

Óbudai Egyetem

Doktori (PhD) értekezés
tézisfüzete



**Zöldtetők vizsgálata energia megtakarítás, valamint a környezeti
terhelés csökkentése érdekében**

Szlivka F. Dániel

Témavezetők:

Dr. Horváth Sándor

Dr. Zachár András

Biztonságtudományi Doktori Iskola

Budapest, 2016

SUMMARY

EXAMINATION OF GREEN ROOFS IN FAVOUR OF SAVING ENERGY AND DECREASING ENVIRONMENTAL STRESS

PhD thesis

by Daniel Szlivka

Importance of energy efficiency has increased over the last decades, as the cost of energy resources has an increasing tendency. Designing and constructing a new building the profession has to take this issue into consideration with outstanding significance. The green roof can be a solution of the ecological approach. Advantage of the green roof is that this layer can be an additional top structure of an existing flat-roof building, just as thermal insulation.

Today, there is real opportunity by greening the top of the buildings, to compensate the lost natural surfaces in cities. Furthermore, green roof can be install not only on newly built roofs, but even on existing buildings. It only requires a structural calculation considering the additional weight.

Several researches has been proceeded about energetic properties of green roofs in the last decades. A few examples are mentioned in the literature. There were steps in order to standardize green roof structure with publishing guidelines. First guideline was compiled by the German Landscape Research, Development and Construction Society (FLL) in the late 1970's.

Our aim was to prove the experimental theory that green roof has a positive energetic effect to the building. We intended to reach this result on two different ways: measurement and calculation.

There had been chosen a nursery school building, which was built in the 1970's, and an experimental green roof was installed on the top in the early 1990's. This layer lies only on the half of the roof, while the rest is covered with concrete pavement. This situation provided the opportunity to examine both types of roof, and to make a comparison between them.

Detailed analysis of temperature field of the roof structure has been performed both with measurements and calculation. Aspects of the examination of this temperature field was the periodicity and the usefulness of average values of longer periods for energetic calculations.

I used the measurements to validate the mathematical model of the calculation, and as a result I got a useful method to have the values of the temperature field of the structure.

Finally, I was able to define the thermal conductivity coefficient of the green roof layers for several different cases, as winter, summer, day and night conditions.

It can be declared, that positive energetic effect of green roof can be calculated. Effect is more emphatic in summer situation and its vegetation has an additional cooling influence by evaporation.

1. Tartalomjegyzék

SUMMARY	2
1. Tartalomjegyzék	3
2. A kutatás előzményei	4
3. Célkitűzés.....	6
4. Vizsgálati módszerek	7
5. Új tudományos eredmények	8
6. Az eredmények hasznosítási lehetősége	10
7. Irodalomjegyzék	11
8. Publikációk.....	15

2. A kutatás előzményei

Az antik világból ismert tetőkertek után a reneszánsz korában jelentek meg Európában a teraszok és függőkertek, amik nem csak reprezentatív, hanem funkcionális igényeket is kielégítettek.

Olyan műszaki, építészeti megoldások születtek, amelyek lehetővé tették azt, hogy ne csak edényes növények jelenhessenek meg, hanem a tetőkert szintjén kialakított földágyakba ültessék a vegetációt.

A divat Itáliából kiindulva terjedt szét Európában, egészen az északi udvarokig, ahol mindenekelőtt a skandináv és izlandi történeti példák a legismertebbek. A füvesített zöldtetőket ebben a hideg éghajlati övben hőszigetelő hatásuk miatt alkalmazták.

150 évvel ezelőtt születtek meg az ún. facementtetők, amelyek közül még ma is sok fellelhető Berlinben. Tűzvédelmi okokból a kátránypapírral szigetelt tetőket kavics-agyagréteggel láttak el, amit vetőmagokkal szórtak tele, biztosítva az éveken át tartó vegetációs fejlődést.

Az építészetben Le Corbusier illetve Walter Gropius és a Bauhaus mozgalom más képviselői tették igazán ismerté és népszerűvé a zöldtetőket. „A tetőkertek a ház használati részét képezik, illetve visszaadják a természetnek az elvett földterületet” - írja Le Corbusier 1923-ban.

A 70-es években túlnyomórészt mélygarázsok, aluljárók és előépületek tetejét hasznosították zöldtetőkként. A további fejlődés előfeltétele volt, hogy a beépített anyagok költséghatékonyak legyenek és a technológia egyszerűsödjön. Ez a 80-as években teljesedett be, amikor már nem csak használati és gazdasági szempontból, hanem ökológiai szempontok végett is elkezdtek építeni extenzív zöldtetőket.

Az első szakmai szabályzat, ami lefektette a zöldtetők irányelveit az 1982-ben megjelent FLL. Kutatástevékenység tájfejlesztés, tájépítés szabvány volt. 1984-ben követte a „Vizsgálati-folyamat gyökérállóság és gyökérálló lemezek területén”. 1990 óta az FLL az irányadó mind extenzív, mind pedig intenzív zöldtetők tervezésénél, kivitelezésénél és karbantartásánál.

