

## SZÁRAZSÁGI VISZONYOK VÁLTOZÁSA FEKETEFENYVESEKBEN

CSERESNYÉS IMRE<sup>1</sup>, CSONTOS PÉTER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>MTA Kémiai Kutatóközpont, Biomolekuláris Kémiai Intézet  
1025 Budapest, Pusztaszeri út 59–67., e-mail: cseresnyes.imre@freemail.hu

<sup>2</sup>MTA-ELTE Elméleti Biológiai és Ökológiai Kutatócsoport,  
1117 Budapest, Pázmány P. stny. 1/C., e-mail: cspeter@ludens.elte.hu

**Kulcsszavak:** Byram-Keetch szárazsági index, feketefenyő, kiszáradás, nedvességtartalom, tűavar, tűzveszély

**Összefoglalás:** Hazánk területén több mint 150 éve folyó fenyvesítés számos természetvédelmi és gazdasági problémát vetett fel. Előbbiek közül meg kell említenünk az értékes dolomitflóra tönkretételét, utóbbiak közül pedig az egyre gyakrabban pusztító erdőtüzeket.

Egy-egy állomány tűzveszélyessége a benne felhalmozódott éghető szerves anyag mennyiségén és a fennálló meteorológiai tényezőkön kívül jelentősen függ a szárazsági viszonyoktól. Munkánk során meghatároztuk a felhalmozódott tűavar nedvességtartalmának időbeli változását. Ehhez 48 feketefenyő állományból gyűjtöttünk tűavart, majd nedvességtartalmukat súlyállandóságig történő szárítással és tömegméréssel állapítottuk meg. Csapadékadatok (OMSz) segítségével kiszámoltuk a mintavételeket megelőző csapadégmentes időszakok hosszát, majd a nedvességtartalmat az eső óta eltelt napok számának függvényében ábrázoltuk. Megállapítottuk, hogy a tűavar nedvességtartalma exponenciálisan csökken a csapadégmentes napok számának növekedésével.

A szárazsági viszonyok éves változását a Byram-Keetch szárazsági index (BKDI) segítségével vizsgáltuk, amely a talaj és az avar felső 200 mm-es rétegének mm-ekvivalensben kifejezett csapadékhiánya. A BKDI függ az utolsó nettó csapadék mennyiségétől és az azóta eltelt napok számától. A BKDI napi növekedése (azaz a kiszáradás üteme) a napi maximális hőmérsékletből és csapadékmennyiségből számítható.

A BKDI éves trendjének meghatározásához a Budapest-Lőrinc állomáson 1993–2002. között rögzített napi maximális hőmérsékleteket és csapadékmennyiségeket használtuk fel. Ezekből a 10 év minden napjára kiszámoltuk az index értékét, majd ezeket először évenként átlagoltuk. A BKDI éves átlaga 2000-ben volt a legmagasabb (48,9 mm-ekvivalens), azaz a 10 év közül ez tekinthető a legszárazabbnak. A legcsapadékosabb évnek 1998. bizonyult, ekkor az átlagos BKDI 16,6 mm-ekvivalens volt. Meghatároztuk emellett a BKDI évi maximumának alakulását is. Az index legmagasabb értéke 119,5 mm-ekvivalens volt, melyet 2000. szeptember 1-jén mutatott.

A napi BKDI értékeket naptári dekádokként átlagoltuk, és éves változását mind a 10 évre meghatároztuk. Kiszámoltuk a 10 év alapján kapott átlagos dekádokénti értékeket is. Ebből megtudtuk, hogy a BKDI áprilistól kezd jelentősebben emelkedni, maximumát (72,8 mm-ekvivalens) augusztus utolsó harmadában éri el, majd folyamatos csökkenés után év végére 0 közelébe esik vissza. Tehát a szárazság szempontjából leginkább kritikus az augusztus-szeptemberi időszak. A napi maximum hőmérsékletek dekádokénti átlagolásából kiderült, hogy a legmelegebb időszak augusztus eleje (28,9 °C), tehát a vízvesztés ekkor a legintenzívebb. A kiszáradáshoz szükséges 10 °C-os, vagy annál magasabb napi maximum hőmérsékletekre pedig március közepe és november eleje között kell számítanunk.

### Bevezetés

Magyarországon több mint 70 000 hektár feketefenyves található, amely mintegy 4,2%-a hazai erdeinknek (SZABÓ 1997, TAMÁS 2001a). Az elmúlt másfél évszázad során telepített fenyvesek komoly természetvédelmi és gazdasági problémákat vetnek fel. Előbbiekhez sorolható a dolomitsziklagyeppek gazdag flórájának elszegényítése, illetve lokális kipusztítása. Ennek fő okai az erős árnyékolás, a feketefenyő gyökérkonkurenciája és a nagy mennyiségben felhalmozódó gyantás tűavar (BÓDIS 1993, HORÁNSZKY 1996, JÁRÓ

1996, CSONTOS et al. 1998, CSERESNYÉS et al. 2003, TAMÁS 2003), amihez hozzájárul még a talaj felső rétegének elsavanyodása, illetve kémiai összetételének részleges megváltozása (JÁRÓ 1996, HALBRITTER *et al.* 2003, 2005). Emellett a tűavarból olyan anyagok is felszabadulnak, melyek bizonyos növényfajok csírázását és felújulását akadályozzák. Így az értékes sziklagyepek helyén teljesen záródott, *nudum*-típusú, monodomináns *Pinus nigra*-kultúrtársulás alakul ki (BORHIDI 1956, CSONTOS et al. 1996, HORÁNSZKY 1996).

Jelentős természetvédelmi probléma, hogy a feketefenyő magoncainak fejlődéséhez vékony talajréteg is elegendő, ezért képesek a gyepekben való megtelepedésre. Emiatt a dolomitra telepített állományok spontán terjedésnek indultak, és veszélyeztetik a még meglévő, védett gyepársulásokat is (MIHÓK 1999).

A legsúlyosabb gazdasági-termetvédelmi problémát a fenyveseinkben gyakran pusztító – és igen nagy károkat okozó – erdőtüzek jelentik (ZAMBÓ 1995, TAMÁS és CSONTOS 1995, 1998, TAMÁS 1997, 2001b).

Számos ökológiai rendszer fennmaradásában és megújulásában a tűz komoly szerepet tölt be (tulajdonképpen e rendszerek részének tekinthető), a boreális és szubalpin zónákban pedig olyan természetes jelenség, amely szükséges a fenyvesek stabilitásának és diverzitásának megőrzéséhez (BUSSAY 1995, LICHTMAN 1998, RICOTTA *et al.* 1998). Dendrokronológiai és egyéb módszerekkel több kontinensen kimutatták, hogy az emberi tájhasználattal párhuzamosan az erdőtüzek gyakorisága folyamatosan növekszik, ami túlzott mértékű behatást jelent a természetes és telepített állományokra, továbbá hatalmas környezeti és gazdasági károkat okoz (ZACKRISSON 1977, JOHNSON *et al.* 1990, MILLÁN *et al.* 1998, NIKLASSON & GRANSTRÖM 2000, HARTLEY 2002, PALIK *et al.* 2002). Hazánkban és más országokban elvégzett elemzések szerint az elmúlt néhány évtizedben bekövetkezett erdőtüzek 75–90%-át emberi felelőtlenség, vagy szándékos gyújtogatás okozta (JOHNSON & LARSEN 1991, GRANSTRÖM 1993, GELETA 1995, GHIMESSY 1995, VIEGAS *et al.* 1999).

