



HATÁSTANULMÁNY TANULMÁNY

ÜLLŐ - 50 MW NAPELEMFARM

KÖZVETLEN KÖRNYEZETRE
VALAMINT ÜLLŐ VÁROS GAZDASÁGÁRA
GYAKOROLT HATÁSÁRÓL





Tartalom

1.	Fejezet: Tanulmány célja	3
1.1.	Projekthelyszín, megközelítése és hálózati kapcsolata	3
2.	Projekt helyszínéül választott terület bemutatása	4
3.	Fejezet: Napelemes erőművek egészségügyi és biztonsági hatásai	5
3.1.	Veszélyes anyagok	6
3.1.1.	Projekt telepítése, kivitelezés	6
3.1.2.	Rendszer komponensek	6
3.1.3.	Üzemeltetés és karbantartás - Panelmosás és növényvédelem	14
3.2.	Elektromágneses mező (EMF) - Elektroszmog	17
3.3.	Elektromos áramütés és villámcsapás veszélyei	20
3.4.	Tűzbiztonság	20
4.	Fejezet: Tanulmány napelemparkok ökológiai diverzitásra gyakorolt hatásáról	22
4.1.	Összefoglaló	22
4.2.	Tanulmány céljai és célkitűzései	24
	• Megteremthetik-e a napelemes farmok a nagyobb botanikai diverzitás feltételeit?	24
	• A napelemparkok ösztönözhetik a gerinctelenek nagyobb változatosságát?	25
	• A napelemparkok ösztönözhetik a madarak sokféleségét?	25
	• A napelemparkok ösztönözhetik a denevérek nagyobb változatosságát?	25
4.3.	Elemzés	26
	• A napelemes farmok aktív kezelése nagyobb botanikai diverzitást eredményez?	26
	• A napelemes farmok fizikai szerkezete nagyobb botanikai diverzitást ösztönöz-e az egyenértékű, beépítetlen mezőgazdasági területekkel összehasonlítva?	28
	• A napelemparkok ösztönözhetik a gerinctelenek nagyobb változatosságát?	29
	• A napelemparkok ösztönözhetik a madarak sokféleségét?	31
	• A napelemparkok ösztönözhetik a denevérek nagyobb változatosságát?	34
	• Egyéb megfigyelések	36
4.4.	Konklúzió	36
5.	Fejezet: Projekt villamos energia termelése és CO ₂ kibocsátás csökkentése	39
5.1.	Hogyan számítják ki a kibocsátáscsökkentést?	39
5.2.	Magyarországi statisztika	40
5.3.	Kibocsátáscsökkentés Üllő város viszonylatában	40
6.	Erdő széndioxid kibocsátás csökkentése	41
6.1.	Mennyi szén-dioxidot nyelnek el a fák évente?	58
6.2.	Üllői Napelempark, valamint a területarányos erdő széndioxid elvonási összehasonlítása	58
7.	Projekt helyi gazdaságra gyakorolt hatása	60



1. Fejezet: Tanulmány célja

Az Üllő vonzaskörzetében tervezett 50 MW névleges teljesítményű napelempark bemutatása (továbbiakban: „Projekt”), a Projekt környezetre és élőhelyre, valamint, helyi gazdaságra vonatkozó hatásának vizsgálata és elemzése.

1.1. Projekthelyszín, megközelítése és hálózati kapcsolata

A Projekt Üllő közigazgatási területén, a várostól délnyugati irányban 4 km-re fekvő 75 hektáros területen tervezi a napelempark építési engedélyezési eljárásának megkezdését.



Kép: Projekthelyszín, tervezett útcsatlakozási lehetőségekkel és regionális felsővezeték hálózattal

A Projekt terület, valamint a megépítendő új állomás megközelítéséhez a 4603-as számú útra csatlakozó 600m hosszú önkormányzati úton nyílik lehetőség, annak felújításával és kiszélesítésével. A Projekt terület megközelítése, így az M0-ás körgyűrű lehajtójától a 4601-es számú főúton, majd a 4603-as ócsai úton keresztül történik.

A Projekt hálózati csatlakozására az Elmű 132/22 kV állomásában nyílik lehetőség, melyhez egy új 4km nagyfeszültségű magánvezeték fektetése szükséges.



2. Projekt helyszínéről választott terület bemutatása



Kép: Napelempark illetve tervezett alállomás helyszíne

Napelempark telepítésre kijelölt terület:

- Ingatlan nyilvántartás szerint, Üllő: 0233, 75,2891 hektár, erdő művelési ágban nyilvántartva
- A terület fás bokros, melyet a MAVIR 220kV-os vezetéke illetve az Elmü 22kV-os vezetéke keresztez.
- Napelempark telepítésre alkalmas nettó terület: 66 hektár (felsővezetéki védőzónák, biztonsági zónák levonása után)

Alállomás telepítésre kijelölt terület:

- Ingatlan nyilvántartás szerint, Üllő: 0219, 75,2891 hektár, erdő művelési ágban nyilvántartva
- A terület fás bokros, melyet a MAVIR 220kV-os vezetéke illetve az Elmü 132kV-os vezetéke keresztez.
- Alállomásra, illetve úthálózatra igénybe vett terület mérete 4 hektár

Minkét ingatlan erdő művelési ágban van nyilvántartva. Az erdészet előzetes véleménye alapján, a terület kivonható művelési ág alól, mely kivonás esetén az erdészeti hatóság regionális csereerdősítést kérhet.



3. Fejezet: Napelemes erőművek egészségügyi és biztonsági hatásai

Az Ipari méretű napelemes fotovoltaikus (PV) rendszerek (napelemparkok) növekvő jelenléte meglehetősen új fejlemény. E technológia új és ismeretlen jellege miatt természetes, hogy az ilyen fejlesztések közelében lévő közösségek aggódnak az egészségügyi és biztonsági hatások miatt. Sajnálatos módon a napenergia gyors megjelenése termékeny táptalajt teremtett a technológia egészségügyi hatásairól szóló mítoszoknak és féligazságoknak, amelyek szükségtelen félelemhez és konfliktusokhoz vezethetnek.

A fotovoltaikus (PV) technológiák és a napelemes rendszerek nem jelentenek jelentős egészségügyi kockázatot a közvetlen környezetre. A legfontosabb veszélyeket a viszonylag rövid építési időszak alatt megnövekedett autópálya-forgalom, valamint a nagyfeszültségű berendezésekkel való érintkezésből eredő veszélyek jelentik. Ez utóbbi kockázatot a jelzések és az iparág által a birtokháborítástól való elrettentés érdekében alkalmazott biztonsági intézkedések csökkentik. Amint azt alább részletesebben ismertetjük, a napelemparkok szennyezésének kockázata sokkal kisebb, mint a legtöbb más ipari felhasználás esetében, mivel a fotovoltaikus technológiák kevés mérgező vegyi anyagot használnak, és a felhasznált vegyszerek mennyisége is nagyon kicsi. A fosszilis tüzelésű áramtermelők által okozott szennyezés csökkenése miatt, a napenergia-fejlesztés általános hatása az emberi egészségre túlnyomórészt pozitív. Ez a szennyezéscsökkenés a fosszilis tüzelőanyaggal működő villamosenergia-termelés részleges kiváltásából ered, amelyet kibocsátásmentes, napelemmel termelt villamos energia vált ki, ami csökkenti a káros kén-dioxid (SO₂), nitrogén-oxidok (NO_x) és finom részecskék (PM_{2,5}) kibocsátását. A napelemes energiatermelés közvetve levegőminőséggel kapcsolatos egészségügyi előnyökkel jár.

Bár a napelemes technológiák nagyszabású telepítése csak a közelmúltban történt meg, a technológiát és annak lehetséges hatásait már az 1950-es évek óta tanulmányozzák. E napenergia-specifikus kutatások és az általános tudományos kutatások kombinációja vezetett ahhoz, hogy a tudományos közösség jól ismeri a napenergia lehetséges egészségügyi és biztonsági hatásainak tudományos hátterét. Ez az ismertető a legújabb tudományos szakirodalmat és a napenergia-gyakorlatokkal kapcsolatos ismereteket használja fel a napelemes technológiával kapcsolatos egészségügyi és biztonsági kockázatok kezelésére. Ezek a kockázatok rendkívül csekélyek, sokkal kisebbek, mint a hétköznapi tevékenységekhez, például az autóvezetéshez kapcsolódó kockázatok, és messze felülmúlják a tiszta villamos energia előállításának egészségügyi előnyeit.

Jelen tanulmány ezen fejezete a napelemes fejlesztések lehetséges egészségügyi és



biztonsági hatásaival foglalkozik, a következő négy kategóriába sorolva:

- (3.1) Veszélyes anyagok
- (3.2) Elektromágneses mezők (EMF)
- (3.3) Elektromos áramütés és villámcsapás
- (3.4) Tűzbiztonság

3.1. Veszélyes anyagok

A napenergiával szembeni egyik leggyakoribb aggály az, hogy a panelek (a napenergia-iparban "moduloknak" nevezik őket) olyan mérgező anyagokból állnak, amelyek veszélyeztetik a közegészséget. Amint azonban ez a szakasz bemutatja, a napenergia-rendszerek kis mennyiségben tartalmazhatnak mérgező anyagokat, de ezek az anyagok nem veszélyeztetik a közegészséget. A napelemes erőművekből származó potenciális toxikus veszélyek megértéséhez meg kell érteni a rendszer telepítését, a felhasznált anyagokat, a panelek élettartamának végét jelző protokollokat és a rendszer működését. Ez a szakasz a következő alfejezetekben a napelempark ezen aspektusait és a toxikus hatások lehetőségét vizsgálja:

3.1.1. Projekt telepítése, kivitelezés

A rendszer telepítése vagy építése nem igényel mérgező vegyi anyagokat vagy eljárásokat. A területet mechanikusan megtisztítják a növényzettől, kerítéseket építenek, és a területet felméri a pontos telepítési helyek kijelölése érdekében. A földalatti vezetékek számára árkokat ásnak, és tartóoszlopokat ültetnek a földbe. A napelemeket acél és alumínium tartószerkezetekhez csavarozzák és összekötik. Az invertereket és transzformátorokat telepítik. Miután mindent csatlakoztattak, a rendszert tesztelik, és csak ezután kapcsolják be.

A Projekt kivitelezése jelenti a környékre, illetve a környezetre gyakorolt legnagyobb ökológiai lábnyomot, illetve környező utakra gyakorolt teherforgalom növekedést. Az üzemeltetés során a karbantartó személyzet alkalmankénti látogatásán kívül nem történik teherforgalom.

A Projekt kivitelezés várható időtartama 12-18 hónap, ami alatt a megjelölt megközelítő útvonalon várhatóan 600-800 kamionnyi anyag kerül beszállítása, ami csúcsidőben 10-15 kamion is lehet naponta. Ez a mennyiség tekintettel arra, hogy a megközelítő út nem érint lakott területet, nem jelent kiemelkedő terhelést.

