



Miskolci Egyetem
Műszaki Földtudományi Kar
Földrajz-Geoinformatika Intézet



A HASZNOSÍTHATÓ NAPENERGIA SZÁMÍTÁSA TÉRINFORMATIKAI MÓDSZEREKKEL ADOTT IRÁNYÚ ÉS DŐLÉSSZÖGŰ FELÜLETEKRE

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Készítette:

Szalontai Lajos

okl. geográfus

Tudományos témavezető:

Kocsis Károly

intézetigazgató, egyetemi tanár, az MTA levelező tagja

MIKOVINY SÁMUEL FÖLDTUDOMÁNYI DOKTORI ISKOLA

Miskolci Egyetem

A doktori iskola vezetője: Prof. Dr. Dobróka Mihály, egyetemi tanár

MISKOLC, 2015

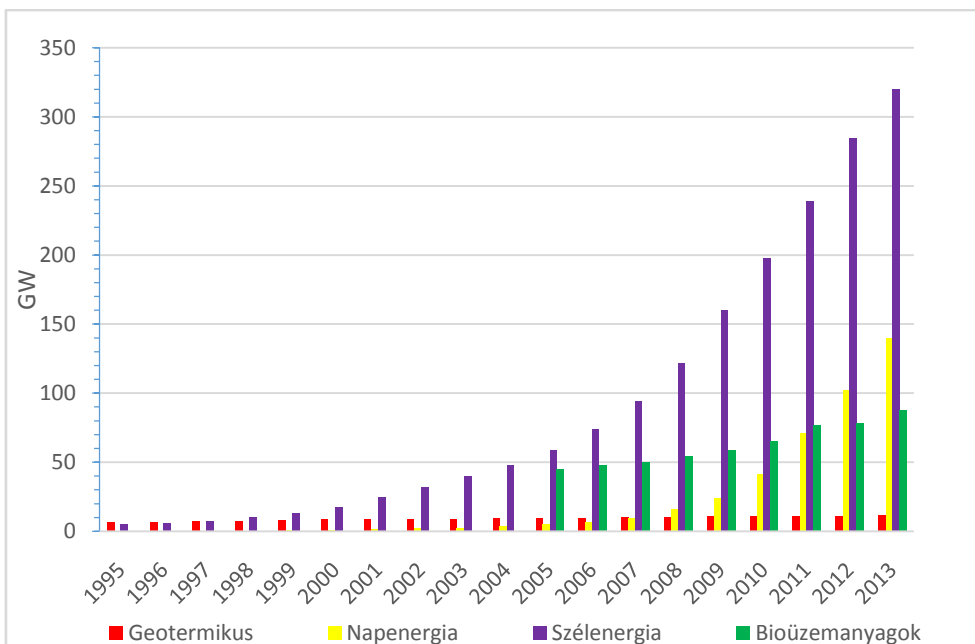
I. BEVEZETÉS, KUTATÁSI ELŐZMÉNYEK

Az energiaellátás folyamatos, fenntartható (mind környezetileg és mind gazdaságilag) biztosítása a XXI. századra elérte azt a szintet, hogy nem korlátozható a „hagyományos” energiahordozók hasznosítására, továbbá a környezetünk megóvása érdekében szükségessé vált az alternatív, tiszta energiaforrások részarányának növelése is az energiatermelésben. Noha a jelenlegi energiaigény fedezésére, a megújuló hasznosítására alkalmazott technológiájaként csak részben megfelelő hatásokúak, azonban azok használatával közvetlenül lassítható a hagyományos energiaforrások kitermelési üteme, valamint az energetikailag autonóm területek fejlődését-megalapozását szolgálhatják (Árpási et al. 2006, Büki 2004, EREC 2010). Ezen energiaforrások hasznosításának szükségességét tovább növeli a globálisan is érzékelhető politikai-gazdasági instabilitás, valamint a „hagyományos” energiahordozókban szegény országok energiafüggőségének csökkentése is. Kötelesség tehát megvizsgálni, felmérni az adott nemzet rendelkezésére álló alternatív energiaforrások hasznosítható mennyiségét országos, illetve lokális szinten is. A XXI. századra jelentős technológiai és gazdasági fejlődésen mentek keresztül a Föld nemzetei, melyekkel megteremtődött a megújuló nagyobb arányú hasznosításának lehetőségei is (Wilkins 2002). A kifejlesztett és bevált technológiáknak köszönhetően biztonságosan, tisztán, fenntartható módon, lokálisan (helyi termelés – helyben hasznosítás) és nem utolsó sorban gazdaságilag is megtérülő módszerekkel aknázhatjuk ki a természet megújuló energiáit. *A lakosság által települési környezetben is alkalmazható megújuló energiaforrást hasznosító technológiák egyre szélesebb körben elérhetővé, megfizethetővé váltak, továbbá megtérülési idejük is jelentősen lerövidült a korábbi évtizedekhez képest, így a lakosság megfelelő mennyiségű és minőségű adattal, információval való ellátása az általuk is hasznosítható megújuló energiaforrásokra vonatkozóan kiemelt érdekévé vált. Továbbá ezen információkat adatbázisokká alakítva önkormányzati megújuló energiaforrás adatbázisokat hozhatunk létre, melyek hozzájárulhatnak a különböző települési, térségi, járási (megújuló) energia hasznosítási tervek kidolgozásához.*

Az alternatív energiaforrások közül a napenergia az, mely a lakosság által is a legkönnyebben hasznosítható a napelemek és napkollektorok által, egyúttal az egyik legtöbb munkahelyet generálja a megújuló energiaforrások területén, valamint az épített környezet kiterjedése (tetőfelületek) miatt rendkívüli hasznosítható potenciállal bír (IRENA 2011, IRENA 2014), továbbá az elmúlt 15 év során a legnagyobb mértékű kapacitásbővüléssel bír a megújuló energiaforrások körében (1.ábra).