Napjainkban egyre inkább előtérbe kerül az energiatudatos építés, amelynek okozója az energia költségének növekedése. Ez mintegy elősegíti és gyorsítja az olyan építésmódok fejlődését, amelyek arra törekszenek, hogy a megvalósuló épület fenntartására, működtetésére fordított energia a lehető legkevesebb legyen. Ennek egyik eleme lehet a zöldtető létesítése a teljes épületen, vagy akár annak csak egy részén. A nemzetközi tetőzöldesítési gyakorlat, valamint a már ismert hazai zöldtetős kísérletek alapján megállapítható, hogy ma már reális lehetőség van az épületek által elfoglalt zöldterületek visszapótlására. A városokban nagy számban meglévő és épülő lapostetők ökológiailag aktív felületekké alakíthatóak át.

A zöldtetők témakörében a legjelentősebb kutatások Németországban folynak. Emellett már számos hazai példa is azt bizonyítja, hogy a zöldtető építés Magyarországon is a szakma érdeklődésének középpontjába került. Évente megrendezésre kerül a Zöldtetőépítők Országos Szövetségének konferenciája a Nemzetközi Zöldtető Konferencia mintájára. Itt összegzésre kerülnek az éppen aktuális kutatási eredmények és megfogalmazzák az új irányokat, amit a

témában tevékenykedőknek követni érdemes. Az idei konferencia fő témája „A zöldtetők a klímaváltozás ellen” címet viselte. Ebben is hangsúlyozták, hogy mennyire nagy szükség van a zöldtetőkkel kapcsolatos kutatásokra hazánkban is, hiszen az elmúlt években érezhető az időjárás egyre szélsőségesebbé válása, amelyre egy megfelelő válasz lehet a zöldtetők létesítése az eddiginél nagyobb számban.



Kísérleti célú extenzív zöldtető egy budapesti óvoda épületen

3. Célkitűzés

A zöldtetőkkel kapcsolatos kutatásaim fő témája az, hogy milyen eszközökkel lehet elérni a zöldtetőktől elvárt optimális hatást. Egyrészt beszélhetünk a zöldtetőknek az épület energiaháztartására gyakorolt jótékony hatásáról. Ez azt jelenti, hogy mintegy hőszigetelő réteggént működhet a vegetáció felépítménye. Ez a korábban épült zöldtetőket még kevésbé jellemzi, hiszen, ugyan jó hőkapacitásúak illetve hőkésleltetők voltak, de ehhez nem párosult a jó hőszigetelő képesség [4]. Ezt a korszerű talajkeverékek és a különböző vízmegtartó rétegek biztosítják a mai zöldtetőknek. A témával foglalkozó szakirodalom igen bőséges ezen a téren.

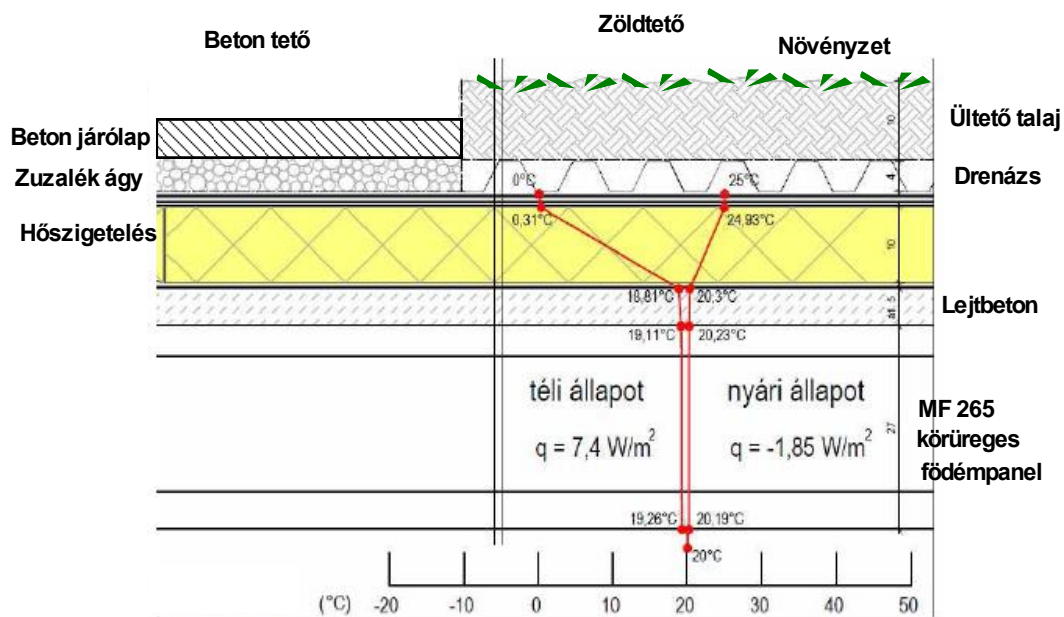
A zöldtető télen csökkenti az épületszerkezetek hőveszteségét, ezáltal a belső tér lehűlését, nyáron pedig ugyanezek felmelegedését enyhíti. Tulajdonképpen puffer zónaként funkcionál [86] Ennek nagyobb jelentősége nyáron van, hiszen a zöldtető vízmegtartó rétegében tárolt víz mennyisége növelni képes ezt a hőingadozásra gyakorolt pozitív befolyást azzal, hogy a napsugárzás hatására a talajréteg és a növények párolgása hűti a tetőfelépítményt. A növényi légzés ugyanis hőelvonással jár, hűti a környezetét, jelentősen javít a mikroklímán. A japánok a tetőkertek ezen előnyös tulajdonságára alapozva, Tokióban 2010-ig 2000ha zöldtetőt építettek, így mérsékelték az elviselhetetlenül forró nyári éjszakákat.

