

MAGYAR TUDOMÁNYOS AKADÉMIA  
FÖLDRAJZTUDOMÁNYI KUTATÓ INTÉZET  
BUDAPEST



Levegő, Földrajz és Környezetvédelem, Budapest, 1988

8.



1988

műhely

A KÖRNYEZETMINŐSÍTŐ ÉS SZÁMÍTÁSTECHNIKAI  
OSZTÁLY TANULMÁNSOROZATA

Tózsza István – Galambos József  
Pelle László  
Szolárisenergia térképezés



CÍM: BUDAPEST VI.  
NÉPKÖZTÁRSASÁG  
ÚTJA 62.  
1388 PF.64

TELEFON: 116-838  
TELEX : (22) 6413

IGAZGATÓ

**DR. PÉCSI MÁRTON**

AZ MTA RENDES TAGJA

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

**DR. GALAMBOS JÓZSEF**

**DR. KOVÁCS ZOLTÁN**

**DR. TÓZSA ISTVÁN**

TECHNIKAI SZERKESZTŐ

**SZABÓ JENŐNÉ**

SZOLÁRISENERGIA-TÉRKÉPEZÉS

Dr. Tózsza István

Dr. Galambos József - Dr. Pelle László

A szolárisenergia tér- és időbeli eloszlásának ábrázolása a gazdasági térszerkezet tervezésében fontos információ lehet a vetés-szerkezet és a növénykultúrák táblahatárainak racionális módosításában és a naperőművek telepítésében. Az ökológiai kutatásokban egy-egy táj stabilitásának és terhelhetőségének a megállapításában lehet alkalmazni a jelen tanulmányban bemutatott módszert.

PROBLÉMAFELVETÉS

A természeti erőforrások racionális hasznosítása korunk egyik meghatározó követelménye. Az erőforrások közül a szolárisenergia tekinthető a társadalom szempontjából kimeríthetetlen, korlátlan ideig rendelkezésre álló, egyben a legkevésbé környezetszennyező energiaforrásnak. A társadalom természeti környezetében fejlődő tájak kapcsolatrendszerei és kölcsönhatásrendszerei jelentős mértékben a rendelkezésre álló napenergiától függenek. A kapcsolatrendszerek erőssége meghatározó jelentőségű a táj stabilitása és ebből következően az antropogén terhelhetősége szempontjából.

A tájban hasznosuló szolárisenergia mennyisége a Nap napi és évi járásától, a légköri sajátosságoktól,

a domborzati viszonyoktól és a különböző minőségű földfelszínek albedójától függ. A fenti tényezők közül a társadalom környezetátalakító tevékenysége következtében a legdinamikusabban a különféle földhasznosítással összefüggő albedók térbeli eloszlása változott. Régebben a természetes tájak zonális és azonális törvényszerűségek által meghatározott albedói viszonylag egynemű energiaeeloszlást biztosítottak. Napjainkban a terület-hasznosítási módok /és albedóik/, pl. a vetésszerkezet, igen gyorsan változnak. Ennek következtében viszonylag kis területeken belül is jelentős energiabevétel különbözőségei alakulhatnak ki. Minden alapunk megvan annak feltételezésére, hogy az energiabevétel különbözőségei eredményeként létrejövő helyi légcirkulációk változottsága helyi, regionális időjárási szabálytalanságokat idézhet elő, ill. a szélsőséges jelleget erősítheti. Ez a feltételezés arra világít rá, hogy a jövőben a területhasznosítás tervezése során - napjaink gyakorlatától eltérően - az energiabevételben várható különbözőségeket is figyelembe kell venni.

#### CÉL

A módszer célja olyan térképek előállításának, amelyek a tájban aktivizálódó szolárisenergia tér- és időbeli eloszlását ábrázolják. Ezáltal olyan információt biztosítanak, amely az észszerű területhasznosítás tudo-



mányos megalapozásához szükséges.