A GIS (Geographical Information System – Földrajzi Információs Rendszer) környezet a XX. század közepétől kezdődően elért egy olyan szintet, hogy a különböző térinformatikai és távérzékelési eljárások, módszerek lefolytatásával meglehetősen pontos megújuló energiaforráshoz köthető potenciálbecsléseket hajtsanak végre és azokat akár web-alapú információszolgáltatás útján publikálni is lehessen (Lang 1998, Pellegrino et al. 2008). A napenergia hasznosítható potenciáljának meghatározására és lakosság felé történő bemutatására az Egyesült Államokban, Nyugat-Európa országaiban (Németország, Nagy-Britannia, Ausztria)

már jelentek meg különböző minőségű *települési szintű*, úgynevezett **szolárkataszterek** (solarcadastre) (Agugiaro et al. 2010). *A szolárkataszter tulajdonképpen egy olyan nyilvántartási adatbázis, mely egy település, járás, régió tetőfelületei által hasznosítható napenergia potenciálját/besugárzás mennyiségét tartalmazza* (www.meteonorm.com alapján). *Kelet-Közép-Európában viszont eltekintve egy két különböző mélységű kutatástól (Csehország, Szlovákia – Hofierka et al. 2009, Magyarország – Munkácsy et al. 2008, DEnzero 2014) nem születtek még nyilvánosan közzétett térinformatikai módszerekkel, tetőfelületekre vonatkozó besugárzási kataszterek.*



1. ábra Globálisan beépített teljesítmény megújuló energiaforrások szerint
forrás: BP StatisticalYearbook 2014, Enerdata - Global EnergyStatisticalYearbook 2014
alapján készítette Szalontai L.

Kutatásom a napenergia hasznosítható potenciáljának térinformatikai módszerekkel történő minél pontosabb kiszámítására fókuszál. Kiemelten vizsgálva a napenergiát hasznosító eszközök helyeül szolgáló (tető)felületek dőlésszögeinek, kitétségeinek, a légköri paraméterek, valamint az épületek környezetében elhelyezkedő tereptárgyak (növényzet, magasabb épületek, domborzat) besugárzást módosító hatásait, amely eddig hazánkban eddig a kis mértékben megkutatott területek közé tartozott.

II. KITŰZÖTT CÉLOK

Kutatásom fő céljául *egy magyarországi, hiteles globálsugárzás mérés adataihoz igazodó szolárkataszter geoinformatikai alapokra helyezett módszertanának kidolgozását* tűztem ki, *a hazai viszonyok közt, önkormányzatok által is elérhető adatok/adatbázisok használatával.*

Célkitűzésem megvalósításához több elvégzendő részfeladatot határoztam meg, melyek a következők:

- Az energiapolitika-energiahasznosítás alakulásának vizsgálata, elemzése a XX-XXI. század során, kiemelten figyelve a napenergia hasznosítás alakulását;
- a megújuló energiaforrások területén történő beruházások arányának vizsgálata;
- napenergiát hasznosító berendezések, technológiák bemutatása;
- a napenergia keletkezésének, az energiaközlés folyamatának, a besugárzás mennyiségét meghatározó tényezők bemutatása, ismertetése;
- a nemzetközi besugárzásmérések, modellezések típusainak, módszertanainak bemutatása;
- szolárkataszterekhez köthető térinformatikai, távérzékelési módszertanok közös metszetének megtalálása, nemzetközi és hazai kutatási előzmények feldolgozásával;
- magyarországi szolárkataszter kidolgozásához szükséges adatok, adatbázisok felkutatása;
- légköri tényezők (szórási – átlátszósági tényező) parametrizálása a mintaterületre számolt illetve mért adatok használatával;
- besugárzás modellezés a mintaterületre, majd az adatok összehasonlítása az országos és nemzetközi mérési eredményekkel;
- a szolárkataszterek további hazai, illetve nemzetközi hasznosítási lehetőségeinek felkutatása, megjelölése.

III. MÓDSZEREK

Kutatásom megalapozásához másodlagos adatforrásokra is támaszkodtam. Különböző *energetikai, társadalmi illetve egyéb statisztikai adatokhoz* hazai részről a Központi Statisztikai Hivatal (KSH – www.ksh.hu), nemzetközi részről az EUROSTAT (<http://ec.europa.eu/eurostat>), a BP Statistical Yearbook 2014, 2015, a CIA – The World Factbook 2014, az Enerdata, a Bloomberg Finance, a Solarbuzz, OECD Statistical database (<http://data.oecd.org>), 2014 World Development Indicators - 2014 International Bank for Reconstruction and Development (<http://data.worldbank.org/>), Enerdata - Global Energy Statistical Yearbook 2014, EuEnergy Country Factsheets 2014 version 3.0, EuEnergy in Figures 2014: Statistical Pocketbook, GSR 2014: Renewables 2014 Global Status Report, U.S. Census Bureau, International Programs 2008, World Resources Institute – WRI Climate Analysis Indicators Tool (CAIT 2.0) – WRI's climate data explorer, (<http://cait.wri.org>) online és papír alapon is elérhető statisztikai évkönyveiből, adatbázisaiból jutottam hozzá.

Hiteles, *mért meteorológiai adatokhoz* az Országos Meteorológiai Szolgálat (OMSZ) szolgáltatásai között megtalálható, kutatási célra térítésmentesen biztosított korlátozott mértékű adatszolgáltatását vettem igénybe, mely során 2008-2012 közötti napi bontású besugárzási adatsort szereztem be. További

információforrásként még a Szolgálat által kiadott Magyarország Éghajlati Atlasz(sorozata), melyek további fontos klimatológiai adatokat tartalmaznak.