A zöldtetők további előnye, hogy hőszugárzás elnyelő képességük révén nagyban csökkentik a felfelé ható termikus hő-mozgást, amely a városközpontok felett kialakuló egyre gyakoribb heves zivatarok kiváltója.

Látjuk, hogy a zöldtetők azáltal, hogy többletréteget képeznek az épületen és emellett vizet képesek rétegfelépítésük révén magukban elraktározni, rendkívül pozitív hatással vannak az épület energiaháztartására. Éppen ezért fontosnak tartom, hogy részletesen megvizsgáljuk, hogy a különböző zöldtető kialakítások hogyan viselkednek a fenti tekintetben. A kutatómunka célja ennek tükrében, hogy összefoglaljuk az eddigi külföldi és hazai kutatásokat és feltárjuk azok eredményeit és hiányosságait, továbbá hogy olyan vizsgálatokat folytassunk, amelyek eredményeképpen olyan következtetéseket tudunk levonni, amelyek a további tervezések során hasznosíthatók lesznek.

4. Vizsgálati módszerek

A kutatás vezérvonala a következő: azt vizsgáltam, hogy azáltal, hogy egy épületen zöldtető létesül, mennyi energia takarítható meg, illetve ez hogyan alakul az év különböző időszakaiban. A célt egyrészt megvalósult épületek esetében tudjuk vizsgálni mérések segítségével, másrészt pedig különböző modell kísérletekkel. A fizikai, matematikai és numerikus modell validálását a korábban egy középületen közel egy éven keresztül végzett mérésekkel hajtottam végre. Itt lehetőségem nyílt arra, hogy különféle időjárási viszonyok között zöldtetővel ellátott épület termikus viselkedését elemezni tudjuk. Lehetőségem volt a modellel összehasonlítani a zöldtető és a hagyományos lapos tető hőtani viselkedését. A modell az épület strukturális felépítését nagy pontossággal követi, például a födém rétegrendjét a legapróbb részletekig figyelembe veszi. Az épületek szokásos hőtechnikai számításainak részletességén messze túlmutat az itt alkalmazott megközelítési eljárás. A számítási modell más területen is előrelépést jelent a hagyományosnak számító hőveszteség vagy hőnyereség számításokhoz képest. A hagyományos számítások általában stacioner hőmérséklet mezőt feltételeznek. A szerkezeti elemek hőtehetetlenségét kevéssé veszik figyelembe. A kifejlesztett számítógépes szimulációban tranziens hőveszteség és hőnyereség számítást is tudtam modellezni.