A földfelszint elérő és ott hasznosuló szolárisenergia mennyiségének feltérképezése során az alábbiak szerint járunk el:

Először egymástól függetlenül határozzuk meg azokat a faktorokat, amelyek a térképezendő területen befolyásolják a napenergia tér- és időbeli eloszlását. A földrajzi szélesség és hosszúság, valamint a Nap évi és napi járásának ismeretében megállapítjuk, hogy a légkör felső határára érkező energiamennyiség mekkora hányada juthat le a földfelszínre. Ezt követően feltérképezzük, a vizsgált terület domborzatának lejtését és égtáji kitettségét. Ennek során gömbháromszögi összefüggéssel kiszámítjuk, hogy a domborzati viszonyok milyen mértékben befolyásolják a földfelszínre lejutó napenergia mennyiségét. Végül a felszín különféle hasznosítási módjaihoz tartozó albedók ismeretében meghatározzuk, hogy a felszínre érkező napsugárzás mekkora hányada verődik vissza a légtérbe, ill. nyelődik el. Az eredményként joule-ban kifejezett energiamennyiségeket kategóriákba sorolva az adott terület hasznosítható energiaeloszlásának térképén ábrázoljuk.

#### MÓDSZER

Az Északi szélesség  $47^{\circ}$ -án a csillagászatilag lehetséges napfénytartam április 1. - szeptember 30. között

Összesen 2625 óra 14 perc. Magyarország Éghajlati Atlasza azonban a tenyészidőszak tényleges, 60 év átlagában számolt napfénytartamát 1275-1550 óra között jelöli hazánk területén. Ennek alapján a direkt sugárzást korlátozó "felhő-filter" hazánk területén 0.48-0.58 közötti érték. Az "energiaszűrő felhő-filter" regionális változása Magyarország Éghajlati Atlaszában "A tenyészidőszak napsütéses óráinak száma" c. térkép foltjainak megfelelően alakul. A tenyészidőszak során a sík felszínre érkező napenergia mennyiséget nem elég a felhőzettség direkt sugárzást korlátozó tényezőjével szűrni. A Nap kelésekor és nyugvásakor a napsugárzás vastagabb légrétegen át érkezik a felszínre mint pl. delelőkor. Így a felszínre érkező napenergia kiszámításakor figyelembe kell vennünk a légkör szűrő hatását; a Nap napi járása során állandóan változó óraszögét és a napmagasság szögét, valamint a Nap azimutját /a horizontra merőleges vertikális főkör és a meridián által zárt szöget/. Figyelembe kell venni továbbá azt a tényt, hogy a nappálya /ekliptika/ az égi egyenlítővel szöget zár be, s ez a szög az év során változik, tehát a tenyészidőszak minden egyes napjára más deklinációt /a Nap égi egyenlítőtől mért szögtávolságát/ kell számításba vennünk.

Összegezve: ahhoz, hogy kiszámíthassuk a tenyész-

időszak során a sík felszínnel közölt direkt napsugárzás energiamennyiségét, a következő adatokat kell számításba vennünk:

A földrajzi szélességet, a regionális felhőzöttséget, a Napállandót, a légkör átbocsájtási együtthatóját és homályossági tényezőjét, valamint a közepes Nap-Föld távolságot.

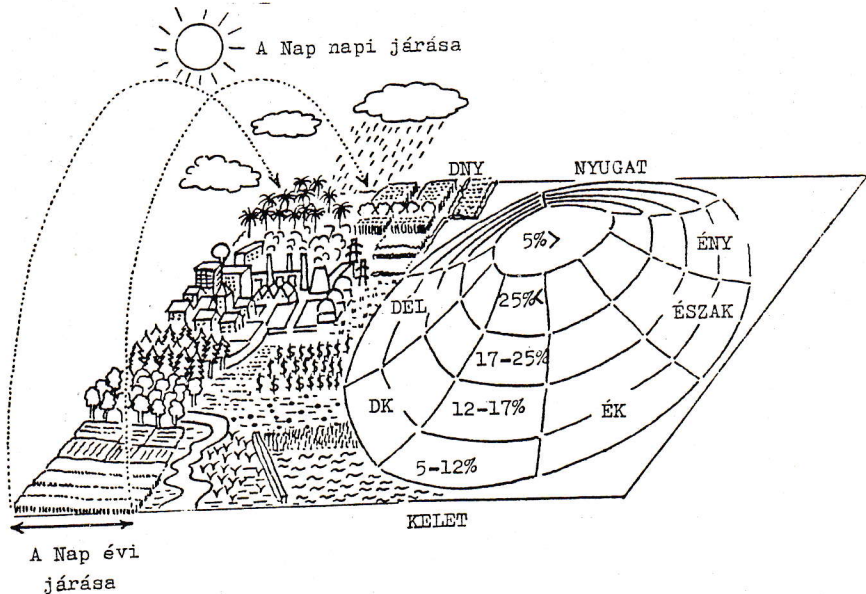
A fenti tényezők ismeretében kiszámolható, hogy a tenyészidőszak napjai során külön-külön és összegezve mennyi hőenergia éri el a sík felszínt direkt sugárzás formájában. Ez egyszerűsítve a napsugárzás légkörben megtett útjának hosszától; ill. a Nap napi és évi járásától függ.