3.1.2. Rendszer komponensek

Napelemek: Felépítése és tartóssága



A napelemes panelek jellemzően üvegből, polimerből, alumíniumból, rézből és félvezető anyagokból állnak, amelyek hasznos élettartamuk végén visszanyerhetők és újrahasznosíthatók. Ma kétféle technológiát használnak a napelemes panelekben a nagyüzemi napelemes létesítményekben: a szilíciumot és a vékonyréteget. A kristályos szilíciumtechnológia szilíciumszeleteket tartalmaz, amelyeket cellákká alakítanak és panelekké szerelnek össze, a vékonyfilmes technológiák pedig üveg-, polimer- vagy fémszubsztrátumokra felvitt vékony félvezetőanyag-rétegekből állnak. Bár a kétféle szolártechnológia összetevői és gyártási folyamatai különböznek, a PV-panelek felépítésének számos aspektusa nagyon hasonló. Az 1.2.2. szakasz a), b) és c) alfejezetében a kristályos szilíciumra, a kadmium-telluridra, illetve a CIS/CIGS-re vonatkozó, a toxicitással kapcsolatos egyes PV-kémiai típusok részletes leírása található. E szakasz többi része egyaránt vonatkozik a szilícium- és a vékonyréteg-panelekre.

Az évtizedekig tartó korróziómentes működés érdekében a PV-panelek PV-celláit két műanyagréteg közé kapszulázzák a levegő és a nedvesség elől. A kapszulázó rétegeket felülről egy edzett üvegréteg, hátulról pedig egy polimerlemez védi. A keret nélküli modulok a panel hátoldalán egy védőrétegű üveget tartalmaznak, amely szintén edzett lehet. A műanyag etilén-vinil-acetát (EVA) általában a cellák tokozását biztosítja. Ugyanezt a műanyagot használják az edzett üvegrétegek között, hogy az autók szélvédőit vagy az ablakokat nagy szilárdságúvá tegyék. Ugyanúgy, ahogyan az autó szélvédője megreped, de ép marad, a fotovoltaiikus panelek EVA rétegei a törött paneleket tartják épségben. Így egy sérült modul általában nem képez apró törmelékdarabokat, hanem nagyrészt egy darabban marad.

A modern panelekkel azonos alapelemekből készült PV-panelet már jóval több mint harminc éve telepítik világszerte. Az ezekben az évtizedekben bizonyított hosszú távú tartósság és teljesítmény, valamint a gyorsított élettartam-tesztek eredményei hozzájárultak ahhoz, hogy a PV-panelek iparági szabvány szerinti 25 éves energiatermelési garanciát kapjanak. Ezek a teljesítménygaranciák garantálják, hogy a PV-panelek 25 év használat után az eredeti névleges teljesítményük legalább 80%-át termelik. A mai minőségi PV-panelek várhatóan harmincöt évig megbízhatóan és hatékonyan termelnek energiát.

A helyi építési előírások megkövetelik, hogy minden szerkezetet, beleértve a földre szerelt napelemtáblákat is, úgy tervezzenek meg, hogy ellenálljon a helyi szélsébségi követelményekben meghatározott várható szélsébségnek. Számos tartószerkezet kapható akár 150 km/órás szélsébségre tervezett változatban is, ami lényegesen magasabb, mint az előírt szélsébség.

Egy olyan katasztrófa esetén, amely képes megrongálni a napelemes



berendezéseket, például egy tornádó, a rendszer szinte biztosan rendelkezik vagyonbiztosítással, amely fedezi a takarítás és a projekt javításának költségeit. A rendszer tulajdonosának érdeke, hogy megvédje befektetését az ilyen kockázatokkal szemben, illetve az, hogy a projektet minél hamarabb megjavítsák és újra üzembe helyezzék.

Fotovoltaikus (PV) Technológiák

Kristályos szilícium

Ez az alszakasz a szilícium alapú PV-panelek toxicitását vizsgálja, és arra a következtetésre jut, hogy azok nem jelentenek jelentős toxicitási kockázatot a közegészségre és a közbiztonságra nézve. A modern kristályos szilíciumból készült PV-panelek, amelyek a ma beépített PV-panelek több mint 90%-át teszik ki, többé-kevésbé alapterméknek számítanak. A telepített panelek túlnyomó többsége kristályos szilícium panel, amelyeket informálisan „TIER 1” panelek közé sorolnak. A „TIER 1” panelek olyan elismert gyártóktól származnak, amelyek jó eséllyel képesek teljesíteni a garanciális igényeket. A „TIER 1” panelek jó minőségűek, kiszámítható teljesítményűek és tartósak. A PV-panelek tartalmának jóval több mint 80%-át (tömeg szerint) az edzett üveg előlap és az alumíniumkeret teszi ki, amelyek mindkettő gyakori építőanyag. A fennmaradó rész nagy része közönséges műanyag, beleértve a polietilén-tereftalátot a hátlapban, a PV-cellák EVA kapszulázását, a polifenil-étert a csatlakozódobozban és a polietilén szigetelést a vezetékvezetékeken. A rendszer aktív, működő elemei a szilícium-fotovoltaikus cellák, az ezeket összekötő kis elektromos vezetékek és a panel hátuljából kilépő vezetékek. Az áramtermelő és -vezető alkatrészek a legtöbb panel tömegének kevesebb mint 5%-át teszik ki. Maga a PV-cella közel 100%-ban szilíciumból áll.

A szilícium a második leggyakoribb elem a földkéregben. A PV-cellákhoz használt szilíciumot a kvarchomok (SiO_2) magas hőmérsékleten történő feldolgozásával nyerik, amely során eltávolítják az oxigénmolekulákat. A finomított szilíciumot rendkívül kis mennyiségű boron és foszfor hozzáadásával alakítják át PV-cellává, amelyek mindketten gyakoriak és nagyon alacsony toxicitásúak.

A PV-cella egyéb kisebb összetevői általában szintén jellemzően nem szennyezők, néhány esettől eltekintve amely azonban ólmot tartalmaz. A kisebb összetevők közé tartozik egy rendkívül vékony antireflexiós bevonat (szilícium-nitrid vagy titán-dioxid), egy vékony alumíniumréteg a hátoldalon, valamint vékony ezüstöt tartalmazó ötvözetcsíkok, amelyeket a cella elülső és hátsó részére szitanyomatnak. Ahhoz, hogy az elülső és hátsó elektródák hatékony elektromos kapcsolatot tudjanak létesíteni a PV-cella megfelelő rétegével, más anyagokat (úgynevezett üvegfrített) kevernek az



ezüstöt tartalmazó ötvözettel, majd melegítéssel maratják a fémeket a cellába. Ez az üvegfritt történelmileg kis mennyiségű ólmot (Pb) tartalmaz ólom-oxid formájában. A PV-panel celláit úgy kötik össze, hogy az egyik cella hátuljáról a következő cella elejére vékony, forrasztóanyaggal bevont lapokat forrasztanak. Hagyományosan ónalapú, némi ólmot (Pb) tartalmazó forrasztóanyagot használnak, de egyes gyártók áttértek az ólommentes forrasztóanyagra. Az üvegfritt és/vagy a forrasztóanyag nyomokban más fémeket is tartalmazhat, beleértve néhány mérgező anyagot, például kadmiumot. A törött panelekből való lehetséges kimosódást szimuláló, alább részletesebben tárgyalt vizsgálatok azonban nem találtak ilyen nyomelemekből származó potenciális toxicitási veszélyt. Ezért a szilícium-fényelektromos panelek egyetlen olyan része, amely negatív hatással lehet az egészségre, a fűzilánkban és a forrasztóanyagban lévő csekély mennyiségű ólom. Az alábbiakban leírtak szerint azonban az ólom nagyon kis mennyisége, valamint a PV-panel egyéb összetevőire való erős fizikai és kémiai kötődése azt jelenti, hogy még a legrosszabb forgatókönyvek szerint is jelentéktelen az általa okozott egészségügyi kockázat.

Mint sok más elektronikai iparágban, a szilícium alapú PV panelek forrasztása hagyományosan ólom alapú, annak kiváló tulajdonságai miatt. Az ólommentes forrasztóanyagok terén a közelmúltban elért eredmények azonban a PV-panelgyártókat a panelek ólomtartalmának csökkentésére vagy eltávolítására ösztönözték. Ez azt jelenti, hogy az általuk gyártott panelek kadmium- és ólomtartalma az Európai Unió által meghatározott RoHS-küszöbértékek alatt van, amelyek az ember által előállított termékekben található veszélyes anyagokra vonatkozó világszintű de facto szabványként szolgálnak. A veszélyes anyagok korlátozására vonatkozó szabvány (RoHS) előírja, hogy a termékekben található homogén anyagok maximális koncentrációja 0,01%-nál kevesebb kadmium és 0,10%-nál kevesebb ólom lehet, ezért a forrasztások legfeljebb 0,10% ólomtartalmúak lehetnek.

Bár egyes gyártók gyártanak olyan fotovoltikus paneleket, amelyek megfelelnek a RoHS-szabványnak, ez nem kötelező, mivel a RoHS-irányelv kifejezetten kimondja, hogy az irányelv nem vonatkozik a fotovoltikus panelekre. Ezt a jelenlegi RoHS-irányelv 17. pontja indokolja, amely így hangzik:

"A megújuló energiaforrások fejlesztése az Unió egyik legfontosabb célkitűzése, és a megújuló energiaforrások hozzájárulása a környezetvédelmi és éghajlati célkitűzésekhez döntő fontosságú. A megújuló energiaforrásokból előállított energia támogatásáról szóló, 2009. április 23-i 2009/28/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv (4) emlékeztet arra, hogy e célkitűzéseknek és más uniós környezetvédelmi jogszabályoknak összhangban kell lenniük egymással. Következésképpen ez az irányelv nem akadályozhatja meg az egészségre és a környezetre negatív hatást nem



gyakorló, elérhető és gazdaságilag életképes megújulóenergia-technológiák fejlesztését."

Az ólom használata gyakori modern gazdaságunkban. Például az USA-ban az éves ólomfogyasztásnak mintegy 0,5%-át teszi ki a forrasztásra való felhasználás, melyből a napelem panelek forrasztására felhasznált ólom mennyisége ennek a 0,5%-nak csak egy kis részét teszik ki. Az ólomalapú forrasztóanyaggal készült PV-panelben lévő ólomra vonatkozó becslések 1,6 és 24 gramm ólom között mozognak, a szakirodalomban leggyakrabban 13 gramm ólomot találunk panelenként, melyek a gyártási technológia eredményeként el van zárva a levegőtől vagy a víztől a panel teljes élettartama alatt.

Amint azt a 20-30 éves teljesítménygarancia is jelzi, a PV-modulokat hosszú, általában 25 évnél hosszabb élettartamra tervezték. Ahhoz, hogy egy panel megfeleljen a 25 éves teljesítménygaranciának, a belső alkatrészeket, beleértve az ólomot is, el kell zárni a nedvességtől, ellenkező esetben azok korrodálódnának, és a panel teljesítménye a teljesítménygarancia szintje alá esne. A működő PV-modulok ólomtartalmát nem fenyegeti a környezetbe jutás veszélye az élettartamuk alatt. Szélsőséges kísérletekben a kutatók kimutatták, hogy az ólom kioldódhat a zúzott vagy porított panelekből. A valós körülmények között végzett, a tipikus szeméttömörítést reprezentáló tesztek azonban, amelyeket a hulladék veszélyes vagy nem veszélyes hulladékként való besorolásához használnak, nem mutatták ki a kioldódás veszélyét.