A betontető és a zöldtető rétegei és a zöldtető stacioner hőfokeloszlása

5. Új tudományos eredmények

- T1. Meglévő eredetileg energetikai kísérleti célokra megépített épület hőtechnikai vizsgálatára kifejlesztettem egy mérőrendszert. A korábban kísérleti céllal átalakított óvoda épület energetikai vizsgálatát, mérését végeztem a két párhuzamosan működő mérőrendszerrel. Az épület egy része extenzív zöldtetős, a másik része hagyományos lapos tetős födém szerkezet. A mérőrendszer által közel egy éven át gyűjtött adatok feldolgozása alapján közelítő számítással meghatároztam a zöldtető talajának hővezetési tényezőjét. A számított értékek a szakirodalomban megadott értékhatárok közé esnek, de inkább egy szárazabb talaj hővezetési tényezőjéhez áll közel az általam meghatározott érték. Ennek okát abban látom, hogy az adott zöldtető rétegben jelentős arányú a zöld növényzet és annak gyökérzete, amely befolyásolja a hővezetési tényező értékét.
- T2. A mérőrendszerrel gyűjtött, időben változó hőmérséklet adatokat Fourier-analízisnek vettem alá. Ennek eredményeként azt találtam, hogy vannak az évnek olyan időszakai (téli időszak), amikor a napi periodicitás nem mutatható ki a hőmérséklet görbékből. A Fourier-analízisben nincsenek kiugró frekvenciák. A Fourier-sorral történő közelítés ilyen esetekben 4-5 tag esetén sem közelíti megfelelően a tényleges görbét. Vannak viszont bizonyos időszakok (nyári és átmeneti időszakok) amikor a periodicitás nagyon jól kimutatható. A Fourier-analízis a napi periodicitást a nyári és az átmeneti időszakban alátámasztotta. Ilyen esetben a Fourier-sorral történő közelítés már 1-2 tag esetében is jó közelítést ad.
- T3. A hőtechnikai számításokban, méretezésekben mind a téli, mind a nyári időszakban a hőveszteséget és a hőnyereséget is átlagos belső és külső hőmérsékletek alapján végezzük. A mérési és számítási eredményeim szerint a nyári időszakban nehéz olyan mértékadó hosszabb időszakot találni, amelyből egyértelműen lehetne az épületre hőnyereséget számolni.
- A mérések alapján ennek egyik fő oka az volt, hogy pl. a napi átlagokból képzett hőmérsékletek alapján a hőáramlás iránya is több esetben olyan volt, hogy mind a belső tértől, mind a külső tértől a hő a födém belseje felé áramlott. A munkám során több ilyen időszakot sikerült kimérem és az adatok alapján a zöldtetős épületrész hosszabb ideig volt erre képes, míg a betontetős félnél ez rövidebb időszakot mutatott.
- A téli átlagokból képzett hőmérséklet lefutási diagramok nagyon jól használhatóak voltak mind a hőveszteség számítására, mind pedig a talajréteg hővezetési tényezőjének közelítő meghatározására.
- T4. Az időben változó hőmérsékletmezőt véges térfogatú analízisen alapuló ANSYS CFX programmal követtem nyomon. A belső térben és a tető felszínén uralkodó hőmérsékletekből valamint a födém szerkezetére vonatkozó anyagjellemzőkkel (hővezetési tényező, hőkapacitás, sűrűség) kiszámítottam a födém szerkezet egyes réteghatárain a hőmérséklet időbeli alakulását. A számításaim során a födém geometriai szerkezetét gondosan modelleztem, ami a szakirodalomban nem szokásos eljárás. A számítási eredményeimet összehasonlítottam a méréseim eredményeivel, az egyezés jónak tekinthető. A számított értékek időbeli periodicitása nagyon jól követi a mérési eredményeket. A tényleges hőmérsékletek pedig nem térnek el 4-5°C értéknél jobban, még

ott sem, ahol 50-60°C hőmérséklet különbségek is előfordulnak a számításokban. (ld. 6.6. ábra 6.8. ábra).

- T5. A talaj hővezetési tényezőjének napszakon belüli változtatását alkalmaztam a numerikus számítások során. Közelítésként eltérő hővezetési tényezőt számoltam a nyári időszakra a nap különböző szakaszaiban. Éjszakára nagyobb, 0,4 W/mK, míg nappalra kisebb, 0,2 W/mK értékkel számítottam ki a hőmérsékletmezőt. Ez a feltételezés a mérésekkel jobban egyező hőfokmezőt eredményezett. A megfontolás alapja az volt, hogy a napsugárzás hatására a növényzet párologtató és árnyékoló hűtő hatásának eredményeként a talaj felső rétege egy jobb hőszigetelő réteggé viselkedik. Míg éjszaka ez a hatás nem érvényesül.

6. Az eredmények hasznosítási lehetősége

A kutatásokból kapott eredmények remélhetőleg segítik a hazai zöldtető tervezés és alkalmazás fejlődését. A városi környezetben megvalósuló zöldtetős szerkezetek tervezői számára a vizsgálati módszerek és adatok felhasználása, egyéb épületek esetében is többletet nyújtanak. Célom volt, hogy megmutassam, hogy célszerű a zöldtető készítése az épületekre, jobban is működhet, mint egy hagyományos fedés. Az eredményeim alapján a zöldtetők előnyei főként a nyári időszakban mutatkoznak meg. Ekkor ugyanis az épületbe jutó hőmennyiség jelentősen csökken a zöldtetőn lévő növényzet párologtató hatása miatt. A téli időszakban is fűtési energia megtakarítást jelent a zöldtetős fedés.

Mivel jelenleg a hőszigetelésekhez hasonló, táblázatból kiolvasható hővezetési adat nem létezik zöldtetők esetében, ezért az energetikai követelmények teljesítéséhez nem használható fel a zöldtető rétegrendje.