A sík felszínnel közölt energia mennyisége azonban a lejtők meredekségének és égtáji kitettségének a függvényében módosul. A módosító hatás sematikus rajzát az 1.ábra szemlélteti.

A fentiekből kiderül, hogy a hőenergia eloszlásának térképét - a sík felszínre érkező energiamennyiség ismeretében - gyakorlatilag egy lejtőkitettség és egy lejtőmeredekség térkép egymásra illesztésével állíthatjuk elő. Hazánkban az  $5^\circ >$  /sík felszín/, az  $5-12^\circ$ , a  $12-17^\circ$ , a  $17-25^\circ$  és a  $25^\circ <$  lejtőkategóriák megkülönböztetése, ill. térképezése terjedt el a mezőgazdaság igényeinek megfelelően. A 8 égtáji kitettség

1. ábra

A különböző kitétségű, meredekségű és területhasznosítású felszínek kapcsolata a szoláris energiával.



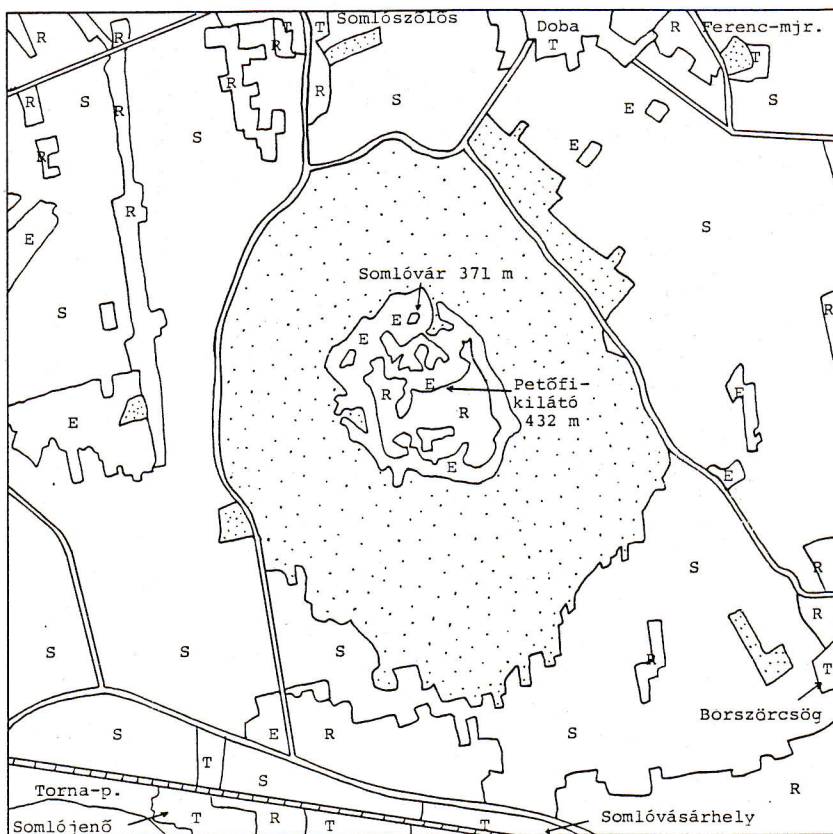
és a 4-féle meredekség összesen 32-féle energia-eloszlás változatot eredményez. Azaz, a sík felszínre számított energiamennyiség 32-féleképpen módosulhat a domborzati viszonyoknak megfelelően, ezen kívül 10-20 féleképpen a különféle földhasználati típusokhoz kötődő albedóknak megfelelően.