További *globálsugárzásra* (vízszintes, ill. legjobb dőlésszög esetén) illetve *direkt/diffúz sugárzás arányára* vonatkozó adatsorokat, adatbázisokat szolgáltattam a JRC PVGIS adatbázisa (<http://re.jrc.ec.europa.eu/pvgis>), és a CARPATCLIM adatbázisa(carpatclim-eu.org), mely a Kárpát-medencében rendelkezésre álló meteorológiai mérőállomások mérésein (akár 50 éves) alapuló homogenizált, interpolált eredményeket jelenít meg. A Föld légkörének külső határára, illetve a felszínre érkező összes, illetve lehetséges besugárzás mennyiségére vonatkozó hiteles, számított adatokat a SolarRadiation Data (www.soda-it.com) adatbázisából nyertem. A meteorológiai paraméterek alternatív meghatározására alkalmaztam még továbbá James Dyernek, az Egyesült Államokbeli Ohio-i Egyetem kutatója által az ArcGIS szoftverhez megalkotott szórási és átlátszósági tényezők parametrizálására szolgáló eljárását is (Dyer 2009, Dyer 2015).

Miután megvizsgáltam a magyarországi adatinfrastruktúrát és a szolárkataszter előállításához megfelelőekből kiválasztottam a rendszerbe integrálható adatokat, a különböző digitális *térinformatikai* állományokat, domborzatmodelleket, felszínmodelleket, továbbá a rajtuk elvégzett statisztikai számításokat, besugárzás modellezéseket az ESRI térinformatikai cég ArcGIS 10.x szoftverével és kiegészítőivel hajtottam végre. Az általam létrehozott szolárkataszter módszertanának kidolgozásához kiváló alapot szolgáltattak a nemzetközi, térinformatikai alapú, települési szintű napenergia potenciálszámítások, modellezések (többek között, a teljesség igénye nélkül) Sojer (1991), Wittmann – Bajons (1997), Winter (1994), Duffie – Luther (1991), Sandner (1993), Riecken (2012), Kassner et al. (2008), Redweik et al. (2011), Hofierka – Kanuk (2008), Izquierdo et al. (2007), Leitelt (2010), Wiginton et al. (2010), Rylatt et al (2001).

A modellezés alapjául szolgáló, *lézeres távolságmérésből* (LiDAR) keletkező pontfelhő 2013-ban a Miskolci Egyetem, Földrajz-Geoinformatikai Intézet által megvalósított „Árvízi modellezés és a mentést támogató logisztikai rendszer kiépítése - FLOODLOG” című, HUSK/1001/2.1.2/0009 számú nemzetközi projekt keretén belül keletkezett. A LiDAR felmérést a gyöngyösi Károly Róbert Főiskola, Távérzékelési és Vidékfejlesztési Kutatóintézete folytatta le.

A kutatás során felkerestem a LiDAR méréssel érintett 12 település *polgármesterét*, akiktől a településükre vonatkozó adatokat, térképeket, digitális térképállományokat szereztem be (*Területrendezési, Településfejlesztési Tervek, kataszterek*), továbbá kisebb interjú keretén belül a településükön megvalósuló, illetve megvalósítani kívánt megújuló energiaforrásokhoz köthető beruházásokról is beszélgettünk.

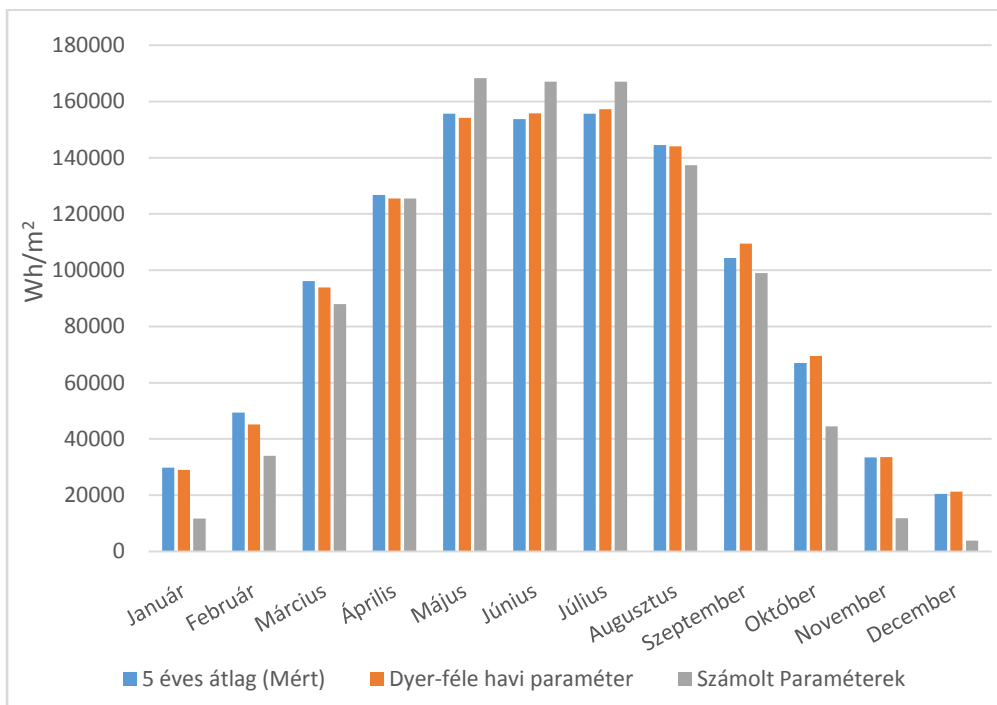
IV. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Mintaterületem, Edelény belvárosának 25 cm-es felbontású digitális felszínmodelljét, melyre a globálsugárzás számításokat elvégeztem, egy LiDAR mérés pontfelhőjéből állítottam elő. A modellezés módszertanának kidolgozása után a számítási tényezők meghatározását és a besugárzás számításokat folytattam le. Ezek eredményeit összehasonlítva a nemzetközi kutatások eredményeivel, a

tényezők meghatározásaival, illetve az OMSZ edelényi mérőállomása által mért 5 éves, napi adatsorának felhasználása által az alábbi megállapításokra jutottam:

Tézis 1.:A Dyer-féle parametrizációs módszer segítségével meghatározhatók azok a hónap specifikus átlátszósági (transmissivity) és szórási (diffuseproportion) tényezők, melyeket a SolarRadiation – Point SolarRadiation moduljában (bemenő paraméterként) megadva nagy pontossággal kiszámítható a vízszintes felületre érkező globálsugárzás mennyisége. A kutatási területen az így számított globálsugárzás éves értéke kevesebb, mint 1%-kal tér el az OMSZ által mért sokéves átlagtól, míg az éghajlati atlaszokban és területi elemzésekben megadott légköri jellemzők alapján meghatározott paraméterek használatával 8%-os eltérés adódik a mért és a számított értékek között (2. ábra, 1. táblázat).