Magyarország a meleg mérsékelt övben terül el, amely a mediterrán és a nedves szubtrópusi területek után erdőtüzek szempontjából a leginkább veszélyeztetett (TAMÁS 1997, 2001b).

Az állomány tűzveszélyességét két fő tényező határozza meg: a benne felhalmozódott éghető anyag mennyisége, valamint a meteorológiai tényezők, amelyek a felhalmozódott szerves anyag éghető állapotba jutásának folyamatát irányítják (BUSSAY 1995, VIEGAS 1998). Az erdei ökoszisztémákban található szerves anyag mennyisége többszörösen felülmúlja a nem erdei vegetációtípusokét (PRÉCSÉNYI 1971, MOLNÁR 1975), ezért az időszakosan csapadékszegény területek erdei fokozottan tűzveszélyesek. A természetes hazai lombos erdőkben számottevő avarfelhalmozódást nem tapasztalunk, mivel a lombavar maradéktalanul lebomlik (PAPP 1972). A tűavar eltérő kémiai összetételének köszönhetően jóval lassabban bomlik le, ezért akkumulációra hajlamos (JÁRÓ 1996, KAVVADIAS *et al.* 2001, CSERESNYÉS *et al.* 2003, CSERESNYÉS 2004).

Ez az oka annak, hogy a telepített feketefenyvesek nemcsak a területet korábban borító gyepeknél, hanem a hazai természetes erdőtípusoknál is sokszorosan tűzveszélyesebbek lehetnek. Eberhardt és Latham (2000) statisztikailag igazolta, hogy a fenyvesekben szignifikánsan gyakoribbak az erdőtüzek, mint a velük azonos klímájú lombdőkben. Faszén- és pollen-analitikai vizsgálatokkal is kimutatták, hogy az utolsó jégkorszak óta eltelt 10 000 év során a fenyvesek elterjedésével párhuzamosan az erdőtüzek gyako-

risága növekedett (CLARK et al. 1996). A fenyvesek fokozott tűzveszélyességére utalnak az elmúlt években a Dunazug-hegységben bekövetkezett erdőtüzek is (TAMÁS 1997).

A meteorológiai tényezők a növényzet és az avar szárazságán keresztül jelentősen befolyásolják a tűzveszély mértékét. Többen kimutatták, hogy egy adott területen kapcsolat van a bekövetkező tüzek száma és a megelőző időszak során lehullott csapadék mennyisége között, tehát az átlagosnál szárazabb években gyakrabban pusztítanak erdőtüzek (VIEGAS et al. 1990, 1992, GRANSTRÖM 1993, SWETNAM 1993).

Ha az avar nedvességtartalma meghaladja a 20%-ot, a tüzesetek száma, valamint a leégett területek nagysága is jelentősen csökken (VIEGAS 1998). A nagy területeket érintő tüzesetek szinte mindig 10% alatti nedvességtartalomhoz kötődnek. Ha a nedvességtartalom 35-40% fölé emelkedik, a tűz terjedése megszűnik, és a tűz kialszik. Ez az ún. kioltási nedvességtartalom.

Az európai erdők a nyári és őszi hónapokban a legszárazabbak. Ráadásul ekkor a legnagyobb az antropogén tüzek gyakorisága is (elsősorban a turizmus, természetjárás és egyéb szabadterei tevékenységek miatt). Magyarországon a július-szeptember közötti időszak tekinthető a legszárazabbnak (KAKAS 1960).

Munkánk során vizsgáltuk a feketefenyvesek talaján felhalmozódott tűavar nedvességtartalmának időbeli változását, kiszáradásának ütemét. Emellett meteorológiai adatok segítségével nyomon követtük, hogyan változnak a szárazsági viszonyok az év folyamán, azaz melyek az év leginkább tűzveszélyes időszakai.

## Anyag és módszer

A tűavar nedvességtartalmának meghatározásához 48 feketefenyves állományból vettünk mintát a Budai-hegységben és a Pilis délkeleti részén (1. táblázat). Ez a térség az átlagos évi talajnedvesség szempontjából az egyik legszárazabb a hazai hegy- és dombvidékek közül (DUNKEL et al. 1990).

1. táblázat A vizsgált feketefenyvesek helye, a mintavétel ideje, az utolsó csapadék óta eltelt idő, illetve a tűavar nedves- és száraztömege, valamint nedvességtartalma.

\* = A terület nincs erdőtagokra osztva.

Table 1. Localities of the studied *Pinus nigra* stands, sample date, days since last rain, wet and dry mass and moisture content of the needle litter.

\* = Area was not divided into forest management units.

Községhatár, erdőtag, erdőrészlet (földrajzi hely)	Mintavétel ideje	Eső óta eltelt napok száma	Avar nedves tömege (g)	Avar száraz tömege (g)	Avar nedvesség- tartalma (%)
Budakalász 8B (Ezüst-hegy)	2002.09.08	25	140	128	8,6
Budakalász 8B (Ezüst-hegy)	2002.09.08	25	231	209	9,5
Budakeszi 17E (Vadaspark)	2002.09.05	22	192	173	9,9
Budakeszi 17E (Vadaspark)	2002.09.05	22	132	112	15,2
Budakeszi 17E (Vadaspark)	2002.09.19	36	191	161	15,7
Budakeszi 17E (Vadaspark)	2002.09.19	36	174	153	12,1