A hőenergiaeloszlás-térképezés gyakorlati végrehajtásának illusztrációjára egy-erre a célra - ideális helyet választottunk ki: a Somló-hegyet. A 2. ábra a Somló-hegy és környékének földhasznosítási formáit



2. ábra.

A SOMLÓ-HEGY FÖLDHASZNOSÍTÁSI TÉRKÉPE

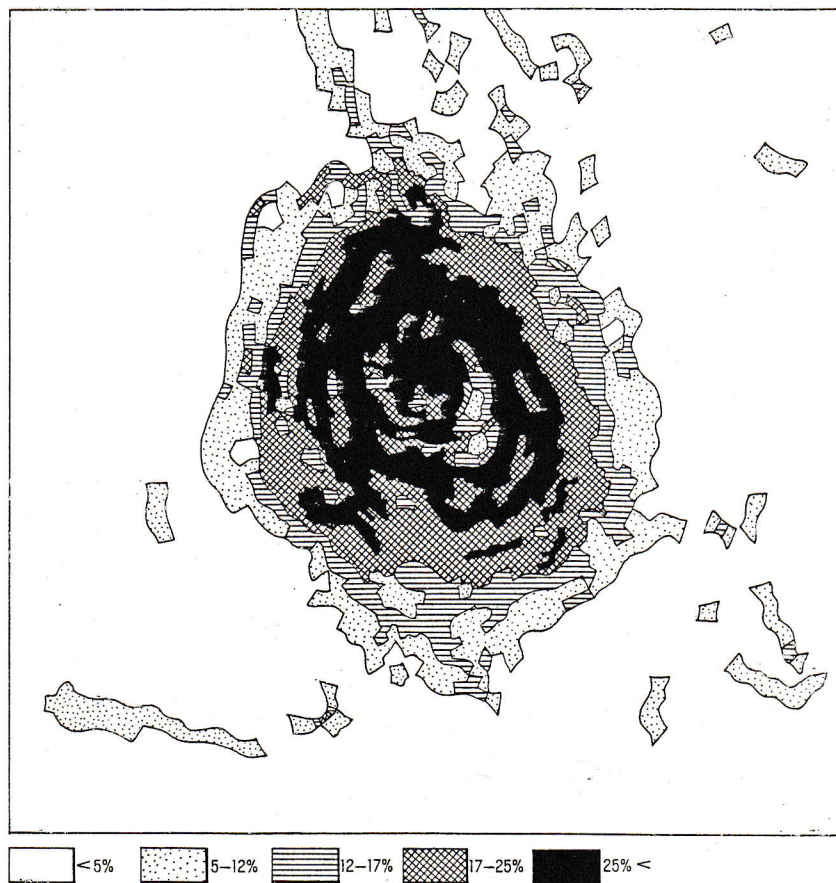


M 1:25 000  
0 1 km

T	Település	E	Erdő
•••••	Szőlő, gyümölcsös	—/—	út
R	Rét	— —	Vasút
S	Szántó	~ ~ ~	Patak