A rendelkezésre álló adatok (számított és mért átlátszósági – szórási tényező), és paraméter becslési eljárások közül a Dyer-féle parametrizációs eljárás adja a legjobb közelítést az OMSZ 5 éves mért adatsorának havi és éves átlagértékeihez.



2. ábra Az edelényi mérőállomás koordinátáján mért, valamint különböző éghajlati paraméterekkel modellezett besugárzás összegek, forrás: OMSZ, készítette: Szalontai L.

1.táblázat Az edelényi mérőállomás koordinátájára különböző áteresztőképesség és szóródási tényezőkkel lefuttatott, vízszintes pontra vonatkozó besugárzás számításeredményei

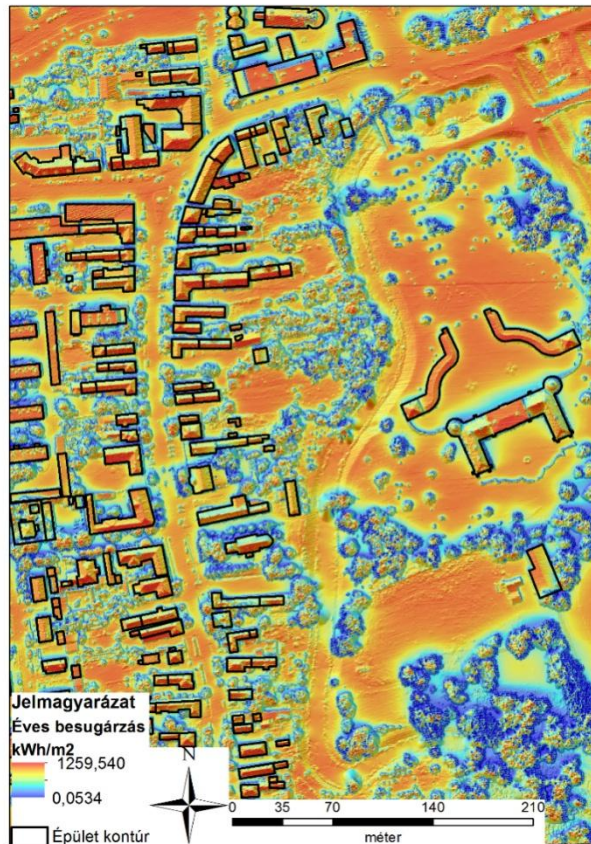
	OMSZ mért	Dyer-féle paraméter		Mért/számított paraméter	
	Globálsugárzás (Wh/m ²)	Globálsugárzás (Wh/m ²)	Differencia (%)	Globálsugárzás (Wh/m ²)	Differencia (%)
jan	29847	29016	2,87	11776	153,47
febr	49351	45200	9,18	34000	45,15
márc	96194	93896	2,45	87989	9,32
ápr	126752	125512	0,99	125501	1,00
máj	155647	154214	0,93	168287	7,51
jún	153719	155821	1,35	167006	7,96
júl	155607	157212	1,02	167066	6,86
aug	144525	144083	0,31	137289	5,27
szept	104385	109496	4,67	98937	5,51
okt	67056	69539	3,57	44436	50,90
nov	33456	33511	0,16	11797	183,59
dec	20493	21279	3,69	3881	428,03
össz	1137031	1138778	0,15	1057964	7,47

készítette: Szalontai L.

Mivel a vízszintes felületre érkező besugárzás összegeknél a Dyer-féle parametrizálással megkapott tényezők bizonyultak a legpontosabb számítási adat biztosítására így azokkal folytattam tovább a területalapú besugárzás modellezéseket a nagy felbontású digitális felszínmodellre (3. ábra). Majd a kapott eredményeket összehasonlítottam a mintaterületre vonatkozó nemzetközi illetve hazai kislebontású, interpolált adatokkal (2. táblázat).

Tézis 2.: Az alkalmazott országos léptékű hazai és nemzetközi globálsugárzás becslési módszerek (interpolálás által kiterjesztett országos globálsugárzás becslések/számítások) jelentősen pontosíthatóak a domborzatmodell alapú besugárzás becslési eljárások használatával. A kisszámú kalibrációs adatból származtatott kis felbontású adatok (OMSZ mérőállomások által vízszintes felületre mért globálsugárzási adatsorok) használata mellett, jelentősen növeltem a térbeli felbontást nagy felbontású környezeti változók modellbe illesztésével (csillagászati-, légköri-, topográfiai-, kalkulációs-paraméterek) ezáltal tovább pontosítottam a számítás paramétereit. Ez lehetővé tette a tényleges, helyi környezet változásából fakadó sugárzásmódosítás jellemzését, melyek nélkül a mesterséges és természetes felszíni objektumok modellbe illesztése nem lehetséges.

Az ilyen módon létrehozott besugárzási adatok megtartják a kis felbontású adatok térbeli szerkezetét, de a vizsgálati helyre származtatott/parametrizált légköri, csillagászati (adott koordinátára vonatkozó) paraméterekkel módosítva adatot szolgálnak a kis területen belüli varianciára.



3.ábra Az egész évre vonatkozó globálsugárzás össz mennyisége a mintaterületen készítette: Szalontai L.