Összefoglalva:

A szilíciumalapú PV-panelek nem jelentenek jelentős veszélyt a közegészségre és a közbiztonságra. A panelek egyetlen potenciálisan mérgező tulajdonsága az egyes panelekben található nagyon kis mennyiségű ólom. A panelben lévő ólom azonban a napelem működési élettartama alatt jól el van zárva a környezeti hatásoktól, és így nem áll fenn a környezetbe jutás veszélye.

Kadmium-tellurid (CdTe) PV panelek

Ez az alfejezet a kadmium-tellurid (CdTe) PV-panel összetevőit vizsgálja. A kutatások azt mutatják, hogy ezek elhanyagolható toxicitási kockázatot jelentenek a közegészségre és a közbiztonságra nézve, miközben a szén-dioxid-kibocsátás csökkentésével jelentősen csökkentik a lakosság kadmiumnak való kitettségét.

Az e napelemes technológia használatának lehetséges egészségügyi és környezeti hatásaival kapcsolatos kérdések azzal kapcsolatosak, hogy ezek a panelek kadmiumot, egy mérgező nehézfémeket tartalmaznak. Tudományos vizsgálatok azonban kimutatták, hogy a kadmium-tellurid nagy kémiai és termikus stabilitása miatt



különbözik a kadmiumtól. Az ilyen típusú panelekben lévő csekély mennyiségű kadmium nem jelent egészségügyi vagy biztonsági kockázatot. Továbbá közvetett okok szólnak az alkalmazás mellett. A szén elégetésével termelt villamos energia minden egyes GWh-ja körülbelül 4 gramm kadmiumot bocsát ki a levegőbe. Bár az elektromos energiánk jelentős része szénből származik, a napenergiából származó villamos energia sokkal több földgázt kompenzál, mint a szén, mivel a földgázüzemek könnyebben és gyorsabban tudják módosítani a termelés mértékét. Ha a napenergia 90%-ban földgázt és 10%-ban szenet kompenzál, akkor az Üllőn tervezett méretű napelemes projekt körülbelül 300 gramm kadmiumot tart távol a környezetünktől, amennyiben ezzel a technológiával van megvalósítva.

A kadmium mérgező, de az egy CdTe panelben lévő mintegy 7 gramm kadmium mindegyike a kadmium-tellurid vegyület formájában van jelen, amely a szabad kadmium mérgező hatásának 1/100-ad része. A kadmium-tellurid nagyon stabil vegyület, amely nem illékony és nem oldódik vízben. A kutatások szerint még tűz esetén is a kadmium kevesebb mint 0,1%-a szabadul fel, amikor egy CdTe panel tűznek van kitéve. A tűz megolvasztja az üveget, és a kadmium több mint 99,9%-át az olvadt üvegbe zárja.

Fontos megérteni a CdTe PV panelek gyártásához használt kadmium forrását. A kadmium a cink- és ólomfinomítás mellékterméke. Az elemet az említett fémek gyártása során a kibocsátásokból és a hulladékáramokból gyűjtik össze, és tellúriummal kombinálva hozzák létre a napelem panelekhez használt CdTe-t. Ha a kadmiumot nem gyűjtik össze a PV-panelekben vagy más termékekben való felhasználás céljából, akkor egyébként vagy felhalmozják a későbbi felhasználás céljából, vagy megszüntetnek és eltemetnek, vagy ártalmatlanítanak. A régi vagy törött panelekben lévő kadmium szinte teljes egészében újrahasznosítható, ami végül az új PV-panelek elsődleges kadmiumforrásaként szolgálhat.

A szilíciumalapú PV-panelekhez hasonlóan a CdTe-panelek előlapja edzett üvegből, két átlátszó műanyag kapszulázó réteg helyett egyből és egy hátsó hőálló üveghátlapból (együttesen > 98 tömegszázalék) áll. A végtermék úgy készül, hogy több mint 25 évig jelentős károsodás nélkül ellenálljon az időjárás viszontagságainak. Bár a terepen vagy akár egy hulladéklerakóban bekövetkező károsodásra nem jellemző, laboratóriumi bizonyítékok azt mutatják, hogy amikor a paneleket finom porrá őrlik, a nagyon savas víz képes a kadmium és a tellúr egy részét kimosni, hasonlóan a CdTe panelek újrahasznosításához használt eljáráshoz. Sok szilícium-ion alapú panelhez hasonlóan a CdTe panelek is (már 1998-ban) megfeleltek az EPA Toxic Characteristic Leaching Procedure (TCLP) tesztjén, amely azt vizsgálja, hogy a zúzott panelek a hulladéklerakókban nem képesek-e veszélyes anyagokat a talajvízbe



juttatni. A teszt megfelelése azt jelenti, hogy a panelek nem minősülnek veszélyes hulladéknak, és a hulladéklerakókban elhelyezhetők.

Aggodalomra adhat okot a CdTe PV-paneleket érintő esetleges katasztrófák környezeti hatása is. A Tokiói Egyetem 2013-ban elemzést végzett a CdTe PV panelek által okozott környezeti hatások legrosszabb forgatókönyveiről, beleértve a földrengéseket, tüzeket és árvizeket. A CdTe PV-technológiával kapcsolatos kiterjedt nemzetközi kutatási anyag áttekintése után jelentésük a következő következtetésre jutott: "Még a legrosszabb forgatókönyvek esetén sem valószínű, hogy a levegőben és a tengervízben a Cd-koncentráció meghaladja a környezetvédelmi előírásokban meghatározott értékeket." A legrosszabb forgatókönyv szerint a földön hagyott, sérült panelek esetében a kadmium jelentéktelen mennyiségben szivárog ki a panelekből. Ennek oka, hogy ez a forgatókönyv sokkal kevésbé kedvez a kioldódásnak (nagyobb moduldarabok, kisebb savasság), mint az EPA TCLP-tesztjének feltételei, amelyet a hulladéklerakó körülmények szimulálására használnak, és amelyen a CdTe panelek átmennek.

CIS/CIGS és más PV technológiák

A réz-indium-gallium-szelenid PV-technológia, gyakran CIGS-nek nevezik, a második leggyakoribb vékonyrétegű PV-panel-típus, de a CdTe mögött messze a második helyen áll. A CIGS-cellák réz, indium, gallium és szelén vékony rétegéből állnak üveg- vagy műanyag hátlapon. Ezen elemek egyike sem túl mérgező. A cellák gyakran tartalmaznak egy rendkívül vékony kadmium-szulfid réteget is, amely apró mennyiségű kadmiumot tartalmaz.

Panelek Életvégi menedzsment

Ebben az alfejezetben a fotovoltaiikus panelek mennyiségével, ártalmatlanításával, toxicitásával és újrahasznosításával kapcsolatos aggályokkal foglalkozunk. A fotovoltaiikus hulladék mennyiségének szemléletessé tételéhez vegyük figyelembe, hogy 2050-re, amikor a 2024-ben telepített fotovoltaiikus rendszerek elérik élettartamuk végét, a becslések szerint a fotovoltaiikus panelek éves globális hulladékmennyisége a 2014-es globális e-hulladékmennyiség 10%-át fogja kitenni.

A nem újrahasznosított napelem panelek úgy helyezhetők el szilárd hulladék lerakóban, hogy meg kell felelniük a veszélyes hulladéokra vonatkozó vizsgálatoknak. Ezt a tesztet úgy tervezték, hogy szimulálja a hulladéklerakóba történő ártalmatlanítást, és meghatározza a hulladéklerakóból kioldódó veszélyes anyagok kockázatát. Több forrás is arról számol be, hogy a legtöbb modern PV-panel (mind a kristályos szilícium, mind a kadmiumtellurid) átmegy ezeken a teszteken. Egyes tanulmányok szerint néhány régebbi (1990-es évekbeli) kristályos szilícium panel, és talán néhány újabb



kristályos szilícium panel (a vizsgált panelek évjáratára vonatkozóan nem adtak pontos adatokat) nem felel meg a TCLP vizsgálat ólom (Pb) kioldódási határértékeinek.

A vizsgálat egy panel centiméteres darabokra való aprításával kezdődik. A darabokat ezután savfürdőben összekeverjük. A tizennyolc órán át tartó fürdetés után a folyadékot negyven veszélyes részállapotra vizsgálják, amelyeknek mindegyike meghatározott küszöbértékek alatt kell maradnia ahhoz, hogy átmenjen a vizsgálaton. A vizsgálati körülményeket a terepen sérült panelek körülményeivel összehasonlító kutatások azt találták, hogy a szimulált hulladéklerakó körülmények túlságosan konzervatív becsléseket adnak a terepen sérült panelek kioldódására vonatkozóan. Japánban végzett kutatások továbbá nem találtak kimutatható Cd-kioldódást a repedezett CdTe panelekből, amikor szimulált savas esőnek tették ki őket.

Bár a modern panelek általában a földre tölthetők, újrahasznosíthatók is. Bár a közelmúltban a hulladék mennyisége nem volt megfelelő ahhoz, hogy jelentős, PV-specifikus újrahasznosítási infrastruktúrát támogasson, a meglévő újrahasznosító ipar arról számolt be, hogy a jelenlegi kis mennyiségű törött PV-panelek nagy részét újrahasznosítja. Egy 2016 elején végzett nem hivatalos felmérés során a megkérdezett nyolc nagy aktív napenergia-fejlesztő közül hét arról számolt be, hogy a sérült paneleket visszaküldik a gyártónak és/vagy egy helyi újrahasznosítónak. Csak egy fejlesztő számolt be arról, hogy a sérült paneleket a hulladéklerakóba küldi.

A globális PV-újrahasznosítási gyakorlat a jövőben hazánkban is megvalósulhat. 2007-ben az Európai Unió és a napenergia-ipar között létrejött köz- és magánszféra közötti partnerség létrehozta a PV CYCLE elnevezésű önkéntes gyűjtési és újrahasznosítási rendszert. Ezt a megállapodást később kötelezővé tette az EU WEEE-irányelve, az elektromos és elektronikus berendezések hulladékaira vonatkozó program. A szövetség tagvállalatai (a PV-panelgyártók) teljes mértékben finanszírozzák a szövetséget. Ez lehetővé teszi a végfelhasználók számára, hogy a tagvállalatok hibás paneljeit a több mint 300 európai gyűjtőpont bármelyikénél további költségek nélkül visszaadják újrahasznosításra. A PV CYCLE emellett a 40 vagy annál több használt panelt tartalmazó tételeket a felhasználó számára költségmentesen elszállítja. Ez a megállapodás nagyon sikeres volt, 2020-ig több mint 45 000 tonnát gyűjtöttek be és hasznosítottak újra.

2012-ben az elektromos és elektronikus berendezések hulladékairól szóló irányelv a fotovoltaiikus panelek életciklus végén történő begyűjtését és újrafeldolgozását is a hatálya alá vonta. Ez az irányelv a kiterjesztett gyártói felelősség elvén alapul. Az irányelv globális hatással bír, mivel az uniós piacon értékesíteni kívánó gyártók jogilag felelősek a panel-életciklus végének kezeléséért. Az irányelv célja, hogy 2018-tól kezdődően az Európában "forgalomba hozott" fotovoltaiikus termékek 85%-át



visszanyerjék, 80%-át pedig újrahasználatra és újrafeldolgozásra készítsék elő.