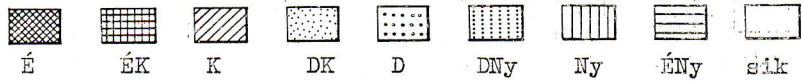
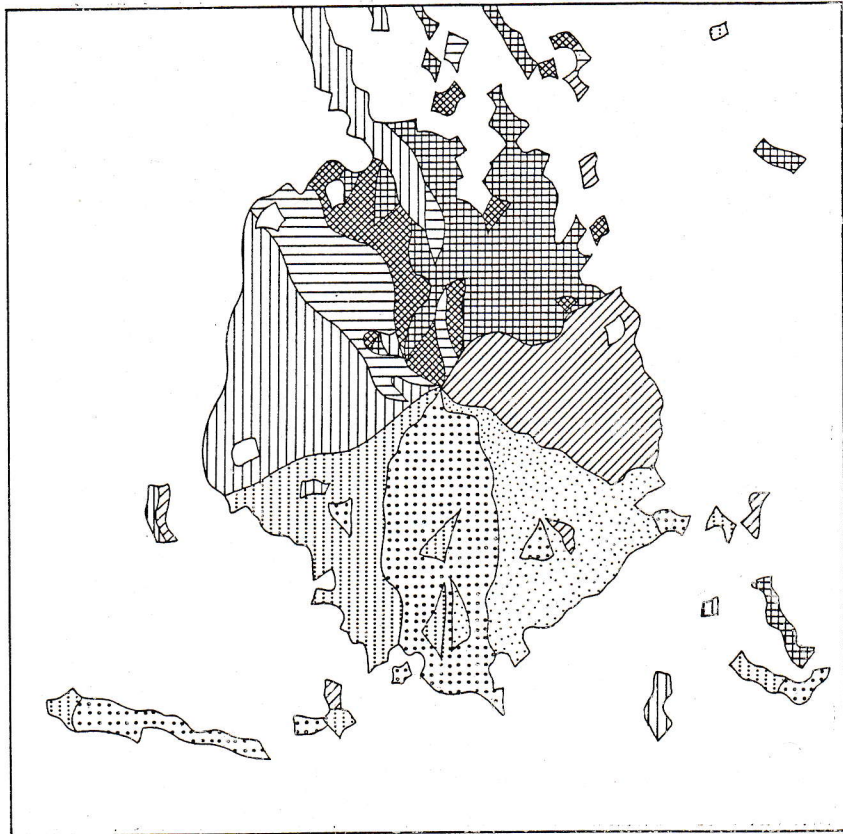
3. ábra

A SOMLÓ-HEGY LEJTŐKATEGÓRIA TÉRKÉPE

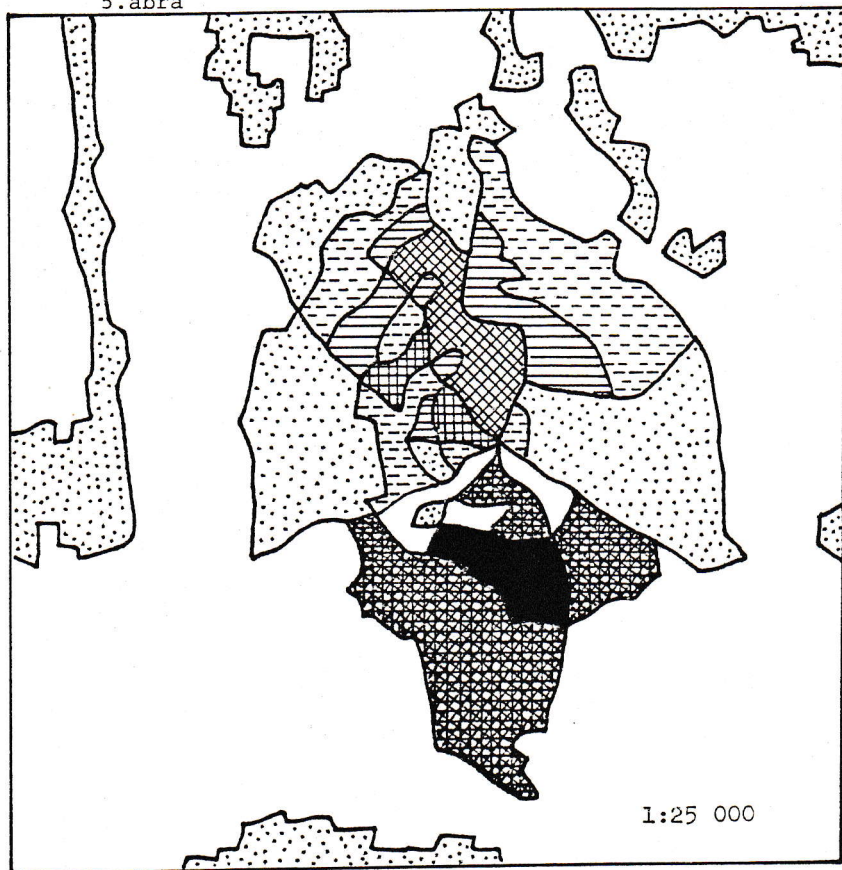


4. ábra.