2. táblázat A nemzetközi és hazai kutatóintézetek által interpolált és mért adatok összehasonlítása a SolarRadiation által generált besugárzás eredményeivel

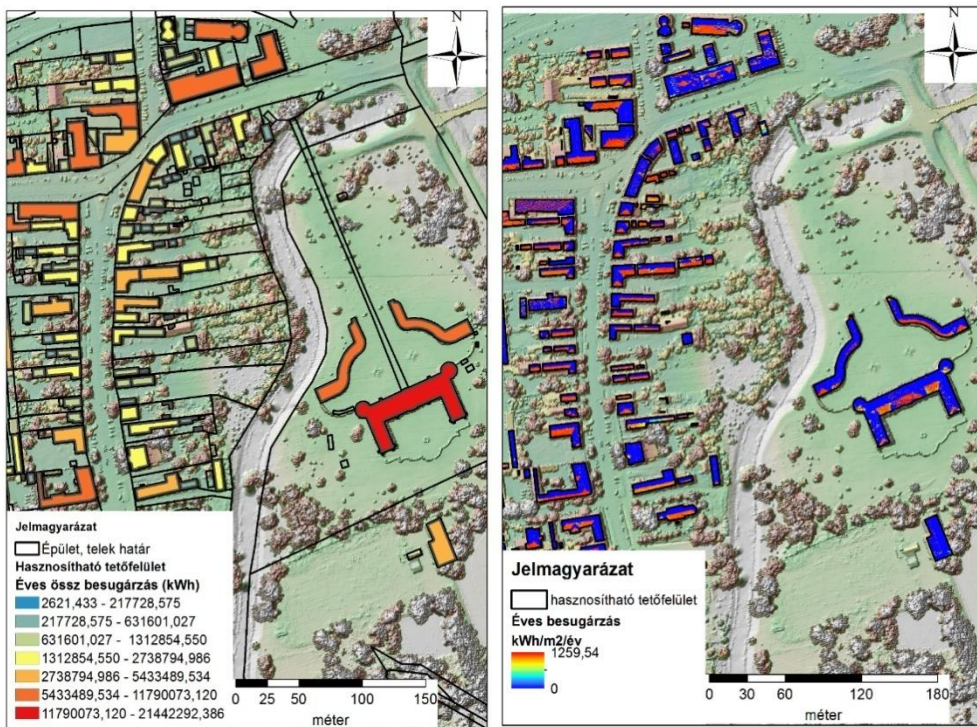
	Globálsugárzás mennyiségének meghatározása	Globálsugárzás maximum mennyisége (kWh/m ² /év)
JRC - PV GIS (vízszintes felület)	interpoláció	1200-1250
JRC - PV GIS (optimális szögű felületre)	interpoláció	1350-1400
OMSZ Éghajlati Atlasz (vízszintes felületre)	interpoláció	1194-1222
OMSZ Edelény (vízszintes felületre)	mért adat	1137
Point SolarRadiation (vízszintes felületre – Dyer-féle paraméterekkel)	számított adat	1138
Point SolarRadiation (vízszintes felületre - számított paraméterekkel)	számított adat	1057
Area SolarRadiation (Dyer-féle paraméterekkel)	számított adat	1260
Area SolarRadiation (számított paraméterekkel)	számított adat	1196

forrás: re.jrc.ec.europa.eu/pvgis, www.met.hu, készítette: Szalontai L.

Az így megkapott, a tereptárgyak (növényzet, épület, kémény, stb.) besugárzást módosító hatását is a kalkulációba beemelő napi, havi, éves besugárzás modelleket elemeztem, kategorizáltam különböző szempontok szerint (össz besugárzás adott tetőfelületre, a legoptimálisabb értékkel bíró helyek meghatározása, napenergiát hasznosító berendezések potenciális helye, stb.) (4. ábra).

Tézis 3.:Az általam kifejlesztett módszertan alkalmazásával kiszámítottam a beérkező sugárzás energiameennyiségét, illetve lehatároltam a napelemek telepítésére alkalmas felületeket, felszíneket, melyből olyan térbeli statisztikák számíthatók, amelyek regionális vizsgálatok lefolytatására teszik alkalmassá a szolárkatasztereket. A számított statisztikák alapján különböző terület specifikus jelenségek válnak leírhatóvá.

Ilyen módon osztályozható és tipizálható a településekre, természetföldrajzi egységekre számított globálsugárzás, mellyel a napenergiában érdekelt kulcsszereplők (KKV-k, döntéshozók, lakosság, bank szektor) hasznos globálsugárzási adattal láthatók el.

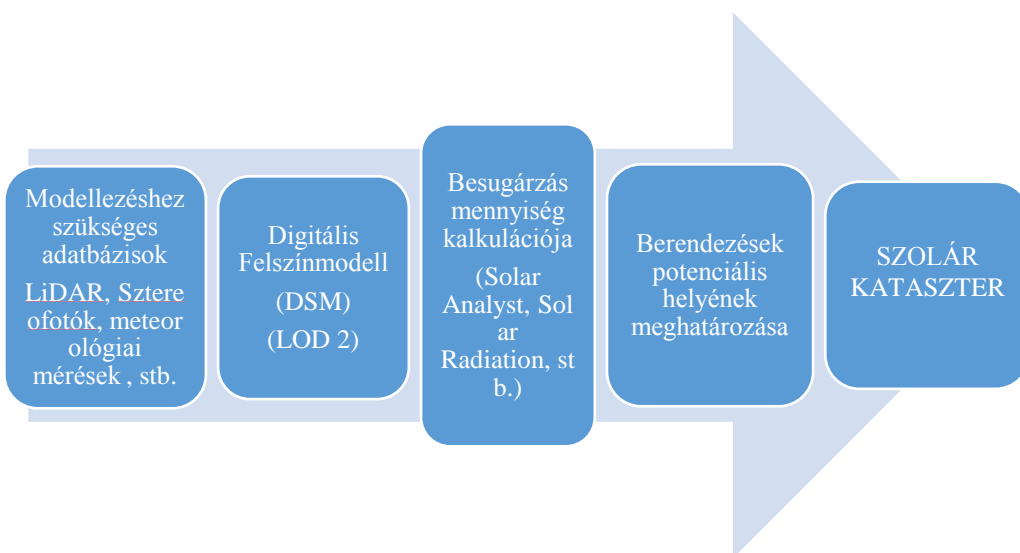


4. ábra Tetőfelületekre érkező éves globálsugárzás mennyiségének megjelenítése (bal oldal) és A DK-DNY-ikitettségű, sík és 35-43°-os tetőfelületekre érkező globálsugárzás mennyisége (jobb oldal), készítette: Szalontai L.