Bár a nyugdíjazott PV-panelek lehetséges negatív környezeti és/vagy egészségügyi hatásainak óvatos megközelítése teljes mértékben indokolt, ez a szakasz kimutatta, hogy a fosszilis tüzelőanyagok égetéséből származó, a PV-rendszerekből származó kibocsátás csökkenésének pozitív egészségügyi hatásai több mint ellensúlyozzák a potenciális kockázatokat. A vizsgálatok azt mutatják, hogy a szilícium- és a CdTe-panelek biztonságosan elhelyezhetők a hulladéklerakókban, és a legrosszabb esetben, elhagyás vagy katasztrófa esetén is biztonságosak.

Egyéb rendszerelemek

(tartószerkezet, kábelek, inverterek, transzformátor)

Míg az előző toxicitási alfejezetek a PV-paneleket tárgyaltuk, ez az alfejezet a közüzemi méretű PV-rendszerek panelen kívüli összetevőit írja le, és megvizsgálja a lehetséges közegészségügyi és biztonsági kockázatokat. A talajra szerelt PV-rendszerek legjelentősebb nem paneles eleme a panelsorok rögzítőszerkezete, amelyet általában "állványozásnak" neveznek. Az állványrendszer függőleges oszlopos része horganyzott acélból, a többi föld feletti állványrendszer elemei pedig horganyzott acélból vagy alumíniumból készülnek, amelyek mindkettő rendkívül gyakori építőanyag. Az inverterek, amelyek a napenergiával termelt villamos energiát a hálózatba táplálják, időjárásálló műanyag vagy acélburkolattal rendelkeznek, amely megvédi a működő alkatrészeket az elemektől. Az egyetlen folyadék, amelyet tartalmazhatnak, a hűtőrendszerükhöz kapcsolódik.

A transzformátorok (amelyek az inverter kimeneti feszültségét a közcélú csatlakozási pont feszültségére emelik) folyékony hűtőolajat tartalmazhatnak. Az ehhez a funkcióhoz használt folyadék azonban vagy nem mérgező ásványi olaj, vagy biológiailag lebomló, nem mérgező növényi olaj. Ezeknek a növényi transzformátorolajoknak további előnye, hogy sokkal kevésbé gyúlékonyak, mint a hagyományos ásványi olajok. A mérgező PCB-eket tartalmazó hűtőolajat tartalmazó régi transzformátorokhoz jelentős egészségügyi kockázatok társulnak.

3.1.3. Üzemeltetés és karbantartás - Panelmosás és növényvédelem

Magyarországon az éghajlat elég gyakori és erős esőt biztosít ahhoz, hogy a paneleket megfelelően tisztán tartsa. Ez a megbízható időjárási körülmény kiküszöböli a panelek rendszeres mosásának szükségességét. Egyes esetekben a termelés növelése érdekében akár évente többször is moshatják a paneleket, de a legtöbb esetben nem alkalmaznak rendszeres mosást. Az idővel felhalmozódó szennyeződések indokolhatják, hogy a panelek élettartama alatt néhányszor megtörténjen a panelek mosása; ehhez a tevékenységhez vízre és a hozzá adagolt környezetbarát tisztító



folyadékra van szükség.

Napelemek felületének tisztítása

A napelemre számos környezeti hatás miatt kerülhet többek között vastag porréteg, idővel a levegőbe jutó égéstermékek lerakódhatnak a napelem felületére, emellett számolnunk kell a növények pollenjei, és a madarak ürülékével is. A napelemre kerülő szennyeződés meggátolhatja a napfény eljutását a napelem panelbe, ezáltal a felhasználó a panel működésében problémát érezhet – ekkor jön el az ideje a napelem tisztításnak. Ezt megelőzendően évente ajánlatos teljes körű tisztítást végezni a napelemeken, amennyiben ezt a környezeti hatások indokoltá teszik. A napelem modul felülete úgy van kialakítva, hogy egy minimális öntisztuló funkciót megvalósít ugyan a dőlésszögével, melynek segítségével a ráeső csapadék lemossa a ráakódott porréteget. Ez az öntisztuló funkció, azonban nem elég hatékony makacsabb szennyeződések (pl.: madárürülék) vagy enyhébb napelem dőlés szög esetében.

Tisztítás időpontja

A napelem tisztítást a termelés csúcs időszaka előtt javasolt elvégezni, ami július-augusztus. Tehát júniusban és szeptemberben, reggeli órákban a legcélszerűbb a tisztítást elvégezni, ekkor gyengébb még a napsütés és ezzel elkerülhetjük a hősokkot. Téli időszakban nem kell a havat eltakarítani a napelemekről. A szakszerűen telepített napelemekről ugyanis könnyen lecsúszik a hó, a modulok üres járásba kerülnek és melegszenek, a hó elkezd olvadni és egy vékony filmréteg keletkezik, amitől még könnyebben lecsúszhat a napelemekről – aminek köszönhetően télen is folyamatosan érheti a napfény a felszínét.

Tisztításhoz szükséges anyagok

A napelem tisztítás fő alkotóelemét képezi a lágy víz, mivel a kemény vízben található ásványi anyagok károsíthatják a napelem felületét, továbbá, ha az rászárad a panelre, akkor csökkentheti annak hatékonyságát. Ez amiatt történik, hogy a kemény vízben lévő ásványi anyagok megkeményednek, a napelem felületén-és szemcséi nem engedik át a napfényt a panelig, illetve széttörik felette a beérkező fényt. A lágy víz – ami ásványi anyagoktól és baktériumoktól mentes- azonnal megköti a szennyeződéseket és a napelem tisztítás után cseppmentesen megszárad. Ha nem áll rendelkezésünkre lágy víz, desztillált víz, akkor ioncserélt esővízzel is megoldható a művelet.

Tilos folyékony tisztítószeret használni, ha a panelek meghibásodtak, mert áramütéshez vezethet. Általános tisztító szer sem szabad használni a panelek felületén. Ajánlatos kimondottan erre a célra gyártott tisztító szer használni.

Tisztításhoz szükséges eszközök



Tilos nagynyomású mosót vagy gőztisztítót használni, illetve olyan felületű anyaggal tisztítani, ami karcolást vagy mikro karcolást okozhat! Szintén tilos szárazon lekaparni a szennyeződést, mivel ez éppen hogy mikro karcolásokat okozhat a felületen.

Járműves tisztítás

Napelemek takarításához, a tisztítás technika területén több évtizedes tapasztalattal rendelkező, kiváló minőségű, speciálisan a napelemek tisztításához fejlesztett forgó kefevel ellátott speciális jármű ajánlott. A kefe tisztító sörtéi nejlomból készültek, és garantálják a napelemek felületének karcolásmentes tisztítását. A kefefej közvetlenül csatlakozik a teleszkópos szárhoz, az ebben található magasnyomású tömlő biztosítja a tisztításhoz szükséges vízmennyiséget.



Továbbá vannak a napelem tisztításra megalkotott járművek, míg a jobboldalinál egy traktorra szerelik fel a kefét és a tartályt. Mindhárom gép magasnyomású vízzel dolgozik, a Sunbrush cég külön napelem tisztító folyadékot is kínál hozzá. A berendezések maguk állítják elő a magas nyomást, úgy tervezték meg őket, hogy tartályból dolgozzanak. Így kellő erősségű víznyomást képesek biztosítani, a sima magasnyomású mosókkal ellentétben. A magasnyomású víz és a kefék gyors forgása hivatott a szennyeződéseket eltávolítani. Ezen megoldások előnye, hogy gyorsan, kevés emberi erővel és kezelőszeméllyel lehet megtisztítani a napelemeket.

A talajra szerelt PV-berendezések karbantartása megköveteli, hogy a növényzetet alacsonyban tartsák, mind esztétikai okokból, mind pedig a PV-panelek árnyékolásának elkerülése érdekében. A napelemes létesítmények növényzetének fenntartására többféle módszert alkalmaznak, beleértve a korlátozott magasságú fajok ültetését, a kaszálást, a gyomirtást, a növényvédő szereket és a legeltetett állatokat (juhok). A telephelyeken a vegetációs időszakban általában évente három négy alkalommal kell kaszálni. Egyre jellemzőbb, hogy a napelemfarmokon juhokkal legeltetik a területet, ami nagymértékben csökkenti a növényzet fenntartásához szükséges emberi erőfeszítést, és a karbantartás ökológiai lábnyomát.



A kaszálás és a gyomirtás mellett a napelemparkok jellemzően nem használnak Magyarországon gyomirtó szereket, csak esetlegesen és csekély mértékben. A napelempark létesítmények általában nem permetezik ki a gyomirtó szereket a teljes területre, hanem csak stratégiai helyeken alkalmazzák azokat, például a kerítés tövében, a külső növényi puffer körül, a belső földutakon. Sok sorközművelési művelettől eltérően a napelempark létesítmények általában csak általános használatú gyomirtó szereket használnak, amelyek a szabadforgalomban kaphatók, szemben a kereskedelmi mezőgazdaságban általánosan használt, korlátozott használatú gyomirtó szerekkel, amelyekhez speciális, korlátozott használatú engedély szükséges. A rendelkezésre álló korlátozott adatok alapján úgy tűnik, hogy a napelempark létesítmények általában jóval kevesebb gyomirtószert használnak hektáronként, mint a legtöbb kereskedelmi mezőgazdasági vagy gyepkarbantartó szolgáltatás.

3.2. Elektromágneses mező (EMF) - Elektroszmog

A PV-rendszerek működésük során nem bocsátanak ki semmilyen anyagot, azonban elektromágneses mezőt (EMF), néha sugárzást is generálnak. Az elektromosság által termelt EMF nem ionizáló sugárzás, ami azt jelenti, hogy a sugárzásnak elegendő energiája van ahhoz, hogy a molekulában lévő atomokat mozgassa (hő formájában tapasztalható), de nem elegendő ahhoz, hogy elektronokat távolítsa el egy atomból vagy molekulából (ionizáljon) vagy károsítsa a DNS-t. Amint az alábbiakban látható, a modern ember mindennapi életünk során mindannyian ki van téve az EMF-nek anélkül, hogy az egészségre negatív hatással lenne. Aki egy napelempark kerítésén kívül van, az nincs kitéve a napelempark létesítményből származó jelentős EMF-nek. Ezért a napelemparkon termelt EMF-nek nincs negatív egészségügyi hatása. A következő bekezdések további háttérinformációkkal és részletekkel támasztják alá ezt a következtetést.

