

## A fényszennyezéssel összefüggő tudástranzfer és az iskolai ismeretátadás vizsgálata hálózatelemzéssel a fenntarthatóság tükrében

Bódizs Dalma – Macher Gergely Zoltán – Lampert Bálint  
Széchenyi István Egyetem, Győr

### Bevezetés

Az elmúlt néhány évszázad folyamán az éjszakai mesterséges megvilágítás vívmányai a modern társadalom számára számos előnyös következménnyel jártak, többek között lehetővé tették a biztonságosabb munkavégzést, csökkentették a közlekedési eredetű balesetek arányát, ugyanakkor bizonyos mértékben tükrözték egy-egy városi vagy vidéki település fejlettségének szintjét (Liu et al. 2024). A fényszennyezés fogalmát az „International Dark-Sky Association” (2022) fogalmazta meg, mely alapján elmondható, hogy a fényszennyezés „a mesterséges fény nem megfelelő vagy túlzott használata, mely súlyos hatást fejt ki az emberre, a vadon élő állatokra, valamint az éghajlatra egyaránt. Ezzel egy az urbanizáció és az iparosodás fokozódásának következtében előálló, folyamatosan növekvő problémaforrást idézve elő” (Kyba et al. 2017: 37). A környezetszennyezés eme formája könnyedén kapcsolatba lép a légkörben fellépő szennyeződésekkel, fokozva és kiterjesztve azok hatását, ugyanakkor a légszennyező anyagokhoz hasonlóan a geopolitikai határokat átlépve nemcsak a keletkezés helyén, hanem attól sokkal távolabb is kifejti hatását (Kocifaj–Kómar 2016; Ścieżor–Czaplicka 2020). A fényszennyezés számos forrásból származhat legyen szó akár a hirdetőablák megvilágításáról, a közvilágításról, a díszvilágításról, egyes létesítmények megvilágításáról, valamint a járművek által okozott mesterséges fényhatásról (Grubisic 2018). Fizikai szempontból a fényszennyezés oka a fényszóródás jelensége, vagyis az az eset, amikor a földfelszínről a légkörbe jutó fénysugarak az égbolt „kifényesedését” idézik elő. Tehát az éjszakai ég fénylését a levegő molekuláin, valamint a levegőben található aeroszolrészecskékről szóródó fény idézi elő (Döményné Ságodi 2015). A fényszennyezés okai és módjai szerint négy típust különíthetünk el, a térbeli meg nem felelést, a mennyiségi meg nem felelést, az időbeli meg nem felelést és a minőségi meg nem felelést. A térbeli meg nem felelésről beszélünk, ha nemcsak a megvilágítani kívánt területre jut a fény, hanem az azon kívül eső területekre is. A mennyiségi meg nem felelés lép fel abban az esetben, ha a megfelelően elhelyezett és elrendezett világítótestben túl nagy fényáramú a fényforrás. Időbeli meg nem felelés, ha a megvilágítás ideje/időtartama nincs összhangban az igényekkel és a reális funkcióval. Minőségi meg nem felelésnek tekinthető az a fényforrás, mely esetében a kibocsátott fény jellemzői (pl. spektruma) nem megfelelő (Agrárminisztérium Környezetügyért Felelős Államtitkárság–Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság n.d.). A szárazföldi területek jelentős részét érinti a fényszennyezés valamelyik módja, ez kifejezetten igaz a városközpontok esetében, valamint az ipari parkok vonatkozásában is. A fényszennyezés az egyik legfontosabb, globális szinten is növekvő környezeti probléma, amely mind ökológiai, mind társadalmi szempontból jelentős következményekkel jár (Khorram et al. 2014). A mesterséges fényforrások természetéből fakadóan további problémaként jelentkezik, hogy a fotonok terjedése további hatásokat fejt ki a lakott területeken túlmenően az élő szervezetekre, valamint az éjszakai tájra (Cao et al. 2023; Karska et al. 2023). Ezáltal túlzott és helytelen alkalmazása alapjaiban zavarja meg a természetes éjszakai tájat, károsítja az ökoszisztémákat, számos élőlény viselkedését és biológiai ciklusait befolyásolja, ideértve az emberek egészségét és életminőségét is (Gaston–Sánchez de Miguel 2022; Jägerbrand–Bouroussis 2021). Az éjszakai „sötétség” elvesztése olyan széles körben észlelhető következményekkel jár, mint a biodiverzitás csökkenése, az