*I. táblázat folytatása*  
*Contd. Table 1.*

<i>Közéghatár, erdőtag, erdőrészlet (földrajzi hely)</i>	<i>Mintavétel ideje</i>	<i>Eső óta eltelt napok száma</i>	<i>Avar nedves tömege (g)</i>	<i>Avar száraz tömege (g)</i>	<i>Avar nedvesség- tartalma (%)</i>
Budakeszi 17E (Vadspark)	2002.10.21	4	624	269	56,9
Budakeszi 18D (Vadspark)	2002.09.10	27	116	103	11,2
Budakeszi 18D (Vadspark)	2002.09.10	27	177	167	5,6
Budakeszi 18D (Vadspark)	2002.09.11	28	142	131	7,7
Budakeszi 18D (Vadspark)	2002.09.11	28	218	198	9,2
Budakeszi 18D (Vadspark)	2002.09.29	4	1045	482	53,9
Budakeszi 18D (Vadspark)	2002.09.29	4	441	212	51,9
Budapest 19E (Látó-hegy)	2002.09.01	18	211	180	14,7
Budapest 19E (Látó-hegy)	2002.09.01	18	156	137	12,2
Budapest 19E (Látó-hegy)	2002.09.03	20	154	136	11,7
Budapest 19E (Látó-hegy)	2002.10.04	5	543	328	39,6
Budapest 19E (Látó-hegy)	2002.10.04	5	527	305	42,1
Budapest 21A (Látó-hegy)	2002.09.17	34	209	183	12,4
Budapest 21A (Látó-hegy)	2002.09.17	34	216	183	15,3
Budapest 21A (Látó-hegy)	2002.09.18	35	226	198	12,4
Budapest 21A (Látó-hegy)	2002.09.18	35	214	182	15,0
Nagykovácsi 6C (Zsíros-hegy)	2002.07.21	2	464	263	43,3
Páty 56C (Pihenőerdő)	2002.08.22	8	192	124	35,4
Piliscsaba 18C (Vörös-hegy)	2002.07.18	1	307	158	48,5
Piliscsaba 18C (Vörös-hegy)	2002.07.23	1	239	135	43,5
Piliscsaba 18C (Vörös-hegy)	2002.07.23	1	225	118	47,6
Piliscsaba 18C (Vörös-hegy)	2002.10.01	2	646	388	39,9
Piliscsaba 18C (Vörös-hegy)	2002.10.01	2	418	243	41,9
Piliscsaba 18C (Vörös-hegy)	2002.10.23	6	550	276	49,8
Piliscsaba 49A (Vörös-hegy)	2002.08.27	13	156	112	28,2
Piliscsaba 49A (Vörös-hegy)	2002.08.27	13	255	205	19,6
Piliscsaba 49A (Vörös-hegy)	2002.08.29	15	243	172	29,2
Piliscsaba 49A (Vörös-hegy)	2002.10.19	2	841	277	67,1
Piliscsaba 49A (Vörös-hegy)	2002.10.19	2	551	197	64,2
Pilisszentiván (Fehér-hegy)*	2002.05.01	17	1011	819	19,0
Pilisszentiván (Fehér-hegy)*	2002.07.14	3	311	172	44,7
Pilisszentiván (Fehér-hegy)*	2002.07.14	3	603	291	51,7
Pilisszentiván (Fehér-hegy)*	2002.08.22	8	347	194	44,1
Pilisszentiván (Fehér-hegy)*	2002.09.21	1	191	111	41,9
Pilisszentiván (Fehér-hegy)*	2002.09.21	1	302	187	38,1
Pilisszentiván (Fehér-hegy)*	2002.10.05	6	744	410	44,9
Pilisszentiván (Fehér-hegy)*	2002.10.05	6	447	255	43,0
Pilisszentiván 15D (Zsíros-h.)	2002.08.23	9	325	198	39,1
Üröm 2B (Péter-hegy)	2002.09.12	29	157	147	6,4
Üröm 2B (Péter-hegy)	2002.09.14	31	147	129	12,2
Üröm 9B (Péter-hegy)	2002.09.12	29	203	168	17,2
Üröm 9B (Péter-hegy)	2002.09.14	31	153	132	13,7

Mintaterületenként 5 db 2×2 m<sup>2</sup>-es kvadrátot jelöltünk ki, majd ezekből összegyűjtöttük a tűavart. Az avar esetlegesen különböző nedvességtartalmú rétegeit alaposan átkevertük, és egy kb. 2–4 liter térfogatú részt különítettünk el belőle. Ezt – a vízvesztést megakadályozó – zárt fémdobozban laboratóriumba szállítottuk, majd tömegét 1 g-os pontossággal megmértük. Ezt követően a mintát, szárítószekrényben 70 °C-on súlyállandóságig szárítottuk. Hasonló szárítási hőmérsékletet (60–75 °C) többen is alkalmaztak munkájuk során (GARCÍA-PLÉ et al. 1995, PAUSAS 1997, FIORETTO et al. 1998, KAVVADIAS et al. 2001).

A kiszáritott részmintát szintén 1 g-os pontossággal újramértük, majd nedves- és száraztömege alapján kiszámítottuk nedvességtartalmát.

Az Országos Meteorológiai Szolgálat által kiadott Napi Időjárásjelentésekből kigyűjtöttük a Budapest-Lőrinc meteorológiai állomáson (N 47°25'45''; E 19°10'56''; 138 m; OMSZ) a vizsgálat évében (2002-ben) rögzített csapadékmennyiségeket napi lebontásban. Ennek alapján vizsgáltuk az összefüggést a tűavar nedvességtartalma és a csapadékmentes napok száma között.

Mivel a szárazság nehezen kvantifikálható, szükséges egy szisztematikus módszer, amellyel megbízhatóan jósolhatjuk e tényező változását, és ebből előre jelezhetjük a tűveszélyt. A szárazság alakulását a Byram-Keetch szárazsági index segítségével követjük nyomon.

A Byram-Keetch szárazsági indexszel kapcsolatos kérdéseket KEETCH és BYRAM (1968) eredeti munkája alapján ismertetjük. A továbbiakban az indexnek a szakirodalomban is elterjedt angol nyelvű rövidítését (BKDI = Byram-Keetch Drought Index) használjuk.

A felső talajréteg, valamint az ezt fedő avar nedvességtartalma fontos tényező a tüzek szempontjából. Amikor az éghető anyag szárazabb, a tűz mélyebb rétegeket is érint, az általa okozott kár nagyobb, a lángok megfékezése nehezebb és költségesebb. Igen nagy szárazság esetén a még élő növényi részek nedvességtartalma is jelentősen csökkenhet, ezáltal nő a pusztulás mértéke. Meg kell tudnunk állapítani, hogy a különböző szárazsági viszonyok esetén milyen mértékű tűzveszélyességgel számolhatunk.

A tűzőkológiában a szárazság egy folytonos kvantitatív változó, mely numerikus formában leírható. Értéke nullától (amikor a talaj és az avar vízzel telített) emelkedhet egy meghatározott maximális értékig; az emelkedés összefügg a víz hiányának mértékével a talajban, illetve az avarban.

KEETCH és BYRAM (1968) a szárazsági indexet úgy definiálja, mint az evapotranszspiráció és a csapadékhullás együttes hatásának számszerű kifejezését. A szárazsági index kvantitatív módon megadja a talajon lévő szerves anyag gyulladásának valószínűségét. (A szerzők maguk is kiemelik a BKDI fontosságát a fenyvesekkel kapcsolatban.)

A BKDI meghatározása a következőkön alapul:

- 1) A nedvesség elvesztésének (kiszáradásnak) a sebessége függ a területen lévő növényzet biomasszájától. Ugyanakkor a biomassza és az ezzel összefüggő párologtatósi kapacitás az évi átlagos csapadékmennyiség függvénye.
- 2) A talajnedvesség-tartalom csökkenésének rátáját az evapotranszspirációs viszonyok szabják meg.
- 3) Minél nagyobb egy területen az átlagos évi csapadékösszeg, annál nagyobb a fitomassza mennyisége, és ezáltal az evapotranszspiráció mértéke. Következésképpen a

csapadékhiányos időszakokban a kiszáradás üteme is nagyobb.

- 4) A talaj és az avar víztartalmának időbeli csökkenése exponenciális függvényvel írható le.
- 5) A talaj- és avarréteg együttes vastagsága, amelyben a szárazságot értelmezzük, 8 inch (200 mm). Ennek megválasztása ésszerűnek tűnik tűzőkológiai használat esetén.