Az értekezésben meghatároztam a szolárkataszterek előállításának a hazai adatinfrastruktúra környezetben segítő illetve gátló tényezők körét is. A digitalizálás, valamint modellalkotás során jelentkező hibaforrások elhárítására javaslatokat fogalmaztam meg, hogy minél pontosabb, valóság-hű besugárzás

modellezést folytathassunk le. Ezeknek köszönhetően, az általam meghatározott módszertant alkalmazva pontos területi besugárzás mennyiségekkel jellemezhető adatbázisokat hozhatunk létre (5. ábra).

Tézis 4.:A LiDAR pontfelhő (nagy felbontású digitális felszínmodell), a terület-településrendezési tervek, az OMSZ 5 éves globálsugárzási adatsorai, illetve a Dyer-féle légköri tényezők parametrizációs módszer és a nemzetközi szolárkataszterek módszertanainak GIS környezetbe való integrálásával adaptáltam a nemzetközi szakirodalomban alkalmazott szolárkataszter készítési módszertant a magyarországi adatinfrastruktúra adta környezetbe. Így, a besugárzás számításához szükséges, meghatározott adatbázisok rendelkezésre állása esetén, nagy pontosságú települési szolárkataszterek hozhatók létre Magyarországon.



5. ábra Szolárkataszter létrehozásának főbb lépései, készítette: Szalontai L.

V. AZ EREDMÉNYEK GYAKORLATI HASZNOSÍTÁSA

A pontos adatokkal szolgáló szolárkataszter egy társadalmi ösztönző, zöld tudatosság formáló-növelő eszköz, ami egyben kiváló adatbázis is, mely jelentősen hozzájárulhat a helyi/régiós zöld gazdaság fejlődéséhez és a megújuló energiaforrás részarányának növeléséhez (Rylatt et al. 2001).

A mintaterületre elkészített szolárkataszteralap, valamint a létrehozását leíró módszertan a SolarRadiation futtatását követően, (a kapott/kalkulált globálsugárzás mennyiségek alapján) megbízható eredményeket állított elő (éves besugárzás mennyiség a mérthez képest kevesebb, mint 1 % eltérést mutat). A különböző paraméterek finomítására természetesen szükség van a jövőben, mellyel a várhatóan egyre nagyobb számban megvalósuló LiDAR illetve sztereofotós felvételezések, felmérések adatbázisait felhasználva további, még pontosabb, a lokális meteorológiai és környezeti viszonyoknak megfelelő szolárkataszterek hozhatóak létre a felmérések által érintett településekre/településrészekre.

Jelentőségük a szolgáltatott besugárzás adatokon kívül még abban is rejlik, hogy a magánszemélyek, állami intézmények könnyebben, olcsóbban, tudnak napenergiával kapcsolatos beruházásokat megvalósítani, illetve döntést hozni, egy a napenergiához köthető rendszer megtervezésére. Ezáltal számíthatóvá válik a megtermelhető elektromos áram, illetve hőmennyiség, a megtakarított CO₂ mennyiség, a tervezni kívánt rendszer beruházási költsége és megtérülési ideje, stb..A települések, járások döntéshozóinak jelentős alapot képezhet egy szolárkataszter megléte és az általa nyújtott adatbázis egy-egy saját (települési-járási) energiahasznosítási cselekvési terv megírásához (pl.: SEAP (SustainableEnergy Action Plan – Fenntartható Energia Akcióterv) (Szalontai 2014 a, Szalontai 2014 b). A szolárkataszter a napenergiához köthető egyfajta „döntéstámogató-döntésosztönző” információszolgáltatásként működhet.

VI. A TÉZISFÜZETBEN SZEREPLŐ HIVATKOZÁSOK LISTÁJA

1. Agugiaro, G. –Nex, F. – Remondino, F. – De Filippi, R. – Droghetti, S. – Furlanello, C. 2012: Solarradiationestimationon building roofs and web-basedsolarcadastre, In. ISPRS Annuals of thePhotogrammetry, RemoteSensing and SpatialInformationSciences, Vol. 1-2. 2012. Melbourne, Australia, pp. 177-182.
2. Árpási M. - Barótfi I. - Ertsey A. - Gampel T. - Illyés Zs. – Kontra K. – Licskó B. – Medgyasszay P. – Orosz M. – Pálfy M. – Polgár A. – Varga G. – Varga P. 2006: Autonóm kistérség az Európai Unióban, Esettanulmány az Alpokalja kistérség vizsgálatával, Független Ökológiai Központ Alapítvány, Budapest, 2006. 423 p
3. Büki G. 2004: Erőművek, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2004., pp 463-520
4. DEnzero folyóirat2014/7.
URL:<http://denzero.unideb.hu/files/folyoiratok/denzero%20-%202014-07.pdf>letöltés dátuma: 2015.02.02.
5. DEnzero folyóirat 2014/9.
URL:<http://denzero.unideb.hu/files/folyoiratok/denzero%20-%202014-09.pdf>letöltés dátuma: 2015.02.02.
6. Dyer, J. 2009: GuidelinesforComputingMonthlyRadiationGridsUsingtheSolarRadiationToolsetinArcGIS, Department of Geography, Ohio University, url: www.ohio.edu/people/dyer/Radiation_Grids.pdf
7. Dyer, J. 2015: User’sGuideforWaterBalanceToolbox (v.2.2) forArcGIS, Department of Geography, Ohio University – url: www.ohio.edu/people/dyer/WB/water_balance_v2_user_manual.pdf 38 p