Az 1970-es évek óta egyesek aggodalmukat fejezték ki a villamos energiából származó EMF lehetséges egészségügyi következményei miatt, de egyetlen tanulmány sem bizonyította, hogy az EMF egészségügyi problémákat okozna. Ezek az aggodalmak néhány epidemiológiai tanulmányon alapulnak, amelyek a gyermekkori leukémia kismértékű növekedését találták a 0,3-0,4 μT (mikrotesla) feletti (3,0-4,0 mG (milligauss) értéknek megfelelő) átlagos lakossági villamosenergia-frekvenciájú mágneses mezőnek való kitettséggel összefüggésben. A μT és az mG egyaránt a mágneses térerősség mérésére használt mértékegység. Összehasonlításképpen, az Egyesült Államokban az emberek átlagos expozíciója egy mG vagy 0,1 μT , és a lakosság körülbelül 1%-ának átlagos expozíciója meghaladja a 0,4 μT -t (vagy 4 mG-t). Ezek az epidemiológiai tanulmányok, amelyek összefüggést, de nem okozati összefüggést találtak, arra késztették az Egészségügyi Világszervezet Nemzetközi Rákkutató



Ügynökségét (IARC), hogy az EMF mágneses tereket "az emberre nézve valószínűleg rákkeltőnek" minősítse. Például a kávé is ezt a besorolást kapta. Ez a besorolás azt jelenti, hogy korlátozott bizonyítékok állnak rendelkezésre, de nem elegendőek ahhoz, hogy "valószínűleg rákkeltőnek" vagy "emberi rákkeltőnek" minősítsék. Összességében nagyon kevés aggodalomra ad okot, hogy az EMF károsítja a közegészséget. Az egyetlen aggodalom a 0,4 μT (4 mG) feletti hosszú távú expozícióval kapcsolatban merül fel, amely összefüggésbe hozható a gyermekkori leukémia megnövekedett gyakoriságával. 1997-ben a Kongresszus utasította a Nemzeti Tudományos Akadémiákat, hogy vizsgálják meg ezt az aggályt, és arra a következtetésre jutottak:

„A szabadfrekvenciás elektromos és mágneses terek sejtekre, sejtekre és szervezetre (beleértve az embert is) gyakorolt hatásaival kapcsolatban közzétett tanulmányok átfogó értékelése alapján a bizottság arra a következtetésre jutott, hogy a jelenlegi bizonyítékok nem mutatják, hogy az ilyen tereknek való kitétség veszélyt jelentene az emberi egészségre. Konkrétan, nincs meggyőző és következetes bizonyíték arra, hogy a lakossági elektromos és mágneses mezőknek való kitétség rákot, káros idegrendszeri hatásokat, illetve reprodukciós és fejlődési hatásokat okozna.”

Az elektromágneses mezőknek két aspektusa van, az elektromos és a mágneses mező. Az elektromos mezőt a feszültség, a mágneses mezőt pedig az elektromos áram, azaz a mozgó elektronok hozzák létre. Az Egészségügyi Világszervezet (WHO) által 2005-ben összehívott, tudományos szakértőkből álló munkacsoport arra a következtetésre jutott, hogy az elektromos mezők (0-100 000 Hz) nem jelentenek érdemi egészségügyi problémát a lakosság által általában tapasztalt szinteken. A napelemes létesítmények viszonylag alacsony feszültségei és az a tény, hogy az elektromos mezők könnyen árnyékolhatók (azaz blokkolhatók) az általános anyagokkal, például műanyaggal, fémmel vagy talajjal, azt jelenti, hogy nem kell tartani a napelemes létesítmények által generált elektromos mezők negatív egészségügyi hatásaitól. Ezért e szakasz hátralévő része a mágneses mezőkkel foglalkozik. A mágneses mezőket a legtöbb közönséges anyag nem árnyékolja, és így könnyen áthatolhatnak rajtuk. Mindkét típusú mező a legerősebb az elektromos áramforrás közelében, és a forrástól való távolsággal gyorsan gyengül.

A PV-panelek által termelt egyenáram (DC) elektromos áram helyhez kötött (0 Hz) elektromos és mágneses mezőt hoz létre. Mivel a helyhez kötött mezők potenciális kockázata miatt minimális az aggodalom, kevés tudományos kutatás vizsgálta a helyhez kötött mezők emberi egészségre gyakorolt hatását. Még a legnagyobb PV-létesítményekben sem túl magasak az egyenfeszültségek és -áramok. A PV-panel által generált EMF gyengeségét úgy lehet szemléltetni, hogy egy működő napelemre iránytűt helyezünk, és megfigyeljük, hogy a tű még mindig észak felé mutat.



Míg a napelemes telephelyen a villamos energia többnyire egyenáramú, az inverterek ezt az egyenáramot a hálózat 60 Hz-es frekvenciájának megfelelő váltakozó áramúvá alakítják. Ezért az inverterek és az ezt az áramot a hálózatba szállító vezetékek nem állandó EMF-et, úgynevezett rendkívül alacsony frekvenciájú EMF-et termelnek, amely általában 60 Hz-es frekvencián oszcillál. Ez a frekvencia az elektromágneses spektrum alacsony energiájú végén helyezkedik el. Ezért kevesebb energiával rendelkezik, mint a nem ionizáló sugárzás más, gyakran előforduló típusai, például a rádióhullámok, az infravörös sugárzás és a látható fény.

Az elektromosság széles körű használata az EMF háttérszintjét eredményezi szinte minden olyan helyen, ahol az emberek időt töltenek - otthon, munkahelyen, iskolában, autóban, bevásárlóközpontokban stb. Egy személy átlagos expozíciója attól függ, hogy milyen forrásokkal találkozik, milyen közel van hozzájuk, és mennyi időt tölt ott. Mint fentebb említettük, a mágneses mezőknek való átlagos expozíció az Egyesült Államokban a becslések szerint körülbelül egy mG vagy 0,1 μ T, de jelentősen változhat attól függően, hogy egy személy mennyire van kitéve az elektromos eszközökből és vezetékekből származó EMF-nek. Időnként gyakran sokkal nagyobb ELF mágneses mezőknek vagyunk kitéve, például ha egy hűtőszekrénytől három méterre állunk, a mágneses mező 6 mG, ha pedig egy mikrohullámú sütőtől három méterre állunk, a mező körülbelül 50 mG. E mezők erőssége a forrástól való távolsággal gyorsan csökken, de ha otthonunkban és más épületekben elektromossággal vagyunk körülvéve, az egyik forrástól eltávolodva közelebb kerülünk egy másikhoz. Ha azonban nem tartózkodunk egy közüzemi napelemes létesítmény vagy elektromos alállomás kerítésén belül, lehetetlen közel kerülni az EMF-forrásokhoz. Emiatt a nagy feszültségeket és áramokat tartalmazó elektromos alállomások kerítésénél lévő EMF-szintek "általában elhanyagolhatónak" tekinthetők.

Az EMF erőssége egy napelemes létesítmény peremén vagy egy kereskedelmi vagy lakóépületben lévő PV-rendszer közelében jelentősen alacsonyabb, mint az átlagos háztartás EMF-expozíciója. A kutatók mágneses tereket mértek PV-projekteknel, és megállapították, hogy a mágneses terek nagyon alacsony szintre, 0,5 mG vagy annál kisebb szintre csökkentek, és sok esetben a háttérszintnél (0,2 mG) alacsonyabbra, a lakossági inverterektől legfeljebb 3 méter, a közüzemi inverterektől pedig 45 méter távolságban. Még a közüzemi méretű inverterektől néhány méteren belül mért mágneses mezők is jóval a nem ionizáló sugárzás elleni védelemmel foglalkozó nemzetközi bizottság által a lakosság számára ajánlott 2000 mG mágneses mezőszint-expozíciós határérték alatt voltak. Jellemző, hogy a nagy invertereket a közüzemi méretű tervezések során a nagy invertereket az őket tápláló PV-panelek középpontjába helyezik, mivel így minimálisra csökken a szükséges vezeték hossza, és



a szomszédokat nem zavarja az inverter esetleges hűtőventilátorainak hangja. Így ritkán fordul elő, hogy egy nagy PV-inverter 45 méteren belül legyen a projekt biztonsági kerítésétől.

Bárki, aki orvosi eszközre, például pacemakerre vagy más beültetett eszközre támaszkodik a megfelelő szívritmus fenntartása érdekében, aggódhat-e amiatt, hogy egy napenergia-projekt esetleg zavarhatja a készülék működését? Aggodalomra azonban nincs ok, mivel a napelemes létesítmény kerítésén kívül az EMF kevesebb, mint 1 ezreléke annak a szintnek, amelyen a gyártók az interferenciát vizsgálják, ami 1000 mG. A potenciálisan érintett beültetett eszközök gyártói gyakran adnak tanácsokat az elektromágneses interferenciával kapcsolatban, amelyekben szerepel, hogy az implantált eszközt ne engedjék túl közel bizonyos mezőforrásokhoz, például egyes háztartási készülékekhez, egyes rádiótelefonokhoz és hasonló adóvevő eszközökhöz. Egyes gyártók irodalma nem említi a nagyfeszültségű elektromos vezetékeket, mások azt mondják, hogy a közterületeken való expozíció nem okozhat interferenciát, és mások azt tanácsolják, hogy ne töltsenek hosszabb időt elektromos vezetékek közelében.

1.2. Elektromos áramütés és villámcsapás veszélyei

Valós veszélyt jelent az áramütés veszélye bármelyik elektromos szekrénybe, például csatlakozószekrénybe, leválasztó kapcsolókba, inverterekbe vagy transzformátorokba belépő személy számára; vagy más módon 50 Voltnál nagyobb feszültséggel érintkezik. Egy másik elektromos veszélyt jelent az ívillanás, amely rövidzárlat esetén bekövetkező energia robbanás. Ez a robbanásszerű energiafelszabadulás hőhullámot és lökéshullámot okoz, amelyek mindkettő súlyos sérülést vagy halált okozhat. A megfelelően képzett és felszerelt technikusok és villanyszerelők tudják, hogyan kell biztonságosan telepíteni, tesztelni és javítani a PV-rendszereket, de mindig fennáll a sérülés veszélye, ha veszélyes feszültségek és/vagy áramok vannak jelen. A képzetlen személyek nem próbálkozhatnak a PV-rendszerek ellenőrzésével, tesztelésével vagy javításával, mivel az áramütés és az ívillanás miatt sérülés vagy halál is előfordulhat. A MSZ szabvány minden elektromos alkatrészen megfelelő szintű figyelmeztető jelzést ír elő a feszültségek és árampotenciálok által meghatározott veszélyességi szint alapján. A szabvány azt is előírja, hogy a telephelyet az illetéktelen látogatók elől kerítéssel kell biztosítani, megfelelő veszélyre figyelmeztető táblákkal.

1.3. Tűzbiztonság

A fotovoltaikus rendszerekből eredő vagy azok által felerősített tüzek lehetősége aggodalmat kelthet a lakosság és a tűzoltók körében egyaránt. A napenergia okozta tűzveszély miatti aggodalomnak azonban korlátozottnak kell lennie, mivel a



panelekben lévő anyagoknak csak kis része gyúlékony, és ezek az alkatrészek nem képesek jelentős tüzet okozni. A PV-panelek gyúlékony összetevői közé tartoznak a PV-cellákat körülvevő vékony polimer kapszularétegek, a polimer hátlapok (csak a keretes panelek esetében), a panel hátoldalán lévő műanyag csatlakozódobozok és a vezetékek szigetelése. A panel többi része nem gyúlékony összetevőkből áll, beleértve egy vagy két védőüvegréteget, amelyek a panel tömegének több mint háromnegyedét teszik ki.

Egy kis láng hője nem elegendő egy PV-panel meggyújtásához, de egy intenzívebb tűz vagy egy elektromos hibából származó energia meggyújthatja a PV-panelt. Bár előfordulhat, hogy az otthonokban vagy kereskedelmi épületekben lévő fotovoltaiikus rendszerek elektromos hibái tüzet okoznak, ez rendkívül ritka. A fotovoltaiikus rendszerekre jellemző kockázatok jobb megértése, a biztonságosabb rendszertervezés, valamint a tűzzel kapcsolatos szabályzatok és szabványok frissítése tovább csökkenti a fotovoltaiikus rendszerek által okozott tüzek kockázatát.



