblázat

A rövidhullámú sugárzás eloszlása az erdőben derült időben

1968. június 7.	10 <sup>h</sup>	12 <sup>h</sup>	13 <sup>h</sup>	Átlag	%	°C 10 <sup>h</sup>
16 m	G = 1,18 gcal	1,18 gcal	1,08 gcal	1,15 gcal	100	26,8
	R = 0,14 gcal	0,12 gcal	0,13 gcal	0,13 gcal		
	G-R = 1,04 gcal	1,06 gcal	0,95 gcal	1,02 gcal		
12 m	G = 0,85 gcal	0,85 gcal	0,77 gcal	0,72 gcal	18,6	26,7
16-12 m között absz.	0,19 gcal	0,21 gcal	0,18 gcal	0,19 gcal		
8 m	G = 0,39 gcal	0,13 gcal	0,36 gcal	0,29 gcal	52,0	26,8
12-18 m között absz.	0,46 gcal	0,72 gcal	0,41 gcal	0,53 gcal		
4 m	G = 0,07 gcal	0,08 gcal	0,11 gcal	0,09 gcal	20,6	26,9
8-4 m között absz.	0,32 gcal	0,05 gcal	0,25 gcal	0,21 gcal		
2 m	G = 0,05 gcal	0,05 gcal	0,05 gcal	0,05 gcal	3,9	26,4
4-2 m között abszorb. talajra	0,02 gcal	0,03 gcal	0,06 gcal	0,04 gcal		
	0,05 gcal	0,05 gcal	0,05 gcal	0,05 gcal	4,9	



4. ábra. A hőmérséklet eloszlása az erdőben 1971. május 13-22 között (7 nap).



A hideg levegő az erdő talaján felhalmozódik. Helyébe a környezetéből vízszintes irányban melegebb levegő áramlik át. Ezt a folyamatot jól szemlélteti a 21 órás hőmérsékleti profil.

Hőmérsékleti különbségek nemcsak függőleges, hanem vízszintes irányban is kialakulnak, az erdő szegélyétől befelé. 1969. augusztus 27-i méréseink szerint az erdőszegély déli oldalától kezdve 60 m távolságban éri el a hőmérséklet az állandó, a törzszónára jellemző értékeket. A különbség 12 órakor éri el a maximumot 2,2 fokkal. Az erdő keleti szegélyétől kiindulva a déli órákban már 20 m távolság is elegendő ahhoz, hogy létrejöjjön a kiegyenlítő hatás. Délután, amikor a keleti oldal már árnyékba kerül, a szegély és a belső rész hőmérséklete között különbség nincs. (4. táblázat.)