Az eredményeim felhasználásával lehetőség nyílik arra, hogy további kísérletekkel kifejlesszünk egy olyan standard zöldtető rétegrendet, amelynek a hőtechnikai paraméterei pontosan megadhatók, mintegy szabványosíthatók lennének. Így, mint egy plusz hőszigetelő réteg, a zöldtető figyelembe vehető az épületfizikai számítások során.

A zöldtetők csapadékvíz-lefolyás vizsgálata is hasznos ismereteket tartalmaz a település fejlesztő mérnökök számára, akik a közművek, főként a csatornázás fejlesztését korszerűsítését végzik egy adott településen.



Zöldtető, mint többlet hőszigetelés

7. Irodalomjegyzék

- [1] Alexandri, E. and P. Jones, (2007): Developing a one-dimensional heat and mass transfer algorithm for describing the effect of green roof on the built environment: Comparison with experimental results. *Building and Environment*, pp. 2835-2849.
- [2] Amrein, H., 1997: Wasserrückhaltevermögen von Dachbegrünungen, wasser, energie, luft- eau, énergie, air 89, Heft 5-6/97, Svájc, 1997, pp.120-120.
- [3] Austrotherm Akadémia: Zöldtetők Ez az írás az Austrotherm Akadémia 3. évfolyamában jelent meg a honlapunkon, Horváthné Pintér Judit http://www.austrotherm.hu/upload/austrotimes/austrotimes_2008_tavasz.pdf
- [4] Barrio, E.P.D., (1998): Analysis of green roofs cooling potential in buildings. *Energy and Buildings*, pp. 179-193.
- [5] C. Y. Jim, S. W. Tsang, (2011): Modeling the heat diffusion process in the abiotic layers of green roofs, *Energy and Buildings* 43 1341-1350.
- [6] DFT - Trigonometric Representation <http://www.spiderfinancial.com/support/documentation/numxl/users-guide/spectral-analysis/discrete-fourier-transform-dft/dft-trigonometric-representation?gclid=COjWrp-hls4CFUKZGwodYP4DdQ>
- [7] D. J. Sailor, (2008): A green roof model for building energy simulation programs, *Energy and Buildings* pp.1466-1478.
- [8] FLL (2002): Zöldtetők tervezési, kivitelezési és fenntartási irányelve – Zöldtetők irányelve – Magyar kiadás, ZMS kft.
- [9] Forschungsgesellschaft Landschaftsentwicklung Landschaftsbau FLL 1995 5.1.1
- [10] FLL 1995 6.1.1
- [11] FLL 2002, 9.2.7.
- [12] FLL 2002, 6.3.1
- [13] FLL 2002, 6.4.1.
- [14] FLL 2002, 7.2.1.
- [15] FLL 2002, 9.2.8.
- [16] FLL 2002, 13.1.]
- [17] F. Olivieri, C. Di Perna, M. D’Orazio, L. Olivieri, J. Neila, (2013): Experimental measurements and numerical model for the summer performance of extensive greenroofs in a Mediterranean ancoastal climate, *Energy and Buildings* pp. 1-14.
- [18] Gerzson László, Hidy István, Prekuta János (2011): A zöldtető - A városi tetőtáj koronája, Érc kft. Budapest
- [19] G. Kotsiris, A. Androutsopoulos, E. Polychroni, P. A. Nektarios (2012): Dynamic U-value estimation and energy simulation for greenroofs, *Energy and Buildings* 45 pp. 240-249.
- [20] Hidy I., Prekuta J., Varga G., (1995): Flóratetők Tervezési és kivitelezési szempontjai, proNatur Kft, Budapest
- [21] Hien, W.N., T.P. Yok, and C. Yu., (2007): Study of thermal performance of extensive roof top greenery systems in the tropical climate. *Building and Environment*, pp. 25-54.
- [22] Horváthné Pintér Judit (szerk.) (2005): Zöldtetők tervezési és kivitelezési irányelvei, 2005: Második változatlan utányomás, ÉMSZ
- [23] Köhler, M., (2004): Energetic Effects of Greenroof system on the Urban Clima tenearto the ground, IGRA-Proceedings, 2004, pp. 72-79.
- [24] Köhler, M., (2009): Energetic aspects of greenroofs, World GreenRoofCongress, Conferencetranscript, Berlin, pp. 79-86.