8. EREC 2008: Renewable energy in Europe: markets, trends, and technologies, European Renewable Energy Council (EREC), 2010., Earthscan Ltd. London, UK, 265 p
9. Hofierka, J. – Kanuk, J. 2009: Assessment of photovoltaic potential in urban areas using open-source solar radiation tools, *Renewable Energy*, 34 (10) (2009), pp. 2206–2214 URL: <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2009.02.021> letöltés dátuma: 2014.08.28.
10. IRENA 2011: Working Paper: Renewable Energy Jobs: Status, Prospects & Policies URL: <http://www.irena.org/documentdownloads/publications/renewableenergyjobs.pdf> letöltés dátuma: 2014.03.30.
11. IRENA 2014: Renewable Energy and Jobs – Annual Review 2014 URL: <http://www.irena.org/publications/rejobs-annual-review-2014.pdf> letöltés dátuma: 2015.03.05.
12. Izquierdo, S. - Rodrigues, M. - Fueyo, N. 2008. A method for estimating the geographical distribution of the available roof surface area for large-scale photovoltaic energy-potential evaluations. *Solar Energy* 82, pp 929–939
13. Lang, L. 1998.: *Managing Natural Resources with GIS*, ESRI, 380. New York Street, Redlands, CA, USA, 117 p
14. Leitelt, R. 2010: Developing a solar energy potential map for Chapel Hill, NC, Masters Project, University of North Carolina, 2010., 27 p, URL: <https://cdr.lib.unc.edu/indexablecontent/uuid:6e5c0eac-e631-4741-b038-d7e9c3e4da41> letöltés dátuma: 2013.05.03.
15. Munkácsy B. - Borzsák S. - Egri Cs. 2008: Projekt összefoglaló, Megújuló Energia Megújuló Határvidék, Esztergom 2008. pp 20-30
16. Pellegrino, M. – Caiaffa, E. – Grassi, A. – Pollino, M. 2008: GIS as a tool for solar urban planning, In: *Proceedings of 3d International Solar Energy Society Conference – Asia Pacific Region (ISES-AP 2008)*, Sydney, Australia, November 25-28. 2008. URL: https://www.academia.edu/353552/GIS_as_a_tool_for_solar_urban_planning letöltés dátuma: 2013.10.04.
17. Riecken, J. – Seifert, M. 2012: Challenges for the multi purpose cadastre, In: *TS04A – Innovative Cadastre and Land Rights Management*, FIG Working Week 2012. Rome, Italy

18. Rylatt, M. – Gadsden, S. – Lomas, K. 2001: GIS-based decisions support for solar energy planning in urban environments, In. Computers, Environment and Urban Systems 25. (2001) pp 579-603
19. Szalontai L. 2014a: Szolárkataszter – egy eszköz a kistérségi/járási napenergia hasznosítás arányának növelésére, In. Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek, XI. évfolyam, 2. szám, 2014., pp 75-82
20. Szalontai L. 2014b: The establishment and significance of district/regional roof cadastres in the utilization of solar energy, In. Agriculture and Environment, Acta Sapientia, Vol. 6/2014, Cluj, Romania, 2014., pp 45-51
21. Wiginton, L.K. – Nguyen, H.T. – Pearce, J.M. 2010: Quantifying rooftop solar photovoltaic potential for regional renewable energy policy, In Computers, Environment and Urban Systems 34 (2010) 345-357
22. Wilkins, G. 2002: Technology Transfer for Renewable Energy: Overcoming Barriers in Developing Countries. London: Earthscan, 2002. 256 p
23. Wittmann, H. – Bajons, P. 1997: Identification of roof areas suited for solar energy conversion systems, In. Renewable Energy, Vol. 11, No. 1., pp 25-36

Felhasznált statisztikai adatbázisok

2014 World Development Indicators - 2014 International Bank for Reconstruction and Development / The World Bank URL: <http://data.worldbank.org/>

BP Statistical Review of World Energy 2014., BP Statistical Review of World Energy BP, 2014., London, URL: <http://www.bp.com/content/dam/bp/pdf/Energy-economics/statistical-review-2014/BP-statistical-review-of-world-energy-2014-full-report.pdf> letöltés dátuma: 2014.12.10.

BP Statistical Review of World Energy 2015., BP Statistical Review of World Energy BP, 2015., London

Enerdata - Global Energy Statistical Yearbook 2014 URL: http://ec.europa.eu/transport/facts-fundings/statistics/pocketbook-2014_en.htm letöltés dátuma: 2014.10.14.

EuEnergy Country Factsheets 2014 version 3.0 URL: <http://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/2014-country-factsheets.pdf> letöltés dátuma 2015.01.12.

Eu Energy in Figures 2014: Statistical Pocketbook. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2014. Print.

GSR 2014: Renewables 2014 Global Status Report, REN21. 2014. (Paris: REN21 Secretariat)

URL:http://www.ren21.net/portals/0/documents/resources/gsr/2014/gsr2014_full%20report_low%20res.pdf – Letöltés dátuma: 2014.12.05.