energiafogyasztás növekedése, valamint az emberi alvási szokások és a pszichológiai állapot megváltozása (Abraham et al. 2019). E kihívás kezelése átfogó és multidiszciplináris megközelítést igényel, amelyben az oktatás központi szerepet játszik a tudatosság növelésével, a fenntartható megoldások előmozdításában vállalt szerepével (Abo-Khalil 2024; Manolis–Manoli 2021), a fényszennyezéssel kapcsolatos ismeretek terjesztésével, valamint a felelős viselkedés és az átgondolt megvilágítási gyakorlatok ösztönzésével egyaránt (Hnatyuk et al. 2024). A modern digitális oktatási eszközök kiváló lehetőséget nyújtanak arra, hogy a diákok megértsék a fényszennyezés okait és következményeit, különösen olyan területeken, ahol az éjszakai égbolt közvetlen megfigyelése nem lehetséges (Green et al. 2022). Ezek az eszközök nemcsak a természeti környezet iránti fogékonyság mértékének növekedését segíthetik elő, hanem hosszú távon hozzájárulhatnak a fenntartható szemlélet és a megfelelő jó gyakorlatok elterjedéséhez is (Abo-Khalil 2024; Çetiner–Yenilmez 2021). Ugyanakkor napjainkban a fényszennyezéssel kapcsolatos ismeretek kevésbé képezik részét az iskolai környezeti nevelésnek (Chepesiuk 2009). Ugyanakkor elmondható, hogy a fényszennyezés oktatásra gyakorolt hatása más területen is megmutatkozik, ugyanis az éjszakai mesterséges világítás túlzott jelenléte nemcsak az éjszakai éggel kapcsolatos élmények elvesztését eredményezi, hanem negatívan befolyásolhatja az oktatási eredményeket is (Jimenez et al. 2021; Svehkina et al. 2020). Az oktatási programokba integrált, fényszennyezéssel kapcsolatos ismeretanyag nemcsak a környezettudatos magatartás kialakításában segíthet, hanem a jövő generációk számára is biztosíthatja, hogy a világítással kapcsolatos döntéseiket fenntarthatósági szempontok figyelembevételével hozzák meg (Tavares et al. 2021). Ezáltal a fényszennyezés kezelése nemcsak környezeti, hanem társadalmi és oktatási szinten is jelentős előrelépést hozhat a fenntarthatóság irányába (Kaushik et al. 2022; Tavares et al. 2021).

## 1. Alkalmazott módszertan

A kutatás módszertani kerete a hálózatelemzés és a bibliometriai vizsgálatok szinergiájára épül, amelyek célja a fényszennyezéssel kapcsolatos tudományos ismeretterjesztés és oktatás interdiszciplináris összefüggéseinek feltárása. A kutatás során VOSviewer szoftvert alkalmaztunk az adatvizualizációhoz, melyhez először a releváns tudományos publikációk adatbázisait elemeztük a fenntarthatóság szempontjainak integrálásával.

### 1.1. Adatgyűjtés

A kutatás alapjául szolgáló tudományos, témareleváns publikációk összegyűjtése kulcsfontosságú volt a fényszennyezés és az oktatás témakörében folytatott vizsgálatok megalapozásához. A publikációk azonosításához az Elsevier és az MDPI Kiadók adatbázisait használtuk, mivel ez a két platform a legtöbb folyóirattal rendelkező kiadó. A keresési stratégia szisztematikusan a releváns kulcsszavak és kulcsszó párok alkalmazásával történt: „*light pollution, education, sensitization, knowledge transfer, environmental sensitisation*”. A keresési eredményeket két szinten szűrtük: elsőként a címek és absztraktok alapján, majd a teljes szövegű cikkek tartalmi értékelésével. Az így kiválasztott publikációkat alkalmaztuk a további elemzésekhez.

### 1.2. VOSviewer szoftver alkalmazása

A VOSviewer egy specializált szoftver, amely a tudományos publikációk közötti kapcsolatok és témák vizualizálására szolgál. A kutatás során a szoftvert a tudástranszfer és az ismeretátadás strukturális mintáinak feltárására használtuk a fényszennyezés mint környezeti probléma vonatkozásában. Az adatbázisokból összegyűjtött publikációk metaadatait betöltöttük a VOSviewerbe olyan elemzési modulokat alkalmazva, mint a kulcsszóeloszlás és az együttes előfordulási mátrixok generálása. Az elemzés során hangsúlyoztuk az interdiszciplináris kapcsolatok feltárását, különösen az oktatás és a fényszennyezés témájában. A vizualizációk

által generált térképek megkönnyítették az eredmények bemutatását és az összefüggések jobb értelmezését.

### 1.3. Hálózatelemzés

A hálózatelemzés során a publikációk szerzői, kulcsszavai és témakörei közötti kapcsolatok strukturális és dinamikai jellemzőit vizsgáltuk. Az elemzés során a hálózatok szerkezetét moduláris felépítettség, sűrűség és csomópontok közötti kapcsolati erősségek alapján vizsgáltuk. A VOSviewer segítségével azonosítottuk a hálózaton belüli domináns témaköröket, amelyek közötti interakciók jelentős mértékben hozzájárulnak a tudástransfer hatékonyságának értékeléséhez. Az eredmények alapján következtetéseket vontunk le az oktatási és környezetvédelmi diskurzus közötti szinergiák jellemzőiről.