Tehát a BKDI az avar- és a talajréteg felső 200 mm-ének mm-ekvivalensben kifejezett csapadékhiánya. Ha nincs vízhiány a talajban (a talaj víztelített), az index értéke 0, ha a talaj teljesen kiszáradt, értéke 200. Matematikailag a 200-as érték elérése végtelen időt igényel, ezért ilyen állapot a gyakorlatban nem fordulhat elő. Az elméleti maximumot a skála lezárásához használjuk.

A BKDI tehát exponenciális kiszáradási formulán alapul. Még vitatott, hogy pontosan miként írható le a talaj vízvesztésének folyamata, de legtöbbször az exponenciális formulát fogadják el (KEETCH és BYRAM 1968).

A BKDI és változása bármilyen átlagos évi csapadékmennyiség mellett kiszámítható. Minden csapadékmennyiség-intervallumra kialakítottak egy-egy BKDI számítási táblázatot. Mivel a csapadék-intervallumok eléggé szélesek, a megfelelő táblázat kiválasztásához elegendő a legközelebbi meteorológiai állomás adatait ismerni. Számunkra az 508–737 mm éves csapadékmennyiségre készült táblázat (2. táblázat) a megfelelő, mivel a Dunazug-hg. csapadékmennyiségei mindenütt e két érték közé esnek (KAKAS 1960).

A táblázat első oszlopában le kell olvasnunk a 2 m-es magasságban mért napi maximális hőmérsékletet. Bármely adott hőmérséklet esetén a BKDI aznapi értékét megkapjuk, ha előző napi értékéhez hozzáadjuk a táblázatban leolvasható napi növekményt. A napi növekedés mértéke függ az előző napi BKDI nagyságától (ez az első sorban olvasható le). Minél nagyobb a BKDI, annál kisebb mértékű növekedés történik egy adott maximális hőmérsékletű napon, ezért minden sorban balról jobbra haladva csökkenő tendenciát mutatnak a napi változások. A táblázat segítségével a BKDI változását napról-napra haladva meghatározhatjuk. Figyelembe kell vennünk, hogy a felvételezés kezdetén a BKDI értéke nagy valószínűséggel nem nulla. A nulla pont talán hetekkel vagy hónapokkal azelőtt lehetett, de az is előfordulhat, hogy a megelőző évben. Ennek megállapításához visszamenőleg meg kell keresni azt a napot, amikor a talaj feltételezhetően telítődött nedvességgel, majd ekkor nulláról indítva lehet a BKDI-t napról napra haladva felvenni. Ha a télen volt hótakaró, akkor a talaj telítődött állapotúnak tekinthető akkor, amikor a tavaszi hóolvadás befejeződik (a valóságban ez nem feltétlenül igaz, függhet a hó mennyiségétől és a megelőző időszak csapadékviszonyaitól). Amikor az adatok rögzítését hómentes területen vagy évben végezzük, vissza kell mennünk egy erősen csapadékos időszakra, amikor feltételezhetően elegendő csapadék hullott a talaj felső rétegének telítéséhez.

Amikor sikerült a startpontot meghatározni, akkor a BKDI meghatározása egy ismétlődő procedúrával történik napról napra. Ez két lépést foglal magába:

- 1) Ha az adott napon volt nettó csapadék, annak mm-ben kifejezett mennyiségét le kell vonni az előző napi BKDI-ből.
- 2) Növelni kell a BKDI nagyságát a táblázat megfelelő cellájában feltüntetett értékkel.

A lehullott (bruttó) csapadékból ki kell vonni 5 mm-t ahhoz, hogy a nettó csapadékot

2. táblázat A Byram-Keetch szárazsági index (BKDI) napi változása a napi maximum hőmérséklet és az előző napi BKDI függvényében, az 510–740 mm-es évi csapadékmennyiségű területeken, Keetch és Byram (1968) nyomán.

Table 2. Changes of Byram-Keetch Drought Index (BKDI) in function of daily maximum temperature and BKDI of preceding day, for geographic regions receiving yearly total rainfall between 510 and 740 mm

Napi max. hőmérséklet (°C)	Előző napi szárazsági index (vagy annak csapadékkal csökkentett értéke)																			
	0-12	13-24	25-37	38-49	50-62	63-74	75-87	88-99	100-112	113-124	125-137	138-159	160-174	175-189	190-199	200				
41,2<	7,5	7	6,5	6	5,5	5	4,5	4	3,5	3	2,75	2	1,25	0,75	0,25	0				
39,5-41,1	6,25	6	5,5	5	4,75	4,25	4	3,5	3	2,75	2,25	1,75	1	0,5	0,25	0				
37,9-39,4	5,5	5	4,75	4,5	4	3,75	3,25	3	2,75	2,25	2	1,5	0,75	0,5	0,25	0				
36,2-37,8	4,75	4,25	4	3,75	3,5	3,25	2,75	2,5	2,25	2	1,75	1,25	0,75	0,5	0,25	0				
34,5-36,1	4	3,75	3,5	3,25	3	2,75	2,5	2,25	2	1,75	1,5	1	0,75	0,5	0,25	0				
32,9-34,4	3,5	3,25	3	2,75	2,5	2,25	2	1,75	1,5	1,25	1	0,75	0,5	0,25	0,25	0				
31,2-32,8	3	2,75	2,5	2,25	2,25	2	1,75	1,5	1,5	1,25	1	0,75	0,5	0,25	0,25	0				
29,5-31,1	2,5	2,25	2,25	2	1,75	1,75	1,5	1,25	1,25	1	1	0,75	0,5	0,25	0,25	0				
27,9-29,4	2	2	1,75	1,75	1,5	1,5	1,25	1,25	1	1	0,75	0,5	0,25	0,25	0	0				
26,2-27,8	1,75	1,75	1,5	1,5	1,25	1,25	1	1	0,75	0,75	0,75	0,5	0,25	0,25	0	0				
24,5-26,1	1,5	1,25	1,25	1,25	1	1	1	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0	0				
22,9-24,4	1,25	1,25	1	1	1	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0	0				
21,2-22,8	1	1	1	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0				
19,5-21,1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0				
17,9-19,4	0,75	0,75	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0				
16,2-17,8	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0				
14,5-16,1	0,5	0,5	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0				
12,9-14,4	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0				
11,2-12,8	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0				
10,0-11,1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0	0	0	0	0	0	0				



megkapjuk. Körülbelül ez az a mennyiség, amely eljut az erdő talajára, mivel megközeleltően az első 5 mm-t a lombkorona visszatartja (intercepció). Ha a napi csapadék-mennyiség nem haladja meg az 5 mm-t, a nap csapadékmentesnek számít, tehát az 1. lépést figyelmen kívül kell hagyni. Amennyiben egymást követő csapadékos napok vannak, akkor az 5 mm kivonást csak az első napon kell elvégezni. 10 °C-nál alacsonyabb napi maximum hőmérséklet alatt nem kell számolnunk a BKDI növekedésével.

Összefoglalva: a BKDI növekedésének feltétele, hogy ne legyen nettó csapadék, és a napi maximum hőmérséklet elérje a 10 °C-ot.