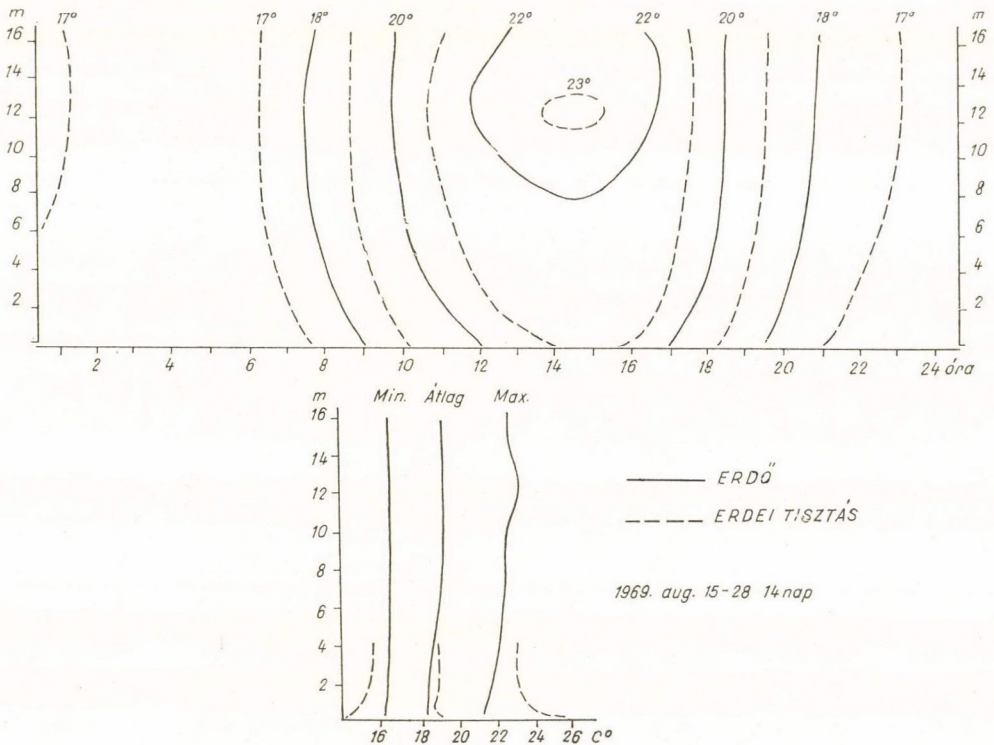
4. táblázat

	Déli oldal				Keleti oldal		
	0 m	20 m	50 m	70 m	0 m	10 m	20 m
11 óra	18,8	18,0	17,9	17,7	18,2	18,0	17,7
12 óra	19,8	18,0	17,6	17,6	17,8	17,7	17,6
13 óra	20,5	19,6	19,4	19,3	19,6	19,3	19,3
16 óra	19,0	18,4	18,3	18,3	18,3	18,3	18,3

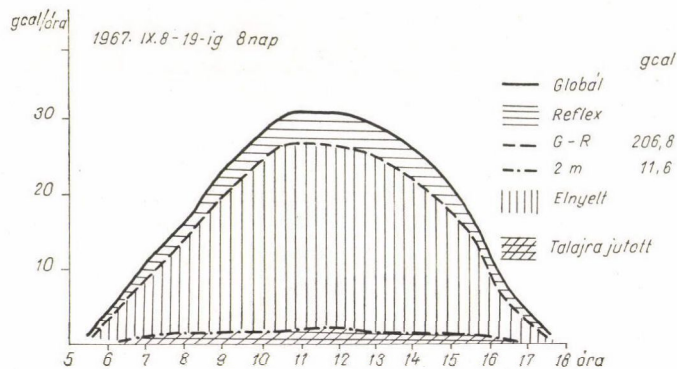
Az eddig bemutatott hőmérsékleti eloszlás derült időjárásra jellemző. Borult, csapadékos jellegű időjárás esetén a hőmérséklet alakulása már sokkal kiegyenlítettebb. (5. ábra). A hőmérséklet ingása 12 m magasságban csak 6,8 fokot tett ki. Az erdei tisztáson a korábbihoz hasonló jellegű rétegződést és ingást találunk.

Alacsonyabb napállás mellett — a kora reggeli és a késő délutáni órákban — direkt sugárzás nem jut át a lombkoronán, mivel a sugárzás alacsonyabb szög alatt érkezik, mint a déli órákban, így a szórt sugárzásból jut le néhány százalék. A 6. ábrán az erdő feletti és az erdő alsó szintjére érkező sugárzásmennyiség napi menetét látjuk. A 206,8 gcal/cm<sup>2</sup>/nap összegű rövidhullámú sugárzási mérleghől az alsó szinten napi összegben csak 11,6 gcal/cm<sup>2</sup>/nap értéket mértünk, amely az erdő feletti sugárzási mérlegnek 5,3%-át teszi ki. Ezen energia eloszlás a 7. ábrán bemutatott hőmérsékleti profilt alakította ki, mely a 9–16 m közötti magasságokban mutat aktív felmelegedési zónát. A felső koronaszinten a hőmérséklet napi ingása 10 fok, és ez megegyezik a legelőn mért talajközeli levegőréteg ingásával. Ebből következik, hogy az erdő törzszónájának levegője nem a lombzaton keresztüljutó energiától melegszik fel. Nem folytat önálló energiagazdálkodást, függő mikroklímát képvisel, mely oldalról és felülről is kap advekciónak energiát.