### 1.4. Az eredmények értelmezése

Az adatgyűjtés és elemzés eredményeit összegezve egy komplex tudástransfermodellt dolgoztunk ki, amely a fényszennyezés és az oktatás közötti kapcsolatok rendszerszintű megértését szolgálta. Az elemzés eredményei egyértelművé tették, hogy a fényszennyezés témájában megjelenő tudományos publikációk nem csupán a tudományos közösség, hanem a szakemberek számára is relevánsak, szélesebb értelemben is jelentőséggel bírhatnak az oktatási gyakorlatok és a szemléletformálás szempontjából. A VOSviewer segítségével készült vizualizációk lehetőséget adtak a témák közötti összefüggések és kapcsolatok feltárására, amelyek segítenek az ismeretátadás hatékonyabbá tételében. Az eredmények alapján azonosítottuk azokat a kulcsfontosságú pontokat, ahol a tudományos eredmények a legnagyobb mértékben hozzájárultak az oktatási és szemléletformálási gyakorlatokhoz.

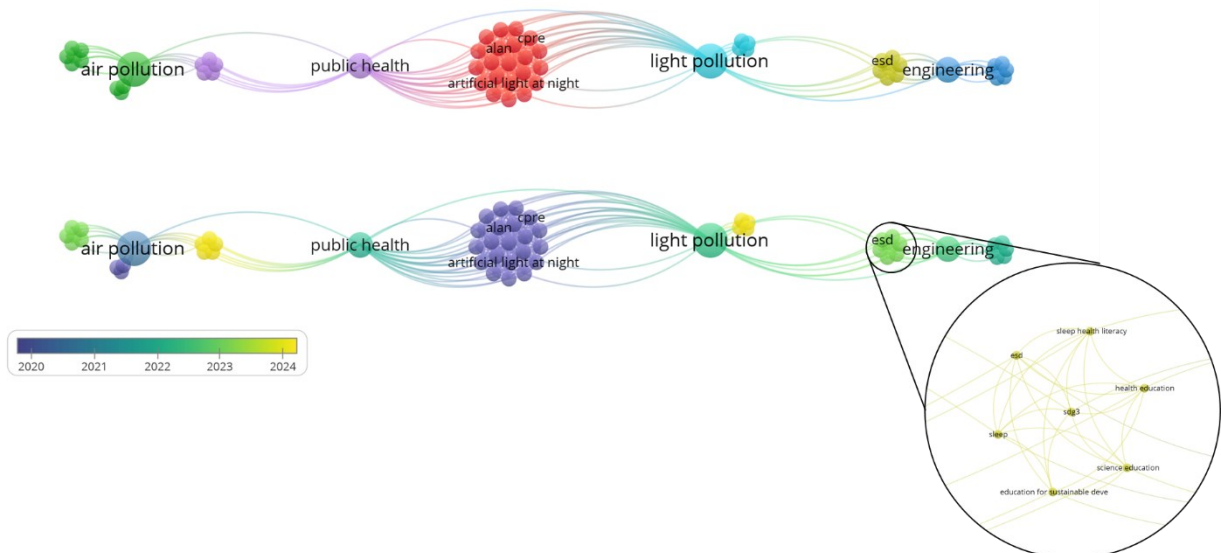
## 2. Eredmények

A kutatás során az MDPI adatbázisára támaszkodva végzett klaszteranalízis hat jól elkülöníthető tématerületet azonosított, amelyek átfogó képet nyújtanak a fényszennyezés kutatási területeinek strukturális összefüggéseiről. Az elemzés eredményei azt mutatták, hogy a legnagyobb méretű klasztert a mesterséges megvilágítással foglalkozó tanulmányok alkotják. Ez a terület alapvetően azokat a kutatásokat foglalja magában, amelyek a mesterséges fényforrások által okozott fényszennyezés technikai, ökológiai és társadalmi vetületeivel foglalkoznak. A mesterséges megvilágítás témaköre a modern városiasodási folyamatokkal és az ipari fejlődéssel összefüggésben vált dominánssá, és olyan kutatási kérdéseket vet fel, mint a fényforrások energiahatékonysága, a világítástechnika optimalizálása, valamint a természetes és mesterséges fény egyensúlyának fenntartása az emberi és ökológiai rendszerekben. A mesterséges megvilágítással szorosan összefügg a köz- és környezetegészségügyi klaszter, amely az emberi egészségre gyakorolt közvetlen és közvetett hatásokkal foglalkozik. Ebben a csoportban különösen a cirkadián ritmus zavarai, az alvásminőség romlása és a mesterséges fény által kiváltott stresszhatások kerültek előtérbe. Az egészségügyi aspektusok mellett a klaszter az ökoszisztémák zavaraira is rávilágít, különös tekintettel a növények és állatok biológiai ritmusának felborulására. Az egészségügyi és környezeti hatások egymásra gyakorolt kölcsönös befolyása fontos kutatási irányt jelöl ki, amely az integrált szemléletű megközelítéseket helyezi előtérbe.