Átlagos hőmérsékleti viszonyú és csapadékeloszlású évben a BKDI egy jól meghatározható trend szerint változik. Hasonló lefutást kaphatunk, ha több év átlagértékét vesszük figyelembe. KEETCH és BYRAM (1968) az Egyesült Államok több klímaövében is elvégezte a BKDI évi változásának meghatározását 10 éves adatsorok felhasználásával. EBERHARDT és LATHAM (2000) 30 évre visszamenőleg kiszámította az index lefutását, és nyomon követte évi maximumainak változását. Az ilyen görbék felvétele igen fontos, mivel látható belőlük, hogy az év egy adott szakában milyen mértékű átlagos szárazsággal kell számolnunk, vagyis meghatározhatók az erdőtüzek szempontjából leginkább kritikus időszakok.

A BKDI évi változásának görbéjét elkészítettük a Dunazug-hg. területére, szintén Budapest-Lőrinc meteorológiai állomás adatai alapján. A Napi Időjárásjelentésekből gyűjtöttük az 1993–2002-ig terjedő időszak napi maximális hőmérsékleteit és csapadék-mennyiségeit (a 10 év minden napjára külön-külön).

Mivel télen rendszerint vannak hótakarós időszakok (KAKAS 1960), és a napi maximális hőmérséklet is csak nagyon ritkán emelkedik 10 °C fölé (OMSZ 1993–2002), ezért a BKDI kiindulási értékét 1993. január 1-jén nullának tekintettük. Ezt követően a korábban leírt módon kiszámítottuk a BKDI értékét a 10 év minden napjára.

Először meghatároztuk minden évre a BKDI átlagát (a 365 db BKDI adat átlagolásával), így megtudtuk, hogy a 10 év közül melyik volt a legcsapadékosabb (legkisebb BKDI átlagú), illetve a legaszályosabb (legnagyobb BKDI átlagú).

A BKDI évi trendjének megállapításakor a napi adatokat dekádonként átlagoltuk, így minden évre 36 BKDI értéket kaptunk. A 10 év azonos dekádjait is átlagoltuk, így megkaptuk az 1993–2002. időszakra jellemző átlagos BKDI lefutást. Emellett külön felvettük a legaszályosabb, valamint a legcsapadékosabb évek görbéit. Így láthatóvá vált, milyen mértékű ingadozások vannak a szárazság évi változásában.

A 10 éves periódus átlaggörbéjéből következtethetünk arra, hogy az év mely időszakában kell leginkább számolnunk csapadékhiánnyal.

A napi maximális hőmérsékleteket is dekádonként átlagoltuk, ebből látható, hogy a különböző hónapokban milyen sebességű kiszáradás jellemző a csapadékmentes napokon.

## Eredmények és megvitatásuk

A gyűjtött tűavar-minták száraz- és nedvestömegét, nedvességtartalmát, valamint a mintavétel idejét és az utolsó nettó csapadék óta eltelt napok számát az 1. táblázat mutatja. A vizsgált tűavar-minták nedvességtartalma tág határok között változott. A legnagyobb nedvességtartalmú (67,1%) mintát a piliscsabai Vörös-hegyről gyűjtöttük be



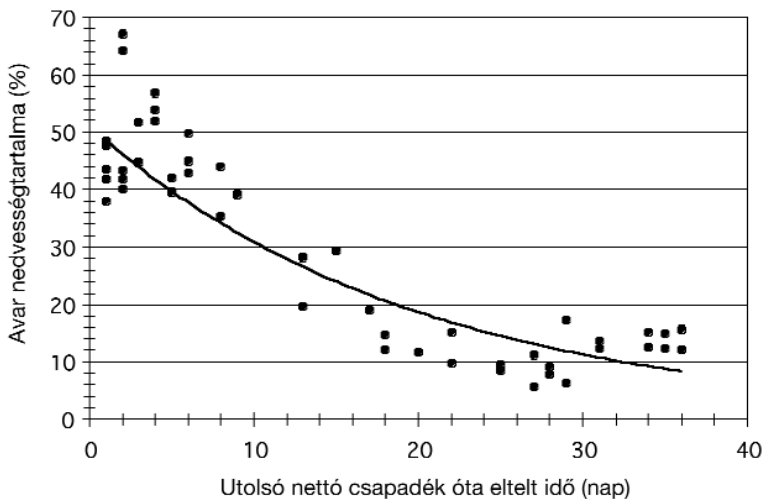
2002. október 19-én, 2 nappal egy csapadékos időszak után. A legkisebb nedvességtartalmú (6,4%) avarfrakció az ürömi Péter-hegyen került mintavételezésre 2002. szeptember 12-én, mintegy 4 héttel az utolsó csapadék lehullását követően.

VIEGAS (1998) szerint tűzveszéllyel akkor kell számolnunk, ha az avar nedvességtartalma 20% alá csökken. A 48 mintavételi alkalom közül 23 esetben találtunk 20%-nál kisebb nedvességtartalmú avarat. Hét mintaterületen a gyűjtött frakciók nedvességtartalma 10% alatt volt, ez a nedvességtartalom már lehetővé teszi a nagy területet érintő, és nehezen megfékezhető tüzek kialakulását (VIEGAS 1998).

A tűavar nedvességtartalmát az utolsó nettó csapadék lehullása óta eltelt idő függvényében ábrázoltuk (1. ábra). Az eredmények alátámasztják a KEETCH és BYRAM (1968) által is használt exponenciális kiszáradási formula helyességét. A nedvességtartalom az  $Y = 51,145e^{-0,0506X}$  egyenlet szerint változik, ahol Y a tűavar nedvességtartalma (%), X az utolsó nettó csapadék óta eltelt idő (nap). A regressziós koeficiens értéke:  $R^2 = 0,7799$ , amely  $p < 0,01$  szinten szignifikáns (INSTAT 1997). A kapott összefüggés szerint 19 csapadékmentes nap szükséges ahhoz, hogy a tűavar nedvességtartalma 20% alá csökkenjen, és 32 nap múlva 10% alá kerül a nedvességtartalom.

Az 1993–2002. időszak minden egyes napjára kiszámolt BKDI értékeket először évenként átlagoltuk. Az index éves átlaga 2000-ben volt a legmagasabb (48,9 mm-ekvivalens), így ez tekinthető a tíz év közül a legaszályosabbnak (2. ábra). A legkisebb átlagot (16,6 mm-ekvivalens) 1998-ra kaptuk, tehát ez volt a legcsapadékosabb év.