OECD 2015: OECD Statistical database, url: <http://data.oecd.org>

REN21. 2014. Renewables 2014 Global Status Report - (Paris: REN21 Secretariat). ISBN 978-3-9815934-2-6

The World Factbook2013-14. Washington, DC: Central Intelligence Agency, 2013 . URL: <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/>

U.S. Census Bureau, International Programs 2008, Historical Estimates of World Population, International Data Base (IDB), U.S. Census Bureau, Silver Hill Road, Washington, DC, letöltve 2014.10.06. U.S. Census Bureau, Silver Hill Road, Washington, DC, Centers of Population for Census

United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division (2015). World Population Prospects: The 2015 Revision, Key Findings and Advance Tables. Working Paper No. ESA/P/WP.241

World Resources Institute – WRI Climate Analysis Indicators Tool (CAIT 2.0) – WRI's climate data explorer, URL: <http://cait.wri.org>

Felhasznált interenetes adatbázisok és források:

carpatclim-eu.org

www.ksh.hu

www.meteonorm.com

<http://www.polis-solar.eu/>

www.soda-it.com

re.jrc.ec.europa.eu/pvgis

VII. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE:

1. SZALONTAI L. 2009: Borsod-Abaúj-Zemplén megye megújuló energiaforrásai, in: V. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia,

szerk.: Mócsy I. – Szacsvai K. – Urák I. – Zsigmond A. R., Kolozsvár, pp. 173-174 ISSN 1842-9815

2. SZALONTAI L. 2009: Megújuló energiaforrások használata az Eperjes-Tokaji-hegység területén, in: Települési Környezet, szerk.:Szabó V. - Fazekas I., Debrecen, pp. 224-227 II. Települési Környezet Konferencia ISBN: 978-963-473-336-2
3. SZALONTAI L. 2009: Megújuló energiaforrások Borsod-Abaúj-Zemplén megyében, in: Doktoranduszok fóruma Műszaki Földtudományi Kar Szekció kiadványa, pp. 129-134
4. SZALONTAI L. 2009: A Tokaj-Eperjesi-hegység vizsgálata geotermikus energia szempontjából, Geográfus Doktoranduszok IX. Országos Konferenciája Társadalomföldrajzi Előadások, Szeged, 2009. március 12-13., Konferencia CD, ISBN 978-963-306-012-4
5. SZALONTAI L. 2010: Natural and renewable energy sources in the Eperjes-Tokaji-mountains, in: Proceedings of the 1st Knowbridge Conference on Renewables, editors: T. Madarász – R. Tóth, Miskolc, pp. 63-67 ISBN: 978-963-661-944-2
6. SZALONTAI L. 2011: A globálsugárzás elméleti és gyakorlatilag hasznosítható potenciáljának meghatározása domborzatmodell alapján, zempléni mintaterületeken, in: HunDEM konferencia CD kiadvány, Miskolc, 2012., ISBN 978-963-358-006-6
7. SZALONTAI L. 2011: Két zempléni kistérség megújuló energiaforrás potenciáljának vizsgálata, in: VII. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia, szerk.: Mócsy I. – Szacsvai K. – Szikszai A. – Urák I. – Zsigmond A. R., Kolozsvár, pp. 190-194 ISSN:1842-9815
8. **SZALONTAI L.** – SZAMOSI A. 2011: Domborzatmodellek alkalmazása a természeti erőforrások és veszélyek területén, in: Az elmélet és a gyakorlat találkozása a térinformatikában II., szerk.: Lóki J., Debrecen, p 476. Térinformatikai konferencia és szakkiallítás ISBN: 978-963-318-116-4
9. SPÉDER F. - **SZALONTAI L.** – TÓTH T. – VASS R. 2012: A biomassza hasznosításának társadalmi megítélése a Hernád völgyében, In: A megújuló

energiaforrások hasznosításának természeti, társadalmi és gazdasági lehetőségei a Hernád-völgyben, szerk.:Lázár I., Debrecen, 2012., pp 73-85.

10. B., SISKÁNÉ SZILASI – Zs., PISKÓTI-KOVÁCS – L., SZALONTAI – J., VÁGÓ 2012: The analysis of the geotouristic potential by the help of a complex index in one sample area (Aggtelek-Rudabánya Mountains), In: GEOTOUR & IRSE 2012, Geoparks, Geoheritage and Geoconservation IRSE: History of Central European Mining (Conference Proceedings), 2012., Editor: Lubomir Strba, pp. 80-87., ISBN 978-80-553-1270-5
11. SZALONTAI L. 2013: Napenergia-hasznosítási tétőkataszter létrehozásának lehetőségei, In: Változó Föld, változó társadalom, változó ismeretszerzés 2013 – Megújuló erőforrások szerepe a regionális fejlesztésben, Eger, 2013. október 10-12., Eszterházy Károly Főiskola Földrajz Tanszék, Agria-Innorégió Tudáscentrum, szerk.: Pajtókné Tari I. – Tóth A.; pp. 128-133.
12. SISKÁNÉ SZILASI B. – SZALONTAI L. – VÁGÓ J. 2013: Észak-Magyarország felhagyott bányászati területeinek hasznosítási lehetőségei, In: Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek, 2013. X. évfolyam 1. szám, Miskolc, szerk: G. Fekete É. – Lipták K. – Síposné Dr. Nándori E. – Tóth G., pp. 26-36., ISSN 1786-1594
13. SZALONTAI L. 2014: A Bódva-völgy szolárkataszterének létrehozása, jelentősége és hasznosításának lehetőségei – VII. Magyar Földrajzi Konferencia, Elektronikus Konferencia kiadvány
14. SZALONTAI L. 2014: Járási/kistérségi tétőkataszterek létrehozása és jelentősége a napenergia hasznosításában, in: X. Kárpát-medencei Környezettudomány Konferencia, szerk.: Zsigmond A. R. – Szigyártó L. – Szikszai A., Kolozsvár, pp. 38-42 ISSN:1842-9815
15. SZALONTAI L. 2014: Szolárkataszter – egy eszköz a kistérségi/járási napenergia hasznosítás arányának növelésére, In: Észak-magyarországi Stratégiai Füzetek – 2014. XI. évfolyam 2. szám, Miskolc, szerk: G. Fekete É. – Lipták K. – Síposné Dr. Nándori E. – Tóth G., pp. 75-82., ISSN 1786-1594
16. L., SZALONTAI 2014:The establishment and significance of district/regional roof cadastres in the utilization of solar energy, Acta Universitatis Sapientiae, Agriculture and Environment, 6 (2014) pp 45–51