Az erdő felső zónájában a rövid és hosszuhullámú energiát 100%-nak véve, napi átlagban 8 m magasságban a mérleg a fentieknek csak 38%-a, míg



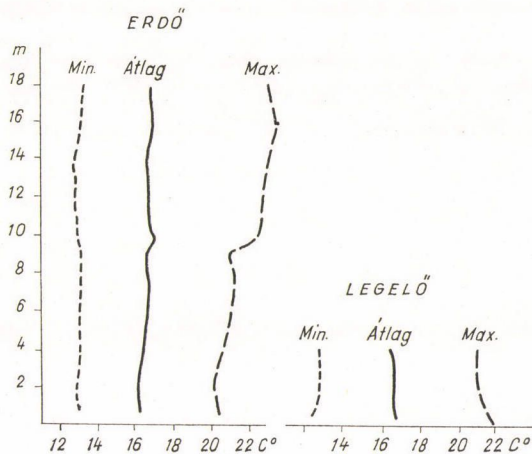
5. ábra. A hőmérséklet eloszlása az erdőben 1969. augusztus 15–28. között (14 nap).



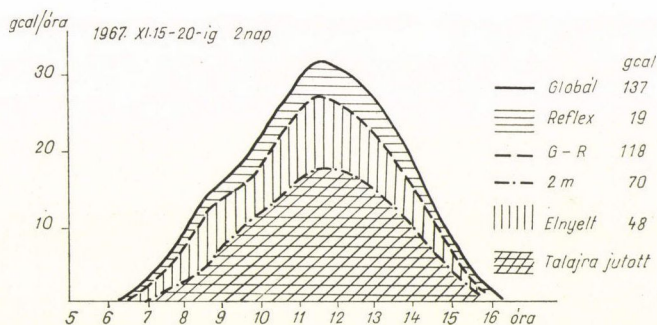
6. ábra. A sugárzási komponensek napi menete az erdőben 1967. szeptember 8–19. (8 nap).

1 m-en 2%-ra csökken. A déli órákban ezen szintek több energiával gazdálkodhatnak, mivel 8 m-en 70%-ra, 1 m-en 5%-ra növekszik. A pozitív energiatranszport az erdő felett 5–17 óráig, 8 m-en 5–18-ig, 1 m-en 6–18 óráig tart. A lombkorona védő hatása késlelteti a negatív energiamérleg kialakulását.





7. ábra. A hőmérséklet függőleges eloszlása az erdőben és a legelőn 1969. szeptember 19-én

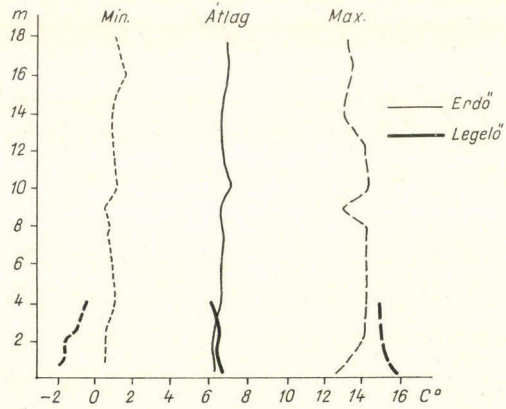


8. ábra A sugárzási komponensek napi menete az erdőben 1967. november 15–20 között.

### 2.3. Lombhullás utáni időszak

A lombzat fokozatos csökkenésével az erdő állománya megnyílik. 1967 november 15 és 20-a közötti 2 nap rövidhullámú sugárzásforgalmának összetevői a következők: globálsugárzás napi összege 137,0, az erdő okozta reflexió 19,4 és a felhasználásra kerülő rövidhullámú energia 117,6 gcal/cm<sup>2</sup>/nap. Az erdő alsó szintjére 70,3 gcal/cm<sup>2</sup>/nap érkezik le, amely a rendelkezésre álló energiának 59,8%-a. Az ehhez hasonló sugárzási eloszlás a lombosodás megindulásáig fennmarad (8. ábra).

Az alacsony napi hőmérsékletek ellenére a fenti időpontban megnőtt a hőmérséklet napi ingása az erdő minden szintjében. Jól megkülönböztethetők az egyes aktív felmelegedési szintek: talajközeli levegőréteg, alsó- és felső koronaszint. Jellemző a talaj közelében ismét jelentkező inverzió, amely a kicsé-



9. ábra. A hőmérséklet függőleges eloszlása az erdőben és a legelőn 1967. szeptember 15-én.

rélődés ezen szinten való lefékeződését mutatja. A legelőn mért hőmérsékleti ingás megközelíti a 18 fokot, lényegesen nagyobb az erdőben mért értéknél, s ez a lomb nélküli faállomány most is működő árnyékoló hatására utal (9. ábra).