4. Fejezet: Tanulmány napelemfarmok ökológiai diverzitásra gyakorolt hatásáról

4.1. Összefoglaló

Nagyon kevés kutatás szól a napenergia-farmok biológiai sokféleségre gyakorolt hatásairól, annak ellenére, hogy ez az iparág egyre inkább elterjedőben van a világon. A tanulmány azt vizsgálja, hogy a napelemes farmok nagyobb ökológiai diverzitást eredményezhetnek-e az egyenértékű, beépítetlen területekkel összehasonlítva.

A kutatás négy kulcsmutatóra összpontosít minden esetben értékelve a fajok sokféleségét és egyedsűrűségét.

- botanika (füvek és lombos növények),
- gerinctelenek (különösen lepkék és poszméhek),
- madarak (beleértve a nevezetes fajokat és a talajon fészkelő madarakat)
- és denevérek.

Az Egyesült Királyság déli részén összesen 11 napenergia-farmot dolgoztak fel ebben a tanulmányban, legalább egy tenyészőidőszakra vonatkozóan. A földgazdálkodás megközelítései az elsősorban állattartástól az elsősorban vadon élő állatokra összpontosító gazdálkodásig változatosak voltak. A vadon élő állatokkal való gazdálkodás szintjét minden helyszínen alacsonyra, közepesre vagy magasra értékelték az olyan tevékenységek alapján, mint az újravetés, a legeltetés vagy a kaszálás, a gyomirtó szerek használata, valamint a sövények és a táblaszegélyek kezelése.

A biodiverzitás napelemes farmhoz kapcsolódó változásainak felméréséhez összehasonlították a napelemes farm élővilágát a közeli „kontroll” parcellán található vadon élő állatokkal. A kontroll parcella a szoláris tömbön kívül volt, de ugyanazon a farmon belül. A legfontosabb, hogy az ellenőrző telek ugyanolyan kezelés alatt állt, mint a napelemfarm az építése előtt. Az ellenőrző parcella célja az volt, hogy jelzést adjon a vadon élő állatok szintjéről a napelemfarm építése előtt. Ezt követően botanikai, gerinctelen, madár- és denevérfelmérést végeztek mind a szoláris parcellán, mind a szomszédos, megfelelő kontrollparcellán. A felmérések eredményeit statisztikailag összehasonlították, hogy azonosítsák a biodiverzitásban a napelemes farm és a földgazdálkodás által okozott esetleges változásokat. A botanikai felmérések eredményei azt mutatták, hogy a napelem farmok összességében nagyobb diverzitást mutattak, mint a kontrollparcellák, és ez különösen igaz a lombos növényekre. Ez a nagyobb diverzitás részben a napelemes farmok újravetésének az eredménye: ahol fajgazdag vadvirágkeverékeket vetettek, ez a diverzitás nagyobb volt, de ott is nagyobb volt a diverzitás, mint a nagyrészt szántóföldi kontrollparcellákon.



A gyepgazdálkodás a botanikai diverzitást is befolyásolta. Azokon a területeken, ahol természetvédelmi legeltetést alkalmaztak (téli és tavaszi juhok legeltetése a nyári szünettel, hogy a vadvirágok virágozhassanak és magvak keljenek), a növények sokfélesége a természetes folyamatok révén nőtt az eredeti magkeverékhez képest. A gerinctelen állatokon végzett felmérések kimutatták, hogy a lepkék és poszméhek nagyobb számban fordultak elő a napenergia-farmokon, mint a kontrollparcellákon, és a legnagyobb számban ott fordultak elő, ahol a botanikai diverzitás is magas volt. A fajok száma nem különbözött szignifikánsan a legtöbb napelem farm és kontroll parcella között. Azonban több helyen, ahol nagyobb a botanikai diverzitás, és ahol a vadon élő állatok kezelését „magasnak” tartották, a poszméh- és lepkefajok nagyobb diverzitását figyelték meg.

A madarak felmérései feltárták, hogy a napelem parcellákon összességében a madarak sokfélesége volt megfigyelhető a kontrollparcellákhoz képest. A helyszínek közül kettőn nagyobb madárszámot figyeltek meg a napelemes farmokon, mint a kontrollparcellákon. A madarak nagyobb száma és faja ezeken a helyeken azt sugallja, hogy a napelemes farmokon belül nagyobbak a táplálékszerzési lehetőségek, mint a szomszédos, beépítetlen területeken.

Ez valószínűleg azt tükrözi, hogy a homogén szántói környezetből egy változatos füves élőhely alakult ki, amely fedő- vagy ülőszerkezeteket is tartalmaz. A madárfajok védettségi állapotuk szerinti súlyozása során a napelemes farmok szignifikánsan magasabb pontszámot értek el a madárdiverzitás és egyedsűrűség tekintetében, jelezve fontosságukat a madárfajok csökkenése szempontjából. Sok ilyen faj hanyatlása a mezőgazdasági gyakorlatok intenzívebbé válásának tulajdonítható. A vadgazdálkodásra összpontosító napelem farmok hajlamosak a növényvédőszeres korlátozott használatára, az állatállomány-sűrűség csökkentésére és a szántóföldi szegélyek helyreállítására, ami e madárfajok közül sok számára előnyös lenne. A napelemes parcellák és a kontrollparcellák összehasonlítása során nem volt általános különbség a pacsirta-területek számában, bár egy hely szignifikánsan magasabb számot mutatott a kontroll parcellán belül. Több kontroll parcellán is megerősítették a fészkelő madarakat. A napelemes telken belüli fészkek a tömböt körülvevő biztonsági kerítésen belül, de a tömb tényleges lábnyomán kívül helyezkedett el. A tanulmány azt mutatja, hogy bár előfordulhat, hogy a madarak nem fészkelnek a napelemsorok alatt, fészkelnek a napelemes farmokon belül, és beépítik a napelemes farmokat a területi határaikba táplálékszerzés céljából.

A denevérfelmérések eredményei azt mutatták, hogy a kontroll parcellákon szignifikánsan magasabb volt a denevéraktivitás szintje a napelem parcellákhoz képest három helyen, de nem volt különbség a denevérek diverzitásában. A napelemeken



belüli denevéraktivitás alacsonyabb szintje tükrözheti a denevérek problémáit a mesterségesen sima felületek, például a napelemek felismerésével. A felmérés eredményei azonban a felmérés módszertanával kapcsolatos esetleges problémák miatt nem meggyőzőek, és további kutatást indokolnak ezen a területen. A felmérések során más fajok megfigyelései között szerepelt bagolyürülék jelenléte a napelemeken, ami arra utal, hogy a baglyok ácsorgásra használják fel. A napelemes farmokon belül számos helyen nyulat is észleltek.

Amikor a területeket rangsorolták a biológiai sokféleség általános értéke alapján, kiderült, hogy a három olyan terület, ahol a legnagyobb hangsúlyt helyezték a vadon élő állatokra, összességében a biodiverzitás szempontjából a legmagasabb rangot kapták.

Összefoglalva, a tanulmány feltárta, hogy a napelemes farmok a széles levelű növények, fűfélék, lepkék, poszméhek és madarak diverzitásának és bőségének növekedéséhez vezethetnek. A biodiverzitás előnyeinek mértéke nagymértékben függ a terület kezelésétől, és nagyobb hangsúlyt fektetnek a vadon élő állatok kezelésére, ami a biológiai sokféleség szempontjából nagyobb előnyökhöz vezet. A legmagasabb vadértékkel rendelkező területeket az építkezés befejezésekor változatos magkeveréssel vetették be, korlátozták a gyomirtó szerek használatát, jó határélőhelyet biztosítottak a vadon élő állatok számára, és védő legeltetési vagy kaszálási rendszert alkalmaztak.

4.2. Tanulmány céljai és célkitűzései

A tanulmány célja annak vizsgálata, hogy a napelemes farmok képesek-e növelni az általuk elfoglalt földterület ökológiai értékét. A kérdésként feltett átfogó cél a következő: **„A napelemes farmok és a hozzájuk kapcsolódó gazdálkodás eredményezhetnek-e nagyobb ökológiai diverzitást az egyenértékű beépítetlen területekhez képest?”** Ez a célkitűzés a következő kérdésekre bontható:

- **Megteremthetik-e a napelemes farmok a nagyobb botanikai diverzitás feltételeit?**

Valószínűleg változások lesznek a botanikában a napelemes farmon belüli földgazdálkodás megváltozása miatt. A mezőgazdasági tevékenységek intenzitásának csökkenése, ideértve a gyomirtó szerek és műtrágyák alkalmazását, a florisztikai diverzitás növekedését eredményezheti. A kevésbé intenzív legeltetés ösztönözheti a lombos növények megtelepedését is. A szolár farmokon lehet olyan irányítást kialakítani, amelyet kifejezetten a vadon élő állatok ösztönzésére terveztek, például különféle natív vetőmagkeverékeket állítanak elő, amelyekben nincs legeltetés vagy levágás a virágzási időszakban. A tanulmány feltárta a növénydiverzitás különbségét a szolár farm és a kontrollparcella (a szolár farmmal



korábban azonos kezelés alatt álló terület) között, hogy meghatározhassa a növényzeti változásokat a földgazdálkodással kapcsolatban. A szolár farm szerkezete a gazdálkodáson túlmenően változatos mikroklímát biztosíthat árnyékos és árnyékolatlan területekkel vagy nedvesebb és szárazabb környezettel, ami a napelemek szántóföldi telepítésének fizikai hatásaiból adódik. Ez a tanulmány azt vizsgálta, hogy van-e különbség a közvetlenül a napelemek alatti növények együttese és a sorok között, ahol több napfény és csapadék várható.

- **A napelemparkok ösztönözhetik a gerinctelenek nagyobb változatosságát?**

Az intenzív mezőgazdasági gazdálkodás csökkenése és a botanikai diverzitás potenciális növekedése valószínűleg más taxonómiai csoportokat is érintene, például a gerincteleneket, amelyek táplálékként és menedékként növényekre támaszkodnak. Ez a tanulmány azt vizsgálta, hogy a gerinctelen állatok nagyobb diverzitása és bősége tapasztalható-e a napelemes farmokon, mint egy szomszédos kontrollparcellában.

- **A napelemparkok ösztönözhetik a madarak sokféleségét?**

A növények diverzitásának növekedése és a mezőgazdasági nyomás csökkenése megfelelő feltételeket biztosíthat a mezőgazdasági madarak számára, ezzel párhuzamosan a madárdiverzitás növekedésére. Ez a tanulmány a fajok számát és egyedsűrűségét, de a feljegyzett madarak természetvédelmi jelentőségét is vizsgálta. A madárdiverzitást a napelemes farm és a kontroll parcella között hasonlították össze. Ezenkívül megvizsgálták a napelemes farmon belüli felhasználási mintát (a tömbön belül, a telephely szélén). Általános konszenzus van abban, hogy a földön fészkelő madarak, amelyeknek töretlen rálátásra van szükségük, mint például az *Alauda arvensis*, a zsúfolt környezet miatt nem hajlandók fészkelni a napelemes farmokon belül, azonban ennek az elméletnek a vizsgálatára nem készült tanulmány. A tanulmány megvizsgálta a talajon fészkelő madarak jelenlétét, és azt, hogy hogyan hasznosítják a napelemes farmokat, beleértve a táplálkozási és fészkelőhelyeket, ha vannak.