- [25] Kaufmann, P., 1998: Positive Auswirkungen auf die Siedlungswasserwirtschaft. Versuche mit extensiv begrünten Flachdächern an der Ingenieurschule Burgdorf (ISB), *Der Gartenbau*, 11/98, Svájç, pp. 20-22.
- [26] Kolb, W., 1987: Abflußverhältnisse extensiv begrünten Flachdächer, *Schweizerische Technische Zeitschrift*, 5/98, pp. 14-15.
- [27] Liesecke, H.-J., 1988: Untersuchung zur Wasserrückhaltung bei extensiv begrünten Flachdächern, *Zeitschrift für Vegetationstechnik* 11, 4-6/88, pp. 56-60.
- [28] Liesecke, H.-J., 1989: Wasserrückhaltung und Abflußspende bei Extensivbegrünungen auf Flachdächern, *BBauBl*, Heft 4/89, pp.176-183.
- [29] Liesecke, H.-J., 1991: Eine Bauweise für extensive Dachbegrünungen, *Duetscher Gartenbau* 38, 47/91, pp. 2936-2940.
- [30] Liesecke, H.-J., 1993: Die Wasserrückhaltung bei extensiven Dachbegrünungen. Ergebnisse mehrjähriger Freilandversuche mit 26 Bauweisen am Standort Hannover-Herrenhausen, *Das Gartenamt* 42, 11/93, pp. 728-735.
- [31] Liesecke, H.-J., 1994: Dränverhalten extensiver Dachbegrünungen, Einfluß der Durchwurzelung bei mehr- und einschichtigen Bauweisen auf dem Wasserabfluß, *Das Gartenamt* 43, 7/94, pp. 451-455.
- [32] Mendel, H. G., 1985: Die Bedeutung von Gründächern insbesondere aus wasserwirtschaftlicher Sicht, *Das Gartenamt* 34, 8/85, pp. 574-581.
- [33] ATV, (1994): *ATV – Handbuch, Planung der Kanalisation*, 4, Auflage, Ernst & Sohn Verlag, Berlin, 1995
- [34] Di Gléria J., Dvoracsek, M. et. al., (1957): *Talajfizika és talajkolloidika*, Akadémiai Kiadó, Budapest
- [35] Diestel, H. u. M. Schmidt, (1997): *Dachbegrünung und Regenwassernutzung zum Schutz der Oberflächengewässer*, Faltblatt Institut für Landschaftsentwicklung, Fachgebiet Wasserhaushalt und Kulturtechnik, TU Berlin, 1997
- [36] George Lungu „excelunusual.com”
<https://www.youtube.com/watch?v=5IOB2NKTOS0>
- [37] Gordon McIntosh, Brenton S. Harratt (2001): *Thermal properties of soil*, The Physics Teacher, Vol. 39., 2001
- [38] Gróf Gyula (2012) :Hőközlés <ftp://ftp.energia.bme.hu/pub/Tananyagok-archivuma/Egyetemi-kepzes/Muszaki-hotan-II-BMEGEEN3034/hokozles.pdf>
- [39] Hegemann, W. u. W. Müller, (1994): Messungen von Menge und Qualität der Abflüsse eines begrünten und eines unbegrünten Daches im Märkischen Viertel, TU Berlin. Institut für Technischen Umweltschutz, Fachgebiet Wasserwirtschaft, Berlin, 1994, pp. 26.
- [40] Kantit Tubsuwan and Phil Banfill (2014): Present problems with building performance simulation of green roofs ; ICBEST 2014 June 09-12, 2014, Aachen, Germany
https://pureapps2.hw.ac.uk/portal/files/7439596/TubsuwanBanfill2014_postprint.pdf
- [41] Kanthleen M. Smizh et al. (2009): Determination of the thermal conductivity of sand under varying moisture, drainage/wetting, and porosity conditions – applications in near – surface soil moisture distribution analysis, *Hydrology Days*, pp. 57-65., 2009.
- [42] Köhler, M., (2005): Urban storm water management by extensive green roofs, *World Green Roof Congress, Conference transcript*, Basel, Svájç, 2005, pp. 150-156.
- [43] Köhler, M., M. Schmidt, M. Laar, et.al., (2002): Photovoltaik-Panels on Greened roofs. Rio 02 - World Climate & Energy Event, Proc., Brazil, pp. 151–158.
- [44] Köhler, M. , M. Schmidt, and M. Laar, (2003): Green roofs as a contribution to reduce the urban heat islands. *In: Rio3.com: Proc. Krauter (ed.): World Climate & Energy Event. 1. 5. Dez. in Rio de Janeiro*, pp. 493-498.