A kutatásban azonosított harmadik klaszter a környezetvédelmi elemekre fókuszált, ezen belül is a légszennyezés és fényszennyezés közötti összefüggésekre. Ez a tématerület olyan kutatásokat foglal magában, amelyek a különböző típusú szennyezések együttes hatásait vizsgálják, és ezek társadalmi, gazdasági és ökológiai következményeit elemzik. A légszennyezés és fényszennyezés kapcsolata különösen releváns a nagyvárosi környezetekben, ahol a kettős terhelés fokozott kockázatokat jelent az élőlényekre és az emberi életminőségre nézve. Egy másik, jól körülhatárolható klaszter a fényszennyezés mérésére és monitorozására

irányuló kutatásokat foglalja magában. Ez a terület alapvetően a mérési technológiák fejlesztésére, az adatelemzésre és az új megfigyelési módszerek kidolgozására összpontosít. A mérési klaszter különösen hangsúlyos a fényszennyezés térbeli és időbeli eloszlásának megértésében, ami elengedhetetlen a hatékony szabályozási és megelőzési stratégiák kidolgozásához. Ehhez kapcsolódóan az elemzés feltárt egy kisebb, de lényeges mérnöktudományi klasztert is, amely a technológiai innovációk szerepét emeli ki a fényszennyezés csökkentésében. Az ebbe a klaszterbe tartozó tanulmányok az intelligens világítástechnikai rendszerek, a fenntartható energiahasználat és a környezetbarát tervezési megoldások lehetőségeit vizsgálják.

Az elemzés egy további fontos eredménye az egészségre nevelés, tudományos oktatás és fenntarthatósági oktatás területének megjelenése. Ez a klaszter olyan tanulmányokat foglal magában, amelyek célja a fényszennyezéssel kapcsolatos tudatosság növelése és a szemléletformálás elősegítése a formális és informális oktatási környezetekben. Az ebben a témakörben végzett kutatások hangsúlyozzák az oktatás szerepét abban, hogy a társadalom tagjai felismerjék a fényszennyezés hosszú távú hatásait, és aktívan részt vegyenek a probléma megoldásában. Az oktatás és a társadalmi tudatosság kérdése szorosan összefonódik a fenntarthatóságra való neveléssel, amely az egyéni és közösségi szintű cselekvési lehetőségek bővítését célozza. Az elemzés eredményeit vizualizáló gráf (ld. 1. ábra) jól tükrözi a klaszterek közötti kapcsolódásokat, valamint a kutatási területek közötti interdiszciplináris összefüggéseket. A feltárt hálózat rávilágít arra, hogy a fényszennyezés nem csupán egyetlen tudományágon belül vizsgálható probléma, hanem olyan komplex kihívás, amely több szakterület együttműködését igényli. A kutatás hozzájárul ahhoz, hogy a fényszennyezéssel kapcsolatos diskurzus tágabb perspektívába helyezze a témát, és elősegítse az integrált megközelítések elterjedését a szabályozási, oktatási és technológiai innovációk terén.



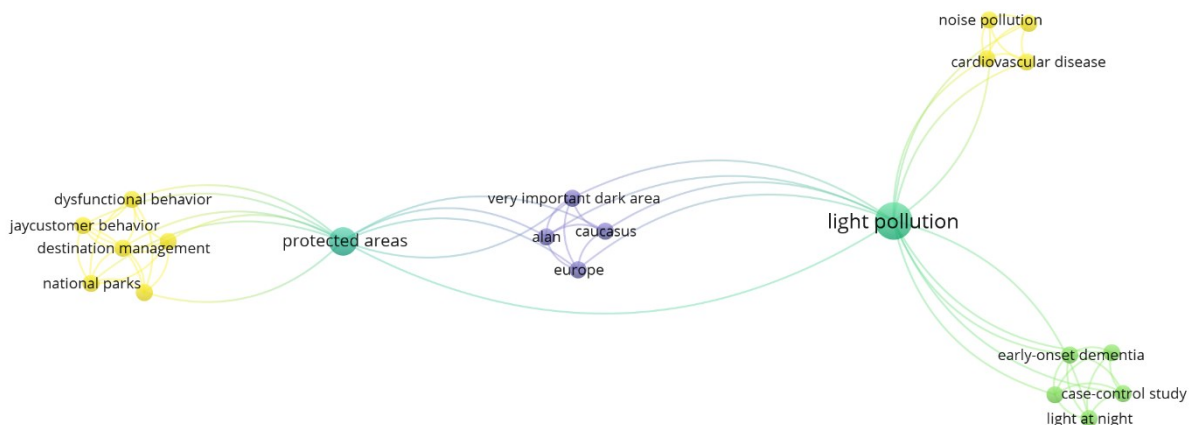
1. ábra: A fényszennyezés kutatásának klaszterelemzése és interdiszciplináris kapcsolódások vizsgálata az MDPI Kiadónál megjelent publikációk vonatkozásában  
 Forrás: saját szerkesztés