- **A napelemparkok ösztönözhetik a denevérek nagyobb változatosságát?**

A tanulmány a napenergia-farmok denevérek általi használatát is vizsgálja. Ha a napelemes farmok nagyobb gerinctelen bőséget és sokféleséget kínálnak, az értékes táplálékforrást jelenthet a denevérek számára, és az elmélet szerint a napelemek akár navigációs elemként is működhetnek a denevérek számára, mint a lineáris élőhelyek, például sövények és vízfolyások. Megmérték a denevérek diverzitását, és összehasonlították a napelemes farmok és kontrollterületeik között.



4.3. Elemzés

Ezt a tanulmányt a következő átfogó kérdés megválaszolására készítették: A napelemes farmok és a hozzájuk kapcsolódó gazdálkodás nagyobb ökológiai diverzitást eredményezhet-e az egyenértékű beépítetlen területekhez képest? Ennek a kérdésnek a megoldása során több vizsgálati területet is követtek.

- **A napelemes farmok aktív kezelése nagyobb botanikai diverzitást eredményez?**
 - Ez a tanulmány azt mutatja, hogy a napelem farmok botanikailag összességében lényegesen változatosabbak voltak a fűfélék és a lombos növények tekintetében. Ez az eredmény várható volt, mivel a kontroll parcellák szántóföldek, vagy intenzív legelők voltak, és ezért a botanikai diverzitás a monokultúrás növényre és a szántói gyomok alacsony diverzitására, vagy egy vagy két mezőgazdasági fűből álló legelőre korlátozódott. Minden napelemes farmon fűkeveréket vetettek be, beleértve legalább több fűfajtát, és három helyen, köztük vadvirágokkal. Ez a kezdeti vetés ugyanolyan vagy nagyobb botanikai diverzitást biztosított, mint a termőhely szántói vagy legelői.
 - A kezdeti magkeveréken kívül valószínű, hogy a napelemes farmokon belüli botanikai sokféleség a kedvező kezelési gyakorlatokra reagál. Ebben a tanulmányban minden napelemes farm szántóföldi vagy intenzív legelőn épült, ezért azokat intenzív mezőgazdasági gazdálkodásnak vetették alá, beleértve a rendszeres gyomirtó kezeléseket és a műtrágyák kijuttatását, ahogy a kontroll parcellákon is.
 - A tanulmányban szereplő napelemes farmok esetében a gazdálkodás intenzitása jelentősen csökkent a mezőgazdasági ráfordítások tekintetében. Egy helyen a gyomirtó szert széles körben alkalmazták (a panelek alatt), de a legtöbb helyen a gyomirtó szer alkalmazása a gyomok foltkezelésére korlátozódik. Logikus, hogy a széles spektrumú gyomirtó szerek használatának csökkentése a széles levelű növények diverzifikációjához vezetne. Nem ismertek olyan helyszínek, ahol műtrágyát szórtak volna. A szántóföldek magas talajtermékenysége kedvez néhány domináns növényfajnak, de mivel műtrágya hiányában a talaj





termékenysége csökken, így a pázsitfűfélék és a lombos növények diverzitása is növekedni tud.

- o A juhok legeltetése köztudottan jó mechanizmus a gyepterületek diverzifikálására ott, ahol a juhok állománysűrűsége kisebb, és különösen ott, ahol a legeltetést a virágzási időszakban (áprilistól júliusig) leállítják, ahogy ez számos helyen előfordul. Ahol azonban a juhok legeltetése nagyobb állománysűrűséggel és virágzási szünet nélkül történik, ott kevés a lehetőség a gyeper diverzifikálására.
- o Mindkét területen változatos fűveket és vadvirágokat vetettek be, ami kezdeti lépésenkénti változást biztosított a növények számában. Mindazonáltal mindkét területen alacsony állománysűrűséggel, tavasszal és nyáron virágzási szünettel, valamint minimális gyomirtó szerek alkalmazásával legeltettek juhokat. Ez a kezelési megközelítés ösztönzi a vadvirágokat, amit a növények diverzitásának növekedése is bizonyít:
 - egyes lelőhelyen a feljegyzett széleslevelű növények fajainak száma meghaladta az eredeti magkeveréket, a széles levelű növényfajok gyors megtelepedését valószínűleg elősegítették a napelemes farm közelében előforduló vadvirágos földnyelvek.
 - Ugyanígy, más lelőhelyen a fajok száma egy fűfajjal és egy lombos növénnel nőtt az eredetileg elvetettekhez képest.
- o Ezzel szemben a bizonyos területeken az intenzív juhok, amelyek nagyobb állománysűrűséggel és virágzási szünet nélkül legelnek, a botanikai diverzitás viszonylag alacsony szinthez vezetett, ezek a helyek botanikai szempontból a legalacsonyabb helyen szerepeltek. Ezen a lelőhelyek esetében nem volt szignifikáns különbség a növények diverzitásában a napelemes és a kontrollparcellák között.



- o A vizsgálatban szereplő helyszínek 1-4 évesek voltak, ezért nem lehetett részletes elemzést végezni arról, hogy a növénydiverzitást, ha befolyásolja a terület kora. A



további vizsgálatok nagyobb számú, nagyobb korosztályú termőhelyre összpontosíthatnak, annak megállapítása érdekében, hogy a megalapozottabb helyeken nagyobb a növényfajta sokfélesége. Meg kell jegyezni, hogy a napelemes farmok engedélyei körülbelül 25 év vagy hosszabb időről szólnak, a vizsgált napelemes farmok működési élettartamuk korai szakaszában járnak. A botanikai előnyök még hangsúlyosabbá válhatnak, ha a gazdaságokat legalább egy évtizedre állapítják meg.

- A korábban szántó vagy legelő-területek botanikai diverzitása közötti különbség érdekes alapot jelentene a jövőbeli kutatásokhoz, de az egyes típusokból több területre lenne szükség ahhoz, hogy statisztikailag megbízhatóak legyenek. A korábban napelemes farmokká átalakított szántóterületek túlnyomórészt alacsony minőségű mezőgazdasági területek; a szegényebb talaj valószínűleg jobb élőhelyet biztosít a növények szélesebb változatossága számára.
- Ahol létezik megfelelő gazdálkodás, a botanikai diverzitás idővel várhatóan növekedni fog, és egyes növények a magbankból a kedvező körülmények hatására emelkednek ki, míg mások a levegőben vagy az állatok által hordozott magvakból telepednek meg.
- **A napelemes farmok fizikai szerkezete nagyobb botanikai diverzitást ösztönöz-e az egyenértékű, beépítetlen mezőgazdasági területekkel összehasonlítva?**
- A napelemes farmok botanikai sokféleségét befolyásolhatja maguk a napelemek által biztosított ökológiai feltételek sokfélesége. Több helyen nagyobb széleslevelű növény-diverzitást figyeltek meg a sorok között, mint a panelek alatt. Ez a különbség valószínűleg a panelek alatti árnyékolás és száradás következményeiből adódik, ahol szélsőségesebb ökológiai körülmények várhatók. Valószínűleg „természetesebb” terepi viszonyok vannak a sorok között, ahol kisebb az árnyékolás, és a csapadékot nem akadályozzák a panelek. Emiatt a panelek alatti szélsőségesebb körülmények között csak az ilyen körülményeket toleránsabb speciális növények növekedésére lehet számítani. Ez a jelenlegi adatok további elemzésének középpontjában állhat, azonban ez nem tartozott jelen tanulmány tárgykörébe.
- Egy helyen azonban ennek a fordítottját is megtalálták, ahol a táblák alatt nagyobb volt a széles levelű növények változatossága, mint a sorok között. Ezen a területen a rendszeres vágás hatása csökkenthette a sorok közötti terület botanikai sokféleségét (a táblák alatti terület általában nehezen hozzáférhető gépi kaszák számára). Ez a gazdálkodási megközelítés nagyobb növényi diverzitást eredményezhetett a panelek alatt.



- o Érdemes megjegyezni, hogy bizonyos esetekben a közvetlenül a panelek alatti növényzet erőteljesebben nőtt, mint a panelek között, és előfordulhat, hogy az árnyékos élőhelyeken, például erdőkben gyakran megfigyelhető hatás, ahol az árnyék megnövekedett páratartalom és a talajok csökkentett kiszáradása, különösen akkor, ha a terület kezdetben viszonylag nedves. Idővel előfordulhat, hogy az árnyéktűrő fajok, például az erdőkre specializálódott növények kolonizálhatják a panelek alatti területeket, amint az e vizsgálaton kívüli helyszíneken is megfigyelhető.
- o Megállapításra került, hogy az egyik helyszínen a táblák alatti növényzetre herbiciddal történő permetezés valószínűleg gyorsan csökkentette a széles levelű növények diverzitását. Ezen a helyen a fűfélék és a lombos növények diverzitása kisebb volt a táblák alatt, mint a sorok között, de ez a különbség a szignifikáns küszöbön volt. Várhatóan idővel egy ilyen gazdálkodási megközelítés a botanikai diverzitás jelentős csökkenéséhez vezet.
- o Meg kell jegyezni, hogy a napelemek jelenlétének számos közvetett hatása befolyásolhatja a panelsorok alatti és közötti botanikát. Ahol a juhok legelnek, ott legeltetési és pihenési szokásaik eltérőek lesznek a területen, és a panelek alatti területet menedékként használják rossz időjárás esetén. Ahol kaszálnak, a panelek alatti területhez nem lehet hozzáférni traktorral vontatott kaszával, ezért más módszert (általában kézi fűnyírót) alkalmaznak. A kezelés ezen eltérései eltérő szelektív nyomást közvetítenek a gyepre, és eltérésekhez vezethetnek a növényegyüttesekben.
- **A napelemparkok ösztönözhetik a gerinctelenek nagyobb változatosságát?**
- o Összességében a lepkék és poszméhek egyedszáma nagyobb volt a napelem parcellákon, mint a kontrollparcellákon. Azokon a területeken volt a legmagasabb a lepkebőség, ahol a gazdálkodást „magasnak” tartották a vadvilágra való összpontosítás szempontjából. A legnagyobb poszméh-számmal rendelkezők a „közepestől a „magas”-ig terjedő gazdálkodási hangsúlyt a vadon élő állatokra helyezték. Egyes területeket fajgazdag magkeverékkel vetették be, beleértve a vadvirágokat is, amelyekben valószínűleg megtalálhatók a lepkék és poszméhek számára is megfelelő tápláléknövények (bár úgy tűnik, hogy a pillangók számára jelentősebb előnyökkel járnak). Valószínűleg ez a nagy botanikai diverzitás a fő oka annak, hogy ezeken a területeken nagyobb a gerinctelen állatok száma.
- o A gerinctelen fajok sokféleségét a napenergia-farmokban, csakúgy, mint a tágabb környezetben, erősen befolyásolja a botanikai sokféleség, mivel a növények alapvető takarmányt, élőhelyet és szerkezetet biztosítanak a fészkelő és



tojásrakáshoz. Egy növény táplálékforrásként való alkalmassága a virágszerkezetétől függ, mivel a méhek és a lepkék különböző struktúrákhoz alkalmazkodnak. Ezenkívül számos lepke egyetlen vagy nagyon kevés növényfajra támaszkodik a tojásrakáshoz és a lárvaállapotokhoz, és csak akkor tud szaporodni egy helyen, ha ez a faj jelen van. Ezért a poszméhek és lepkék széles körének vonzásához sokféle növényre van szükség.