A 3. ábra a BKDI évi maximumainak alakulását mutatja. A BKDI 10 éves időszakban mért maximuma 119,5 mm-ekvivalens volt, mely 2000. szeptember 1-jén állt elő. Az index évi maximális értéke 2001-ben volt a legalacsonyabb, ez év szeptember 5-én mindössze 63,5 mm-ekvivalenst ért el. Tehát a maximumok 63,5 és 119,5 mm-ekviva-

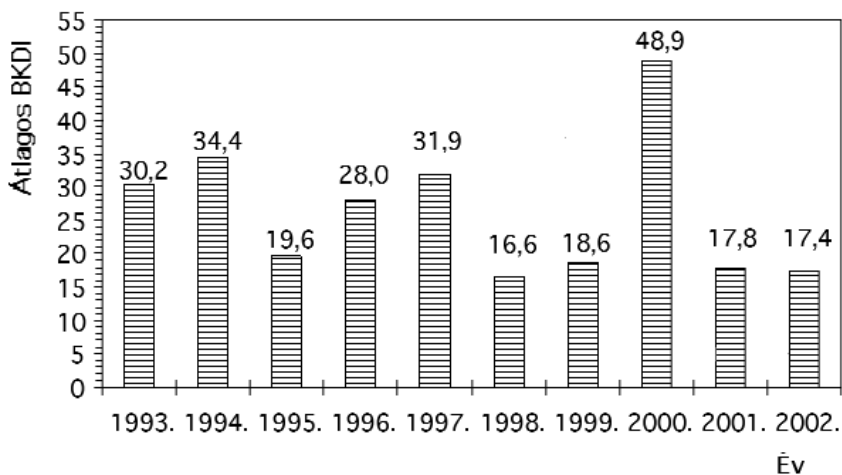


1. ábra A tűavar nedvességtartalmának változása az utolsó csapadék óta eltelt idő függvényében.

A kapott görbe egyenlete:  $Y = 51,145e^{-0,0506X}$ ,  $R^2 = 0,7799$ .

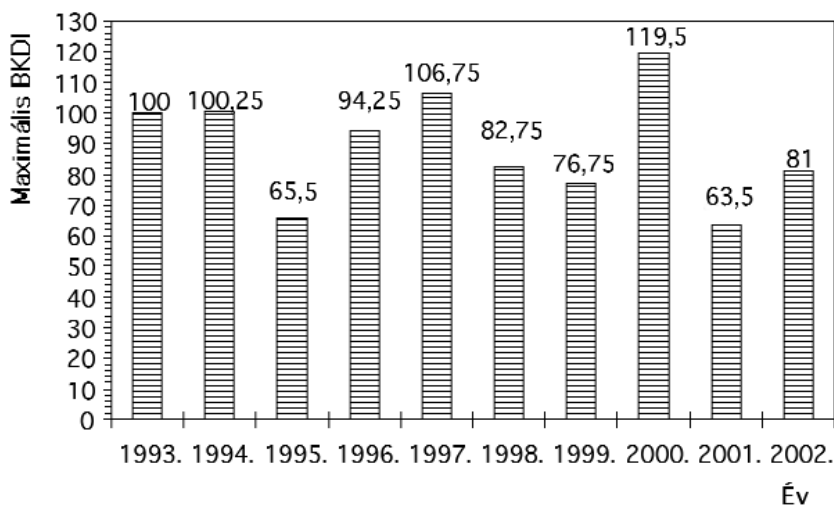
Figure 1. Changes of moisture content of needle litter in function of days since last rain.

The following equation was established:  $Y = 51,145e^{-0,0506X}$ ,  $R^2 = 0,7799$ .



2. ábra A BKDI (azaz a talaj és az avar felső 200 mm-ének mm-ekvivalensben kifejezett csapadékhiánya) évi átlagának alakulása a vizsgált 10 év (1993–2002) során.

Figure 2. Annual means of BKDI (lack of moisture in the upper 200 mm of soil and litter layer) in the studied 10 years (1993–2002).



3. ábra A BKDI éves maximumainak alakulása a vizsgált 10 év (1993–2002) során.

Figure 3. Annual maximum values of BKDI in the studied 10 years (1993–2002).

lens között ingadoztak.

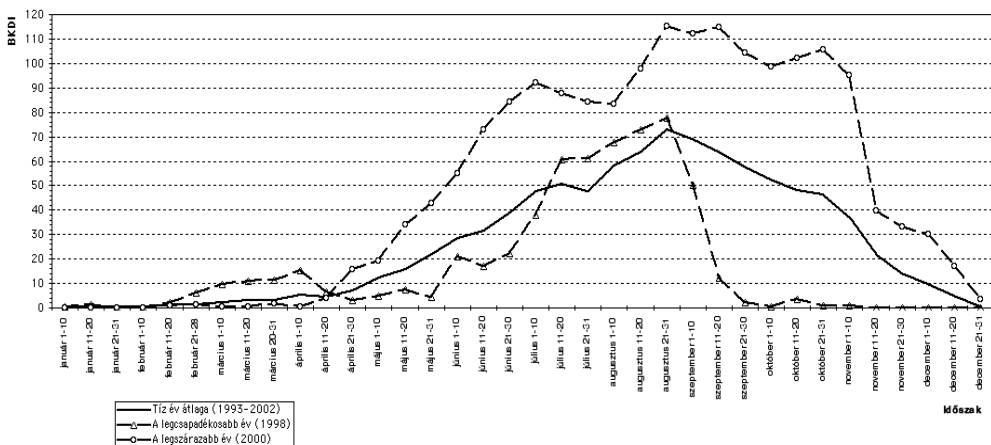
EBERHARDT és LATHAM (2000) pennsylvaniai *Pinus rigida*-állományok vizsgálata során az 1960-tól 1990-ig terjedő évekre számolta ki a BKDI változását. Az évi maximumok saját eredményeinknél tágabb határok között, 45 és 137 mm-ekvivalens között változtak.

A napi BKDI értékeket naptári dekádokként is átlagoltuk az egyes években belül. Az index évi alakulása a legszárazabb és legcsapadékosabb években, valamint a 10 évet átlagolva a 4. ábrán látható. A 10 éves átlaggörbéről leolvasható, hogy a BKDI áprilistól kezd jelentősebben emelkedni, legmagasabb értékét (72,8 mm-ekvivalens) augusztus utolsó harmadában éri el. Ezt követően folyamatosan csökken, majd év végére nulla közelébe esik vissza. Tehát a szárazság szempontjából legkritikusabb időszaknak augusztus és szeptember hónapok tekinthetők. A BKDI átlagában átmeneti csökkenés figyelhető meg július végén. Ennek oka az lehet, hogy a 10 éves vizsgálati periódus túl rövid volt ahhoz, hogy kiegyenlítse a BKDI nagyobb nyári esőkből adódó, véletlenszerűen azonos időszakokra eső csökkenéseit.

A csapadékban gazdag 1998. évben szintén augusztus utolsó dekádjában emelkedett a legmagasabbra a BKDI értéke (átlagosan 77,8 mm-ekvivalens). Ez némileg meghaladja a 10 éves átlagot, de ezt az időszakot követően az index meredeken csökkent, és szeptember végétől már nulla közelében maradt. Ez is jelzi, hogy az átlagot egy-egy rövidebb időszak erejéig, az egyes konkrét években (még a csapadékosokban is) könnyen meghaladhatja a BKDI aktuális értéke.

A 2000. év csapadékhiánya volt a leginkább szembetűnő. Az index maximumát szintén augusztus végén érte el (115,3 mm-ekvivalens). Jelentősebb csökkenése csak november közepén következett be, és csak december utolsó napjaiban állt vissza nullára, azaz a talaj felső rétege ekkorra érte el a teljes víztelítettséget.