- [45] Kolb, W., (1987) : Abflußverhältnisse extensiv begrünten Flachdächer, Schweizerische Technische Zeitschrift, 5/98, pp. 14-15.
- [46] Kolb W., T. Schwarz, (1999): Dachbegrünung intensiv und extensiv, Ulmer Eugen Verlag, Stuttgart
- [47] Kolb, W., (2004): Good reasons for roof planting – green roofs and rainwater, pp. 295-300.
- [48] König, K. W., (2004): Gründach mit Regenwassernutzung, IGRA Proceedings, pp. 30-33.
- [49] Krupka, B. W., (1994): Dachbegrünung, Pflanzen- und Vegetationsanwendung an Bauwerken, 1. Auflage, Ulmer Verlag, Stuttgart
- [50] Lazzarin RM, Castellotti F, Busato F.(2005): Experimental measurements and numerical modelling of a green roof energy Buildings. 37, 126
- [51] Lösken, G., (1994): Druckrohrentwässerung bei Dachbegrünungen. Diskussionsbeitrag zu Fragen die in der Planungs und Ausführungspraxis aufgetreten sind. Das Gartenamt 43, 7/94, S. 456-462
- [52] Marsh, P., (1984): Hőszigetelés és kondenzáció, Műszaki Könyvkiadó, Budapest
- [53] Minke, G., (2000): Dächer begrünen einfach und wirkungsvoll, Ökobuch Verlag, Freiburg, 2000, pp. 21-22.
- [54] MSZ EN 12056-3:2001: Gravitációs vízelvezető rendszerek épületen belül. 3. rész: Csapadékvíz-elvezetés, kialakítás és számítás
[http://konyvtar.uni-pannon.hu/doktori/2013/Arpad Istvan dissertation.pdf](http://konyvtar.uni-pannon.hu/doktori/2013/Arpad_Istvan_dissertation.pdf)
- [55] Nagy Vilmos: Termőhely-specifikus növénytermesztés hidrológiai alapjai, különös tekintettel Csallóközre és Szigetközre PhD értekezés, Nyugat-magyarországi Egyetem Mosonmagyaróvár http://doktori.nyme.hu/61/1/de_1032.pdf
- [56] Niachou, A., K. Papakonstantinou, M. Santamouris et. al., (2001): Analysis of the green roof thermal properties and investigation of its energy performance. Energy and Buildings, pp. 719-729.
- [57] Országos Meteorológiai Szolgálat honlapja: Mérési adatok és napi adatok feldolgozása http://owww.met.hu/eghajlat/eghajlati_adatsorok/de/Navig/103.htm
- [58] Pál László: Zöldtetők és zöldhomlokzatok , Lélegzet alapítván, Levegő Munkacsoport <https://www.levego.hu/sites/default/files/kiadvanyok/zoldtetotanulmany.pdf>
- [59] Renato M. Lazzarin, Francesco Castelotti, FilippoBusato, (2005): Experimental measurements and numerical modelling of a greenroof, Energy and Buildings 1260-1267.
- [60] Richard K. Sutton: Green Roofs Ecosystems ISBN 978-3-319-14982-0 ISBN 978-3-319-14983-7 (eBook) Springer 2015 Swizerland
- [61] Robert W. Peters, Ronald D. Sherrod and Matt Winslett: Energy Savings Resulting from Installation of an Extensive Vegetated Roof System on a Campus Building in the Southeastern United States
- [62] Roth-Kleyer, S., (2004): Wasserhaushalt und Abflussverhalten von Gründachern, IGRA Proceedings, pp. 80-88.
- [63] Roth-Kleyer, S., (2009): Green roofs as a Module of Urban Water Management, IGRA Proceedings, pp. 63-71.
- [64] Saiz-Alcazar, S. and B. Bass. (2005): Energy Performance of Green Roofs in a Multi Storey Residential Building in Madrid. Greening Rooftops for Sustainable Communities, pp. 569-582.
- [65] S. Bochner, K. Chandrasekharan: *Fourier Transforms*. Princeton Book Comp. Publ., 2001, ISBN 0-691-09578-7.
- [66] Scheffer, F. u. P. Schachtschabel, (1976): Lehrbuch der Bodenkunde, 9, Auflage, Ferdinand Enke Verlag