Az Elsevier Kiadó adatbázisában végzett publikációs elemzés során négy jelentős klaszter azonosítható, amelyek különböző aspektusokat és interdiszciplináris kapcsolatokat tükröznek a fényszennyezés és a kapcsolódó környezeti hatások terén. Az első és legnagyobb klaszter a légszennyezéssel kapcsolatos aspektusokat vizsgálja, amely különböző tanulmányokat és kutatásokat integrál, és ezek gyakran a légszennyezés hatásait tárgyalják az emberi egészségre és a környezetre. A klaszter azonosítja a szoros összefüggéseket a légszennyezés és a szociális,

gazdasági, valamint egészségügyi problémák között, például a légszennyezésből eredő szív- és érrendszeri megbetegedésekkel kapcsolatos kutatásokat. A második klaszter kisebb terjedelmű, és a zajszennyezés, valamint a kardiovaszkuláris betegségek közötti összefüggéseket tárgyalja. Ez a csoport különböző vizsgálatokat és esettanulmányokat tartalmaz, amelyek a zajszennyezés hatásait a közegészségügyre és a szív- és érrendszeri problémákra fókuszálják. A kutatás ezen a területen az évtizedek óta ismert kockázati tényezők mellett újabb megközelítéseket is alkalmaz.

A harmadik klaszter az egészségügyi betegségek, éjszakai fények és esettanulmányok köré csoportosul, különös figyelmet fordítva az éjszakai fények zavaró hatásaira az emberi biológiai rendszerekre és az egészségügyi problémák kialakulására. Az éjszakai fények és azok hatása a közegészségre egyre inkább a kutatások fókuszába kerül, különösen a biológiai ritmusok és az alvászavarok területén. A negyedik klaszter egy összetett, több témát ötvöző csoportot alkot, amely az európai területek érintettségét és a sötét égbolt, csillagos égbolt védelmével kapcsolatos kutatásokat tartalmazza. Ezen belül kiemelt figyelmet kapnak az egyes európai régiók sötét égbolt megőrzésére irányuló erőfeszítései és a csillagászati kutatásai, amelyek fontosak a fenntarthatóság és az ökológiai rendszerek védelme szempontjából.

Továbbá az elemzés rávilágít egy újabb trendre: 2022 és 2023 folyamán megjelent egy védett területekkel foglalkozó klaszter, amely a természetvédelmi területek fényterhelésének és ökológiai hatásainak kutatásával foglalkozik. Ez a téma azóta is központi szerepet kapott, különösen az európai és nemzetközi természetvédelmi törekvésekben. Végül 2024-ben egy új kutatási irányvonal emelkedett ki, amely a viselkedészavarok és a nemzeti parkok összefüggéseit vizsgálja. Ez az új klaszter a természetvédelmi területek fényterhelése és az emberi viselkedési minták közötti kapcsolatokat tárgyalja, és előrevetíti a jövőbeni kutatások irányvonalait, amelyek a környezet és az emberi viselkedés közötti interakciókat vizsgálják (2. ábra). Az elemzés rávilágít arra, hogy a fényszennyezéssel kapcsolatos kutatás folyamatosan fejlődik és egyre inkább interdiszciplináris megközelítéseket alkalmaz, melyek az egészségügy, a környezetvédelem és a fenntarthatóság széles spektrumát ölelik fel. Az azonosított klaszterek segítségével jól nyomon követhetők a kutatási irányok és azok hatásai a különböző tudományterületek összefonódására, valamint a jövőbeni kutatások potenciális témái is körvonalazódnak.