A SOMLÓ-HEGY LEJTŐEXPOZÍCIÓ TÉRKÉPE



5. ábra



A SOMLÓ-HEGY TENYÉSZIDŐSZAKI NAPENERGIA-ELOSZLÁS TÉRKÉPE

/A szőlő tenyészidőszakában/ MJ/m<sup>2</sup>



3937 - 4082

3795 - 3938

3651 - 3794

3507 - 3650



3363 - 3506

3219 - 3362

3076 - 3218

2932 - 3075



/albedó-típusait/ tünteti fel. A 3. ábra a hegy lejtőkategória térképét; a 4. ábra pedig a lejtők égtáji kitettségét ábrázolja. A három térkép egymásra helyezésével állítottuk elő a Somló-hegy szolárisenergia-eloszlás térképét, amelyet az 5. ábrán szemléltetünk. A számítások algoritmusát az alábbiakban közöljük:

Algoritmus

Napállandó:  $I_0 = 1354 \cdot \frac{J}{1 \cdot m^2} \cdot \left(\frac{W}{m^2}\right)$  közepes Nap--

Föld távolságnál

$\ell = \frac{\text{pillanatnyi Nap--Föld távolság}}{\text{közepes Nap--Föld távolság}}$  értéke min-

den egyes napra adott

$q =$  a légkör komplex átbocsájtási együtthatója

/ $q = 0,93$ /

$A =$  homályossági tényező /pl.  $A=35$ /

$m =$  Napmagasság

$\varphi =$  földrajzi szélesség

$\delta =$  a Nap deklinációja

$\omega =$  a Nap óraszöge

$\omega_0 =$  a Nap nyugvásának óraszöge /a kelés óraszöge

-  $\omega_0$  /

A Nap magassága, a  $\varphi$  és  $\delta$  ismeretében az óraszög függvényében:

$$\sin m = \sin \varphi \sin \delta + \cos \varphi \cos \delta \cos \omega \quad /1/$$

ebből a nyugvás óraszöge  $\omega_0$  /  $\sin m = 0$  / :

$$\cos \omega_0 = - \operatorname{tg} \varphi \operatorname{tg} \delta \quad /2/$$

$a$  = a Nap azimutja

Az azimut és az óraszög közötti összefüggés:

$$\operatorname{ctg} a = \frac{\sin \varphi \cos \omega - \operatorname{tg} \delta \cos \varphi}{\sin \omega}$$

$$a = \operatorname{arc} \operatorname{ctg} \frac{\sin \varphi \cos \omega - \operatorname{tg} \delta \cos \varphi}{\sin \omega} \quad /3/$$

$\alpha_l$  = a lejtő azimutja /a lejtő iránya/

$i$  = a lejtő szöge

$Z$  = a Nap sugárzásának úthossza a légkörben

$$Z = \begin{cases} 39,7 \exp /-0,315 \cdot m/ & \text{ha } 0^\circ < m \leq 3^\circ \\ \frac{1}{\sin m} - 66,6 \cdot m^{-2,58} & \text{ha } 3^\circ < m \leq 8^\circ \\ \frac{1}{\sin m} - 161,8 \cdot m^{-3,02} & \text{ha } 8^\circ < m \leq 35^\circ \\ \frac{1}{\sin m} & \text{ha } 35^\circ < m \end{cases} \quad /4/$$

A sík felszínre érkező direkt sugárzás egy adott időpillanatban:

$$I_v = I_0 \cdot \frac{1}{r^2} \cdot q^{AZ} \cdot \sin m \quad /5/$$

A napállandó értékét számítsuk át mp-ről radiánra

$$\frac{86400}{2\pi} \cdot 1354 = 18618836 \cdot \frac{J}{s \cdot m^2} = 18,62 \cdot \frac{MJ}{sm^2} = C \quad /6/$$

szöget radiánban mérjük

A lejtőre érkező direkt sugárzás mennyisége egy adott időpillanatban:

$$I_\ell = I_0 \cdot \frac{1}{r^2} \cdot q^{AZ} / \sin m \cos i + \cos m \sin i \cos/a-a_\ell / \quad /7/$$