Mivel a kiszáradás sebessége a napi maximális hőmérséklet függvénye, ennek dekádokénti értékét is kiszámoltuk, 10 évet átlagolva. A napi maximum hőmérséklet március második dekádjától november első dekádjáig meghaladja a 10 °C-ot, tehát ezekben a hónapokban kell száradással számolnunk a csapadékmentes napokon. A legmelegebb időszak augusztus eleje (28,9 °C), a talaj vízvesztése ekkor a leggyorsabb. A legnagyobb



4. ábra A BKDI (Byram-Keetch szárazsági index) évi változása 10 év (1993–2002) átlagaként, valamint a legcsapadékosabb (1998) és a legszárazabb (2000) évben.

Figure 4. Annual changes of the mean value of BKDI (Byram-Keetch Drought Index) as the average of years between 1993 and 2002, as well as in the wettest year (1998) and in the driest year (2000).

ütemű száradás tehát leginkább július-augusztus folyamán valósul meg.

#### Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Bózsing Erikának a terepmunkában nyújtott értékes segítségért. Munkánkat az Országos Tudományos Kutatási Alapprogramok (T-037732) támogatásával végeztük.

#### Irodalom

- BÓDIS J. 1993: A feketefenyő hatása nyílt dolomitsziklagyepre. Texturális változások. Bot. Közlem. 80: 129–139.
- BORHIDI A. 1956: Feketefenyveseink társulási viszonyai. Bot. Közlem. 46: 275–285.
- BUSSAY A. 1995: Az erdőtüz és a meteorológiai tényezők közötti kapcsolatok. Erdészeti Lapok 130: 149.
- CLARK J. S., ROYALL P. D., CHUMBLEY C. 1996: The role of the fire during climate change in an eastern deciduous forest at Devil's Bathhtub, New York. Ecology 77: 2148–2166.
- CSERESNYÉS I. 2004: Dolomitra telepített feketefenyvesek avarproduktumának és tűzveszélyességének vizsgálata. Egyetemi szakdolgozat, ELTE, Budapest.
- CSERESNYÉS I., BÓZSING E., CSONTOS P. 2003: Erdei avar mennyiségének változása dolomitra telepített feketefenyvesekben. Természetvéd. Közlem. 10: 37–49.
- CSONTOS P., HORÁNSZKY A., KALAPOS T., LÓKÖS L. 1996: Seed bank of *Pinus nigra* plantations in dolomite rock grassland habitats, and its implications for restoring grassland vegetation. Annl. hist.-nat. Mus. natn. hung. 88: 69–77.
- CSONTOS P., TAMÁS J., KALAPOS T. 1998: A magbank szerepe a dolomitnövényzet regenerálódásában korábban feketefenyvessel borított területeken. In: CSONTOS P. (szerk.): Sziklagyeppek szünbotanikai kutatása. Scientia Kiadó, Budapest, pp. 183–196.
- DUNKEL Z., STOLLÁR A., SZABÓ T., TIRINGER Cs. 1990: A területi párolgás meghatározása Magyarországon. Időjárás 94: 149–155.
- EBERHARDT R. W., LATHAM R. E. 2000: Relationships among vegetation, surficial geology and soil water content at the Pocono mesic till barrens. J. of the Torrey Bot. Soc. 127: 115–124.
- FIORETTO A., MUSACCHIO A., ANDOLFI G., DE SANTO A. V. 1998: Decomposition dynamics of litters of various pine species in a Corsican pine forest. Soil Biology and Biochemistry 30: 721–727.
- GARCÍA-PLÉ C., VANRELL P., MOREY M. 1995: Litter fall and decomposition in a *Pinus halepensis* forest on Mallorca. J. of Vegetation Science 6: 17–22.
- GELETA F. 1995: Erdőtüzek okainak hatásvizsgálata. Erdészeti Lapok 130: 150.
- GHIMESSY L. 1995: Erdőtüzek és azok hatása erdeinkre. Erdészeti Lapok 130: 150–151.
- GRANSTRÖM A. 1993: Spatial and temporal variation in lightning ignitions in Sweden. J. of Vegetation Science 4: 737–744.
- HALBRITTER A., CSONTOS P., TAMÁS J., ANTON A. 2003: Dolomitsziklagyeppek és feketefenyvesek talajainak összehasonlító vizsgálata. Természetvéd. Közlem. 10: 19–35.
- HALBRITTER A., CSONTOS P., TAMÁS J., ANTON A. 2005: Van-e a feketefenyves-teleptésnek hatása a dolomítváztalajok minőségére? In: ANTAL K., MICHÉLI E., SZABÓNÉ KELE G. (szerk.): Talajtani Vándorgyűlés, Kecskemét, 2004. 08. 24–26. (a Talajvédelem különszáma) Talajvédelmi Alapítvány, Budapest, pp. 250–258.
- HARTLEY M. J. 2002: Rationale and methods for conserving biodiversity in plantation forest. Forest Ecology and Management 155: 81–95.
- HORÁNSZKY A. 1996: Növénytársulástani, erdőgazdálkodási és természetvédelmi kérdések a Kis- és Nagy-Szénáson. Természetvéd. Közlem. 3–4: 5–19.
- INSTAT 1997: GraphPad InStat Demo, Version 3.00 for Win 95/NT. GraphPad Software Incl., San Diego.
- JÁRÓ Z. 1996: Ökológiai vizsgálatok a Kis- és Nagy-Szénáson. Természetvéd. Közlem. 3–4: 21–53.
- JOHNSON E. A., FRYER G. I., HEATHCOTT M. J. 1990: The influence of man and climate on frequency of fire in the interior wet belt forest, British Columbia. J. Ecol. 78: 403–412.
- JOHNSON E. A., LARSEN C. P. S. 1991: Climatically induced change in fire frequency in the southern Rockies. Ecology 72: 194–201.
- KAKAS J. (szerk.) 1960: Magyarország éghajlati atlasza. Országos Meteorológiai Intézet. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- KAVVADIAS V. A., ALIFRAGIS D., TSIONTSIS A., BROFAS G., STAMATELOS G. 2001: Litterfall, litter accumulation and litter decomposition rates in four forest ecosystems in northern Greece. Forest Ecology and