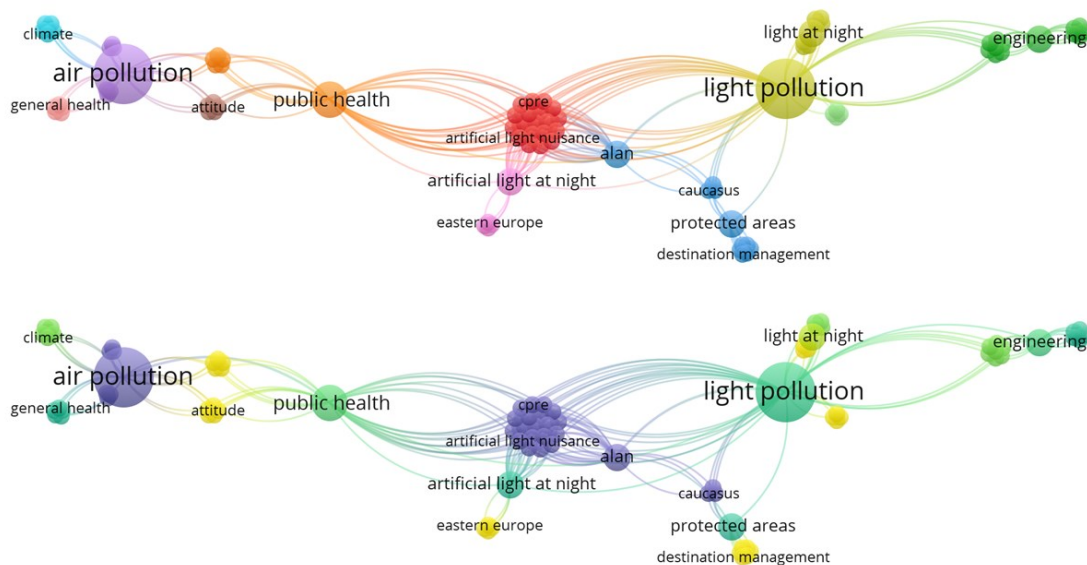


2. ábra: A fényszennyezés kutatásának klaszterelemzése és interdiszciplináris kapcsolódások vizsgálata az Elsevier Kiadónál megjelent publikációk vonatkozásában  
 Forrás: saját szerkesztés

A kombinált kutatás eredményeit a 3. ábra szemlélteti, amely az azonosított kutatási témakörök időbeli alakulását és prioritását mutatja be. Az elemzés alapján egyértelműen megállapítható, hogy a legaktuálisabban kutatott téma a 2024-es évben a fényszennyezettség

mérésének módszerei, valamint annak attitűdökre gyakorolt hatásának vizsgálata. Ez a kutatási irány kiemelkedően fontos, hiszen nemcsak az ökológiai és környezeti tényezőkre, hanem az emberi viselkedésre és társadalmi attitűdökre is koncentrálnak. Az ebbe a kategóriába tartozó tanulmányok közé sorolhatók az oktatás és az ismeretterjesztés új irányvonalai is, amelyek szintén a 2024-es évben váltak hangsúlyossá. Ezen kutatások közös nevezője, hogy az oktatási aspektusokat a fenntarthatóság, a környezettudatosság és az attitűdformálás szempontjából vizsgálja, amely a korábbi évek kutatásaihoz képest újkeletű megközelítést képvisel.

Hasonlóképpen a területi menedzsment és a kelet-európai térség helyspecifikus vizsgálata is a 2024-es év kutatási fókuszai közé tartozik. Ezek a tanulmányok a regionális érintettséget és a helyi sajátosságokat helyezik előtérbe, különös tekintettel a fényszennyezés ökológiai és társadalmi hatásaira. Ez a kutatási vonal az aktuális környezetvédelmi és társadalmi kihívásokra reflektál, és előrevetíti a térségi stratégiák kidolgozásának szükségességét a fenntarthatóság érdekében. A 2022 és 2023 közötti időszakban a mérnöktudományok érintettsége, a közegészségügyi aspektusok, valamint – némileg meglepő módon – a klímavédelem témája dominált. Ezen kutatások a fényszennyezés mérnöki megközelítéseire, a technológiai innovációkra és az ezek közegészségügyi hatásaira fókuszáltak, míg a klímavédelem tárgykörébe tartozó tanulmányok a fényterhelés és az éghajlatváltozás közötti kapcsolatokat vizsgálták. Ez az időszak a technológiai megoldásokra és azok társadalmi hatásaira helyezte a hangsúlyt, amelyek alapot adtak a 2024-es kutatások mélyebb és interdiszciplináris megközelítéseire. A legrégebben kutatott témák közé a légszennyezéssel való összefüggések vizsgálata, valamint a mesterséges megvilágítás munkaegészségügyi vonatkozásai tartoznak. Ezek a kutatási területek a fényszennyezés korai kutatásainak alapját képezik, és továbbra is relevánsak, mivel számos, jelenleg is aktuális tanulmány e témákra épül. A mesterséges megvilágítás hatásai, különösen a munkaegészségügy terén, a kezdeti kutatásoktól napjainkig fontos kérdéskört képviselnek, hiszen a modern életvitel és az urbanizáció révén a mesterséges fény egyre nagyobb mértékben befolyásolja az emberek életminőségét és egészségét.