S = a napi sugárzás összege

A napi sugárzás összeget a pillanatnyi sugárzást leíró függvény napkeltétől napnyugtáig való integrálásával kapjuk:

$$S = C \cdot I_0 \cdot \frac{1}{r^2} \int_{-\omega_0}^{\omega_0} q^{AZ} / \sin m \cos i + \cos m \sin i \cos/a-a_\ell / d\omega$$

- a változókat /z, m, a/ -val kell kifejezni;  
ez megoldható /1/, /3/, /4/ segítségével
- az integrálási határok /2/-ből kiszámíthatók
- C konstans értéke /6/-ban adott
- a  $\delta$  értéke minden egyes napra adott és az adott napon állandónak vehető.

Az algoritmus alapján végzett konkrét számításokkal a sugárzás mennyiségét egy-egy adott napra, egy-egy adott lejtőre meg lehet határozni.

#### AJÁNLÁS

Az így előállított térképek fontos adatokat biztosítanak az olyan kutatások számára, amelyek célja a táj stabilitásának és gazdasági tevékenységekkel való terhelhetőségének a megállapítása. A térképek alapján egyértelműen kijelölhetők azok területek, amelyek a naperőművek telepítésére - az adott térségben - a legalkalmasabbak. Az energiaeloszlás-térképek adatai összehasonlíthatók a termesztett növények hő- és fényigényével, s ennek alapján a vetésszerkezet és a növénykultúrák táblahatárai racionálisan módosíthatók.

A tájban hasznosítható szolárisenergia eloszlását ábrázoló térképeinket a fentiek értelmében előnyösen használhatják fel a tájökológiával és a környezetvédelemmel foglalkozó intézményekben; a napenergiát ipari, mezőgazdasági és lakótelepi fűtésre kiaknázó erőművek tervezésében, valamint a hőviszonyokhoz igazodó mezőgazdasági vetésszerkezet kialakításában.

#### IRODALOM

Justyák, J.-Martonné, Erdős K. 1979. A domborzatnak és a napsugárzásnak mint termőhelyi tényezőknek alakulása a Bodrogkeresztúri-félmedencében. Földr. Ért. 28. 3-4. 249-266.



- Justyák, J.-Tar, K. 1974. A keleti és a nyugati lejtőre és a vízszintes felszínre jutó közvetlen sugárzás kapcsolata. Időjárás 78. 4. 228-234.
- Mészáros, I.-Probáld, F. 1968. Lejtőtulajdonságok hatása a közvetlen besugárzás mennyiségi eloszlására Földr. Ért. 17. 2. 249-256.
- Péczely Gy. 1979. Éghajlattan. - Tankönyvkiadó, Budapest, 336 p.

#### SUMMARY

Mapping the spatial and temporal distribution of solar heat can be an important information in the planning of economic spatial structure to modify cropland patterns and the boundaries of farm fields rationally and to plant solar power stations. The method described in the present study can be applied in ecological researches to reveal the stability and exploitability of the landscape.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die Darstellung der säumlichen und zeitlichen Verteilung der Solarenergie in der Planung der ökonomischen Raumstruktur enthält mögliche wichtige Informationen für die rationelle Modifizierung der Parzellenwirtschaft der Pflanzenkulturen und des Fruchtumlaufs, sowie für die Ansiedlung von Solarkraftwerken. Bei den ökologischen Forschungen kann die in der vorliegenden Studie geschilderte Methode angewandt werden, um die Belastbarkeit und die Stabilität der bestimmten Region festzustellen.

#### SUMARIO

La figuración de la distribución espacial y temporal de la energía solar puede ser una información importante en la planificación de la estructura espacial económica y para la modificación razonable de los límites del sistema de siembra, de las hojas de las plantas cultivadas y para establecer centrales solares. El método publicado en este estudio puede ser útil en las investigaciones ecológicas para definir la estabilidad y explotabilidad del paisaje.