- Management 144: 113–127.
- KEETCH J. J., BYRAM G. M. 1968: A Drought Index for Forest Fire Control. U.S.D.A. Forest Service Research Paper SE-38. Southeastern Forest Experiment Station, Asheville, NC.
- LICHTMAN P. 1998: The politics of wildfire: Lessons from Yellowstone. *J. Forestry* 96: 4–9.
- MIHÓK B. 1999: Telepített feketefenyves állományok természetvédelmi szempontú vizsgálata dolomiton. *Természetvéd. Közlem.* 8: 49–65.
- MILLÁN M. M., ESTRELA M. J., BADENAS C. 1998: Synoptic analysis of meteorological processes relevant to forest fire dynamics on the Spanish mediterranean coast. In: MORENO, J. M. (ed.): Large forest fires. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 1–30.
- MOLNÁR E. 1975: A survey of studies on grassland production in Hungary. *Acta Bot. Hung.* 21: 91–101.
- NIKLISSON M., GRANSTRÖM A. 2000: Numbers and sizes of fires: long-term spatially explicit fire history in a Swedish boreal landscape. *Ecology* 81: 1484–1499.
- ORSZÁGOS METEOROLÓGIAI SZOLGÁLAT 1993–2002: Napi Időjárásjelentések.
- PALIK B. J., MITCHELL R. J., HIERS J. K. 2002: Modelling silviculture after natural disturbance to sustain biodiversity in the Longleaf pine (*Pinus palustris*) ecosystem: balancing complexity and implementation. *Forest Ecol. Manag.* 155: 347–356.
- PAPP L. 1972: Az avarprodukció és jelentősége a biológiai produktivásban. *Bot. Közlem.* 59: 173–180.
- PAUSAS J. G. 1997: Litter fall and litter decomposition in *Pinus sylvestris* forests of the eastern Pyrenees. *J. of Vegetation Science* 8: 643–650.
- PRÉCSÉNYI I. 1971: A Föld növénytakarója primer produkciójának becslése. *Bot. Közlem.* 58: 53–57.
- RICOTTA C., AVENA G. C., OLSEN E. R., RAMSEY R. D., WINN D. S. 1998: Monitoring the landscape stability of Mediterranean vegetation in relation to fire with a fractal algorithm. *Intern. J. of Remote Sensing* 19: 871–881.
- SWETNAM T. W. 1993: Fire history and climate change in giant sequoia groves. *Science* 262: 885–889.
- SZABÓ P. 1997 (szerk.): Magyarország erdőállományainak főbb adatai 1996. Országos adatok. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest.
- TAMÁS J. 1997: A növényzet regenerálódása leégett feketefenyvesek helyén, dolomiton. Egyetemi szakdolgozat, ELTE, Budapest.
- TAMÁS J. 2001a: A feketefenyvesek telepítése Magyarországon, különös tekintettel a dolomitkopárokra. *Természetvéd. Közlem.* 9: 75–85.
- TAMÁS J. 2001b: tűz utáni szukcesszió vizsgálata feketefenyvesekben. Egyetemi doktori értekezés kézirat, ELTE, Budapest.
- TAMÁS J. 2003: The history of Austrian pine plantations in Hungary. *Acta Botanica Croatica* 62: 147–158.
- TAMÁS J., CSONTOS P. 1995: Comparative coenological studies following forest fires. Abstracts of the 7th European Ecological Congress, EURECO 95, August 20–25, Budapest, p. 244.
- TAMÁS J., CSONTOS P. 1998: A növényzet tűz utáni regenerálódása dolomitra telepített feketefenyvesek helyén. In: Csontos P. (szerk.): Sziklagyepek szünbotanikai kutatása. Scientia Kiadó, Budapest, pp. 231–264.
- VIEGAS D. X. 1998: Weather, fuel status and fire occurrence: predicting large fires. In: MORENO, J. M. (ed.): Large forest fires. Backhuys Publishers, Leiden, pp. 31–48.
- VIEGAS D. X., BOVIO G., FERREIRA A. D., NOSENZO A., SOL B. 1999: Comparative study of various methods of fire danger evaluation in Southern Europe. *Intern. J. of Wildland Fire* 9: 235–246.
- VIEGAS D. X., VIEGAS M. T., FERREIRA A. D. 1990: Characteristics of some forest fuels and their relation to the occurrence of fires. *Proc. 1st Int. Conf. on Forest Fire Research, Paper B.03, Coimbra, Portugal.*
- VIEGAS D. X., VIEGAS M. T., FERREIRA A. D. 1992: Moisture content of fine forest fuels and fire occurrence in Central Portugal. *Intern. J. of Wildland Fire* 2: 69–86.
- ZACKRISSON O. 1977: Influence of forest fires on the North Swedish boreal forest. *Oikos* 29: 22–32.
- ZAMBÓ P. 1995: A Pílisi Parkerdő Rt. területén 1993–1994-ben bekövetkezett erdőtüzekről, a kár mértékéről és annak felszámolására tett erőfeszítésekről. *Erdészeti Lapok* 130: 152.

CHANGE IN DROUGHT CONDITIONS OF *PINUS NIGRA* STANDS IN HUNGARYI. CSERESNYÉS<sup>1</sup>, P. CSONTOS<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institute of Biomolecular Chemistry, Chemical Research Center, Hungarian Academy of Sciences  
Pusztaszeri út 59–67, Budapest, H-1025, Hungary; e-mail: cseresnyes.imre@freemail.hu

<sup>2</sup>MTA-ELTE Research Group in Theoretical Biology and Ecology

Pázmány P. stny. 1/C, Budapest, H-1117, Hungary; e-mail: cspeter@ludens.elte.hu

**Key words:** Austrian pine, Byram-Keetch Drought Index, drying, fire danger, needle litter, water content

Planting of Austrian pine (*Pinus nigra* Arn.) has been in progress for 150 years in Hungary and causes many nature conservation and economic problems. The pine stands eliminate the species rich dolomite rock grassland vegetation. Important additional problems are the frequent forest fires which cause grave damages.

The risk of fire initiation in the pinewood depends on the amount of available fuel, the existing meteorological factors and the drought conditions. In our study we determined the temporal change in water content of the accumulated needle litter. The needle litter samples were collected from 48 pine stands, and their water contents were determined by measuring fresh- and dry weights. Number of days since last rain was counted using the rainfall data of Budapest-Lőrinc meteorological station. The water content of accumulated needle litter was represented graphically as a function of days since last rain. The water content of needle litter showed exponential decrease with the increase of days since last rain.

The annual change in drought conditions was examined by means of Byram-Keetch Drought Index (BKDI), which is the water deficit (expressed in mm-equivalent) in the upper 200 mm layer of the litter and soil. The BKDI depends on the amount of last net rain and the number of days since last rain. The daily increase of BKDI (which shows the drying rate) can be calculated from the daily maximum temperature and the daily rainfall.

To analyse the annual trend of BKDI we used the daily maximum temperature and daily rainfall as measured at Budapest-Lőrinc station from 1993 to 2002. On the basis of these data the daily BKDI's were calculated from 1993 to 2002. The annual means of BKDI were counted from the daily BKDI values. This mean was the highest in 2000 (48.9 mm-equivalent), so this was the most droughty year. 1998 proved to be the wettest year, the annual mean of BKDI was 16.6 mm-equivalent. The annual maximum values of BKDI were determined, too. The highest BKDI between years 1993 and 2002 was 119.5 mm-equivalent, which prevailed on September 1st, 2000.

The means of BKDI were calculated on every decade from the daily BKDI values, and the annual change in these means were counted in the 10 studied years both separately and together. Our results clearly demonstrate that the BKDI begins to increase in April, reaches its maximum (72.8 mm-equivalent) in the last decade of August and after a continuous decrease falls to zero by the end of December. Consequently, regarding fire-risk the most crucial months are August and September, because the drought is the greatest at this time. The first decade of August is the hottest period in the year (average daily maximum temperature: 28.9 °C), so the drying is the most intensive in this term. The temperature requirement for drying is a daily maximum of 10 °C or above, that prevails from the middle of March to early November in the studied region.