3. ábra: Kombinált klaszterelemzés a fényszennyezés vonatkozásában  
 Forrás: saját szerkesztés

### **Összegzés, az eredmények megvitatása**

Az eredmények alapján jól kirajzolódnak a kutatási irányok időbeli változásai és azok összefüggései, amelyek a fényszennyezés kutatásának folyamatos fejlődését és interdiszciplináris kibővülését mutatják. Az időbeli elemzések rámutatnak arra, hogy a kezdeti kutatások főként a fényszennyezés alapvető ökológiai és környezetvédelmi aspektusaira koncentráltak, amelyek a természeti környezetre gyakorolt hatásokkal foglalkoztak. Az idők során azonban a kutatások egyre komplexebbé váltak, és olyan új területek kerültek előtérbe, mint a közegészségügyi vonatkozások, a technológiai megoldások, valamint a társadalmi és gazdasági hatások vizsgálata. Ezek az irányváltások és bővülések jól tükrözik, hogy a fényszennyezés kérdése többé már nem csupán környezeti probléma, hanem egy globális, összetett kihívás, amely számos tudományterületet érint. Az eredmények azt is jelzik, hogy a különböző kutatási területek közötti együttműködés egyre jelentősebbé válik, mivel a problémák átfogó megértése és hatékony megoldása megköveteli a különböző szakterületek szintézisét. Például a mérnöki és technológiai kutatások nem csupán a megoldások technikai aspektusaira összpontosítanak, hanem azok társadalmi elfogadottságának és hatásainak vizsgálatára is. Az eredmények azt is kiemelik, hogy a kutatások földrajzi fókuszja szintén változott az idők során. Korábban a fényszennyezés vizsgálata elsősorban globális vagy nyugati országokra korlátozódott, azonban az újabb kutatások egyre inkább a kelet-európai régióra és a specifikus helyi sajátosságokra koncentrálnak. Ez a váltás lehetőséget teremt arra, hogy olyan regionális stratégiák és intézkedések kerüljenek kidolgozásra, amelyek figyelembe veszik a helyi környezetvédelmi, társadalmi és gazdasági tényezőket.

Emellett az eredmények rámutatnak a kutatások időbeli prioritásainak eltolódására is. Míg a korábbi években a munkaegészségügyi vonatkozások és a légszennyezéssel való összefüggések álltak a középpontban, az újabb kutatások a fényszennyezés attitűdökre, viselkedésre és társadalmi mintázatokra gyakorolt hatását vizsgálják, különös tekintettel az oktatásra és a környezettudatosság növelésére. Ez az irányvonal különösen jelentős, hiszen az emberek tudatosságának és attitűdjeinek megváltoztatása alapvető feltétele a fenntartható megoldások hosszú távú megvalósításának. Összességében az eredmények komplex képet festenek a fényszennyezés kutatásának dinamikájáról, bemutatva annak evolúcióját a kezdeti, környezeti fókuszú vizsgálatoktól a multidiszciplináris és interdiszciplináris megközelítésekig. Ez a folyamat nemcsak a tudományos közösség alkalmazkodóképességét és innovációját tükrözi, hanem a fényszennyezés problémájának globális jelentőségét is hangsúlyozza, amely továbbra is kiemelt kutatási területként marad napirenden.