- [67] Schmidt, M., (1992): Extensive Dachbegrünung als Beitrag zur Verbesserung des Stadtklimas, Diplomarbeit am Fachbereich Landschaftsentwicklung der TU Berlin, 1992
- [68] Seppo Louhenkilpi, Felde Imre (2011): Anyagtudományi folyamatszimuláció http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0036_AFS_hoatadas_modellezese/a_hvezets_differencilegyenletnek_analitikus_megoldsa_1.html
- [69] Sikora and Kossowski, (1999): Thermal conductivity and diffusivity estimations of uncompacted and compacted soils using computing methods. Polish J. SoilSci., 26(1), 19-26, 1993.
- [70] Stefanovits P., Filep Gy., Fülek Gy., (1999): Talajtan, 4. átdolgozott, bővített kiadás, Mezőgazda Kiadó, pp. 131-190.
- [71] Stefanovits Pál, Filep György, Fülek György (2011): Talajtan, Mezőgazda Kiadó 2011 http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Talajtan/ch08s04.html
- [72] Stoyan Gisbert- Takó Galina (2005): Numerikus módszerek 1. Elektronikus tankönyvtár <http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/numerikus-modszerek-1/index.html>
- [73] Sunday E. Etuk, Idara O. Akpabio, E.M. Udoh (2003): Comparison of the thermal properties of clay samples as potential walling material for natural clay cooled building design, Journal of environmental sciences, Vol. 15, No. 1. pp.65-68, 2003
- [74] Szlivka Ferenc (1999): Áramlástan, Gödöllő, 1999, 227 p.
- [75] Szlivka Ferenc (2014): Hő- és áramlástechnika Budapest: Óbudai Egyetem, Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar, 2014. 242 p. (ÓE-BGK-2059)
- [76] Talaj hővezetési tényező mérése <https://www.mfgi.hu/en/node/321>
- [77] Usowicy Boguslaw, Usowicz Lukasz (2004): Thermal conductivity of soils comparison of experimental results and estimation methods, Eurosoil conference, 2004
- [78] Wong, E. (2005): Green roofs and the Environmental Protection Agency's heat island reduction initiative. pp. 32-44
- [79] Zöldtető kalkulátor <http://greenroofblocks.com/price-calculator/>
- [80] Zöldtető építése: mennyibe kerül és mire kell figyelni? <http://www.epitinfo.hu/index.php/articles/106/83199/zoldteto-epitese-mennyibe-kerul-es-mire-kell-figyelni>
- [81] Zsuffa István, (1996): Műszaki hidrológia I., Műegyetemi Kiadó, 1996, pp. 48. és pp. 227-236.
- [82] <http://elte.prompt.hu/sites/default/files/tananyagok/AlkalmazottEsVarosklimatologia/ch12s03.html>
- [83] <http://slideplayer.hu/slide/2063835/>
- [84] <http://www.zoldtetoepites.hu/>
- [85] http://www.lid-stormwater.net/greenroofs_cost.htm
- [86] <http://www.enviromat.co.uk/blog/green-roof-cost/>
- [87] http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop412A/2010-0017_09_napenergia/ch01.html

8. Publikációk

Folyóirat cikkek

- [A1] **Szlivka F. Dániel** , Zachár András (2014): Zöldtető és lapostető termikus mérése és számítása MAGYAR ENERGETIKA XXI:(2) pp. 16-20. (2014)
- [A2] **Szlivka F. Dániel** (2013): Zöldtetők energetikai jelentősége, különös tekintettel a talajréteg hőtechnikai paramétereire. Szolnoki Tudományos Közlemények XVII: pp. 88-96. (2013)
- [A3] **Szlivka F. Dániel** (2013): Saving Energy with Green Roofs by Measuring and Calculationg the Thermal Parameters of Soil. Szolnoki Tudományos Közlemények XVII: pp. 97-103. (2013)
- [A4] Szabó Dániel , **Szlivka F. Dániel** (2010): Zöldtetők vízmegtartásának vizsgálata. ALAPRAJZ 2009/3: pp. 46-51. (2009)

Konferencia kiadványok

- [B1] **Szlivka F. Dániel**, Rajnai Zoltán (2015): Saving energy with green roofs by measuring and calculating the thermal parameters of soil. Konferencia helye, ideje: Subotica, Jugoszlávia, 2015.09.17-2015.09.21.Subotica: Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE), 2015. 4 p.
- [B2] **Szlivka Dániel** , Zachár András (2015): Thermal measurement and calculation of green roof and normal flat roof. Tudományos hét a Dunaújvárosi Főiskolán , Gépészeti és anyagtudományi szekció , 2015. november 10. (2015)
- [B3] **Szlivka Dániel**, Szlivka Ferenc , Zachár András (2015):Zöldtető és betontető hőmérséklet eloszlásának elemzése. Tudományos hét a Dunaújvárosi Főiskolán, Gépészeti és anyagtudományi szekció , 2015. november 10. (2015)
- [B4] Albin Zsebik, **Dániel Szlivka** (2015):Green roof technology In: Green roof technology . Konferencia helye, ideje: Yerevan , Örményország , 2014 Yerevan: pp. 29-37.
- [B5] **Szlivka F. Dániel** (2014): Hőkomfort növelése zöld tetőkkel. Konferencia helye, ideje: Kecskemét, Magyarország, 2014.03.11-2014.03.14. Kecskemét: 2014. 6 p.
- [B6] **Szlivka F. Dániel** (2013): Energy saving with green roofs, including water retention and heat attenuation. Puskás Tivadar Hírmondó Bajtársi Egyesület Kiadványa 2013:(1) pp. 9-15. (2013) Kommunikáció 2013 nemzetközi tudományos-szakmai konferencia. Magyarország:
- [B7] **Szlivka F. Dániel** (2010): Examination of water retention and heat attenuation of green roofs Konferencia helye, ideje: Warsaw, Lengyelország, 2010.05.26-2010.05.28.Warsaw: 2010.
- [B8] **Szlivka F. Dániel** (2010): Examination of water retention and heat attenuation of green roofs. Examination of water retention and heat attenuation of green roofs . Konferencia helye, ideje: Warsaw , Lengyelország , 2010.05.26 -2010.05.28. Warsaw: pp. 251-257.