**Irodalom**

- Abo-Khalil, A. G. 2024. Integrating sustainability into higher education challenges and opportunities for universities worldwide. *Heliyon*, 10(9), e29946. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e29946>
- Abraham, H.–Scantlebury, D. M.–Zubidat, A. E. 2019. The loss of ecosystem-services emerging from artificial light at night. *Chronobiology International*, 36(2), 296–298. <https://doi.org/10.1080/07420528.2018.1534122>
- Agrárminisztérium Környezetügyért Felelős Államtitkárság–Hortobágyi Nemzeti Park Igazgatóság. n.d. *A fényszennyezésről világosan!*
- Cao, M.–Xu, T.–Yin, D. 2023. Understanding light pollution: Recent advances on its health threats and regulations. *Journal of Environmental Sciences*, 127, 589–602. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2022.06.020>
- Çetiner, B.–Yenilmez, M. I. 2021. The role of Culture in Environmental Sustainability. *Present Environment and Sustainable Development*, 15(2), 259–272. <https://doi.org/10.15551/pesd2021152021>
- Chepesiuk, R. 2009. Missing the Dark: Health Effects of Light Pollution. *Environmental Health Perspectives*, 117(1). <https://doi.org/10.1289/ehp.117-a20>
- Döményné Ságodi I. (2015). *Nem csak a Zselicben pompázik csillagfényben az éjszakai égbolt – szekszárdi diákcsoport fényszennyezésmérései.*
- Gaston, K. J.–Sánchez de Miguel, A. 2022. Environmental Impacts of Artificial Light at Night. *Annual Review of Environment and Resources*, 47(1), 373–398. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-112420-014438>
- Green, R. F.–Luginbuhl, C. B.–Wainscoat, R. J.–Duriscoe, D. 2022. The growing threat of light pollution to ground-based observatories. *The Astronomy and Astrophysics Review*, 30(1), 1. <https://doi.org/10.1007/s00159-021-00138-3>
- Grubisic, M. 2018. Waters under Artificial Lights: Does Light Pollution Matter for Aquatic Primary Producers? *Limnology and Oceanography Bulletin*, 27(3), 76–81. <https://doi.org/10.1002/lob.10254>
- Hnatyuk, V.–Pshenychna, N.–Kara, S.–Kolodii, V.–Yaroshchuk, L. 2024. Education’s role in fostering environmental awareness and advancing sustainable development within a holistic framework. *Multidisciplinary Reviews*, 7, 2024spe012. <https://doi.org/10.31893/multirev.2024spe012>
- International Dark-Sky Association. 2022. *Light pollution*. <https://www.darksky.org/light-pollution>
- Jägerbrand, A. K.–Bouroussis, C. A. 2021. Ecological Impact of Artificial Light at Night: Effective Strategies and Measures to Deal with Protected Species and Habitats. *Sustainability*, 13(11), 5991. <https://doi.org/10.3390/su13115991>
- Jimenez, M. P.–DeVillie, N. V.–Elliott, E. G.–Schiff, J. E.–Wilt, G. E.–Hart, J. E.–James, P. 2021. Associations between Nature Exposure and Health: A Review of the Evidence. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(9), 4790. <https://doi.org/10.3390/ijerph18094790>
- Karska, J.–Kowalski, S.–Gładka, A.–Brzecka, A.–Sochocka, M.–Kurpas, D.–Beszlej, J. A.–Leszek, J. 2023. Artificial light and neurodegeneration: does light pollution impact the development of Alzheimer’s disease? *GeroScience*, 46(1), 87–97. <https://doi.org/10.1007/s11357-023-00932-0>
- Kaushik, K.–Nair, S.–Ahamad, A. 2022. Studying light pollution as an emerging environmental concern in India. *Journal of Urban Management*, 11(3), 392–405. <https://doi.org/10.1016/j.jum.2022.05.012>
- Khorram, A.–Yusefi, M.–Keykha, S. 2014. Light Pollution, a World Problem. *Health Scope*, 3(4). <https://doi.org/10.17795/jhealthscope-24065>

- Kocifaj, M.–Kómar, L. 2016. A role of aerosol particles in forming urban skyglow and skyglow from distant cities. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 458(1), 438–448. <https://doi.org/10.1093/mnras/stw293>
- Kyba, C. C. M.–Kuester, T.–Sánchez de Miguel, A.–Baugh, K.–Jechow, A.–Hölker, F.–Bennie, J.–Elvidge, C. D.–Gaston, K. J.–Guanter, L. 2017. Artificially lit surface of Earth at night increasing in radiance and extent. *Science Advances*, 3(11). <https://doi.org/10.1126/sciadv.1701528>
- Liu, Y.–Huang, Y.–Liu, Y.–Liu, S.–Yao, L.–Cao, D. 2024. Do rivers get sufficient sleep—A global analysis of light pollution in rivers. *Resources, Conservation and Recycling*, 211, 107892. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2024.107892>
- Manolis, E. N.–Manoli, E. N. 2021. Raising awareness of the Sustainable Development Goals through Ecological Projects in Higher Education. *Journal of Cleaner Production*, 279, 123614. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123614>
- Ścieżor, T.–Czaplicka, A. 2020. The impact of atmospheric aerosol particles on the brightness of the night sky. *Journal of Quantitative Spectroscopy and Radiative Transfer*, 254, 107168. <https://doi.org/10.1016/j.jqsrt.2020.107168>
- Svechkina, A.–Portnov, B. A.–Trop, T. 2020. The impact of artificial light at night on human and ecosystem health: a systematic literature review. *Landscape Ecology*, 35(8), 1725–1742. <https://doi.org/10.1007/s10980-020-01053-1>
- Tavares, P.–Ingi, D.–Araújo, L.–Pinho, P.–Bhusal, P. 2021. Reviewing the Role of Outdoor Lighting in Achieving Sustainable Development Goals. *Sustainability*, 13(22), 12657. <https://doi.org/10.3390/su132212657>