- o Két helyen a gerinctelenek fajgazdagsága szignifikánsan nagyobb volt a napelem parcellákon belül, mint a kontroll parcellákon. Egyik lelőhelyen szignifikánsan nagyobb számú lepkefaj, más lelőhelyen pedig szignifikánsan több poszméh faj volt megfigyelhető a napelem parcellákon belül. Ez az eredmény tükrözi a napelemes parcellák bevetését vadvirágkeverékekkel, amelyek megfelelő takarmányt biztosítanak a gerinctelen állatok széles körének. Továbbá az előző lelőhelyen a telep relatív élettartama (4 év) valószínűleg befolyásolja ezt az eredményt. Az egyik lelőhelyen az összes napelem parcella közül a legnagyobb poszméh-diverzitást figyelték meg, bár ez nem volt szignifikánsan magasabb, mint a kontroll parcella. Ezen a területen is a botanikai diverzitás az oka a magas gerinctelen diverzitásnak.
- o A felmérésbe bevont szoláris farmok többségén a gerinctelenek fajgazdagsága általában nem különbözött szignifikánsan a napelem parcellák és a kontrollparcellák között telephelyenként (bár összességében a lepkék diverzitása magasabb volt a napelemes parcellákon). Ennek az az oka, hogy a botanikai diverzitás sok napelem parcellán még mindig meglehetősen alacsony, és mezőgazdasági vetőmagkeveréken alapul. Mivel azonban a botanika a kedvező kezelés hatására idővel javul, a gerinctelenek sokfélesége várhatóan javulni fog. Ezen kívül a napelemes farmok viszonylag új jellemzői a tájnak, így még ott is, ahol nagyobb a botanikai diverzitás, időbe telik, míg a fajok felfedezik és hasznosítják a lelőhelyeket.



- o A mezőgazdasági virágok, mint például a fehér lóhere vagy a növények, például az olajrepce, sok méhet vonzanak, de ez valószínűleg rövid életű (az év 3-4 hetében), és csak néhány faj számára előnyös. Ahhoz, hogy a gerinctelen fajok diverzitását minél nagyobb számban élhessük meg, olyan rétet kell bevetni, ahol számos fű és vadvirág található. A nagyobb növényi diverzitás további előnye, hogy korai és késői virágzást biztosít, ami viszont nektárforrást biztosít az év olyan időszakában, amikor a poszméhek táplálékforrásai hiányosak.



- o A felmérések eredményei azt mutatják, hogy a napelemes farmok szerepet játszhatnak az ökoszisztéma-szolgáltatásokban a beporzó fajok egyedsűrűségének és diverzitásának növelése révén. A beporzó gerinctelen állatok fontos tározójaként működhetnek, különösen az intenzíven művelt tájakon, ahol más megfelelő élőhelyek alig vannak. Az a tény, hogy a napelemes farmokat általában gyenge mezőgazdasági értékű földeken építik, azt jelentheti, hogy a beporzó gerinctelen erőforrások biztosításának (és ezáltal a szomszédos mezőgazdasági területek hasznának) gazdasági haszna meghaladhatja a területen belüli növények ültetésének előnyeit. További közvetett ökoszisztéma-szolgáltatások lehetnek a mezőgazdasági inputok csökkentése, ami tisztább talajvízhez vagy a szomszédos víztestekhez vezet.

- **A napelemparkok ösztönözhetik a madarak sokféleségét?**

- o Az eddig levont következtetések azt mutatják, hogy a napenergiával működő farmok a növények sokféleségét, valamint a lepkék és poszméhek számának növelését tudják támogatni, különösen a biológiai sokféleség optimalizálására összpontosító gazdálkodás mellett. A növények és gerinctelenek elérhetőségének növekedése több lehetőséget teremthet a madarak táplálékszerzésére a gerinctelen zsákmány és a magvak elérhetősége szempontjából.
- o Összességében a napelem parcellákon belül a madarak nagyobb diverzitása volt megfigyelhető a kontrollparcellákhoz képest (bár az egyes eredmények egyike sem volt szignifikáns telephelyenként). Ez tükrözheti a homogén szántóföldi környezetből a több takarmányozási lehetőséggel, valamint a takarásra vagy az



ültetésre alkalmas struktúrákra való átalakulást.

- o A madarak egyedsűrűsége nem különbözött szignifikánsan a szoláris és a kontrollparcellák között, azonban az eredmények azt jelzik, hogy a kontrollparcellákhoz képest nagyobb a napelemes farmokat használó madarak száma. Két helyen szignifikánsan több madár volt a szoláris parcellán, mint a kontrollparcellán. A megfigyelt madarak magasabb száma valószínűleg a rendelkezésre álló táplálékszerzési lehetőségek növekedését tükrözi. Érdekes módon az a két hely, ahol lényegesen több madarat figyeltek meg a szoláris parcellán belül, a vadvilágra összpontosító, közepes és magas szintű kezeléssel rendelkező helyszínek voltak, bár az egyik lelőhely mind a növények, mind a lepkék tekintetében alacsony helyezést ért el. Amint azt korábban említettük, ez a lelőhelyen bőségesen virágzott a lóhere a felmérés idején, és ez a méhek egyedszámának növekedéséhez vezetett, ami viszont vonzza a táplálékkereső madarakat.

- o Az intenzív mezőgazdasági tevékenységek csökkentése és a madarak számára állandó táplálékszerző élőhely biztosítása ösztönözheti a visszaszorulóban lévő mezőgazdasági madarakat, hogy a napelemes rendszerbe költözzenek. Számos ilyen faj visszaszorulóban van a mezőgazdasági gyakorlatban a közelmúltban bekövetkezett változások miatt, beleértve a növényvédő szerek használatát, a szántóföldek szegélyének csökkentését, a nagyobb állománysűrűséget stb.



- o A tanulmány azt mutatja, hogy összességében mind a természetvédelmi szempontból fontos madarak nagyobb sokfélesége, mind pedig a számuk nagyobb, mint a kontrollparcellákon. Ez hatással van a madárvédelemre, és azt jelzi, hogy a napelemparkok fontos erőforrást jelenthetnek a visszaszorulóban lévő fajok számára. A madarak viselkedésének elemzése azt mutatja, hogy négy terület fontos a mezőkön táplálkozó madarak számára, és érdekes módon ez ugyanaz a négy terület, amely a madarak számának jelentős növekedése szempontjából is fontos.
- o Azok a figyelemre méltó fajok, amelyek csak a napelemes parcellákon fordultak



elő, a kontrollparcellákon nem, a következők voltak: vándorsólyom, erdei fülesbagoly, galamb, fűzfavész és tőkés réce. A kontrollparcellákon csak a nádirigó volt megfigyelhető, a napelemes területeken nem. Érdekes, hogy a csak a napelemes területeken talált öt faj közül kettő ragadozó madár volt, és az egyik helyszínen gyakran megfigyeltek a területen belül vadászó gémekeket, valamint egy táplálékot kereső vörös kányát. Ezenkívül az egyik helyszínen bagolyürüléket is találtak a napelemtáblákon. Lehetséges, hogy a kifejezetten a vadon élő állatok számára fenntartott területeken a kevésbé intenzíven kezelt gyepek és csenevész mezőszegélyek miatt megnőtt a kisemlősök száma, amelyek e ragadozó madarak zsákmányául szolgálnak.

- o A tanulmány másik célja az volt, hogy megvizsgálja a napelemes területek földön fészkelő madarak általi használatát, mivel általában feltételezik, hogy ezek a fajok a környezet zűrzavaros jellege miatt elriadnak az ilyen területek használatától. A pacsirta volt az egyetlen földön fészkelő madár, amelyet rendszeresen észleltek, és az elemzés azt mutatja, hogy csak egy helyszínen volt a pacsirta territóriumainak száma a kontrollparcellán belül jelentősen magasabb, mint a napelemes parcellán. Összességében nem volt jelentős különbség a napelemes és a kontrollparcellák között. Ez azt mutatja, hogy a pacsirták a napelemparkokat a területükön belül használják. A napelemes parcellán belül azonban csak egy megerősített fészket azonosítottak. A fészkek a fészektáblán kívül, de a területet körülvevő biztonsági kerítésen belül, egy körülbelül 40x90 méteres füves területen helyezkedett el. Ez hatással van a szirti pacsirtákra gyakorolt hatások értékelésére és a fajra gyakorolt hatások enyhítésére más napelemparkok területén, mivel a napelemparkok elrendezésén belül gyakran előfordul, hogy különböző tényezők (földalatti szolgáltatások, közutakra vonatkozó jogok, vizuális hatások stb.) miatt nagy területek maradnak a tömb lábnyomán kívül. Ha ezeket a területeket kifejezetten a talajon fészkelő madarak számára lehet kezelni, akkor hozzájárulhatnak az e fajokkal kapcsolatos kárenyhítéshez. Meg kell azonban jegyezni, hogy ezen a helyszínen olyan területen található, ahol nagyon kevés sövény és fa van, így ahol ezek a jellemzők jelen vannak, ott nagyobb nyílt területre lehet szükség a talajon fészkelő madarak ösztönzéséhez.



- Bár a tanulmány azt mutatja, hogy a szajkók nem fészkelnek a tömbök nyomvonalán belül, azt mutatja, hogy ez a faj a napelemparkokban táplálkozik. Két helyszínen a napeleemes parcellákon belül szignifikánsan nagyobb számú táplálkozó pacsirtát figyeltek meg, mint a kontrollparcellákon.



- Összefoglalva, bár a szirti pacsirták nem használták fészkelésre a napfényes területeket, de beépítik azokat a területükbe, és néhány terület értékes táplálkozási forrást jelenthet e faj számára.
- **A napelemparkok ösztönözhetik a denevérek nagyobb változatosságát?**
- A vizsgálat eredményei általánosságban arra utalnak, hogy a napeleemes területen kevesebb denevért regisztráltak, mint a kontrollparcellán, bár a denevérek gyakoriságában mutatkozó különbségek csak néhány helyszínen voltak szignifikánsak, és a napeleemes és a kontrollparcellák összevetése nem különbözött jelentősen. Az is egyértelműnek tűnik, hogy a denevérek nem kerülnek el teljesen a napeleemes tömböket, mivel minden helyszínen rendszeres denevértévékenységet észleltek.
- A denevéraktivitás mind a napeleemes, mind a kontrollparcellákon általában nagyon alacsony volt más ilyen típusú statikus felmérésekhez képest, bár ez valószínűleg a mikrofonok mezők közepén történő elhelyezését tükrözi, mivel a legtöbb denevérfaj a sövényes élőhelyeket vagy más lineáris jellemzőket használ a navigációhoz.
- Érdekes módon, bár a denevéraktivitás alacsony volt, a fajok száma viszonylag magas volt, bár nem volt jelentős különbség a napeleemes és a kontrollparcellák között. Több helyszínen is nyolc fajra vonatkozó csúcyszámot regisztráltak, és ez magában foglalja a Myotis nemzetség összevonását is, amelyet pusztán a hívás alapján nem lehet fajokra elkülöníteni. Meg kell azonban jegyezni, hogy a denevérfajok elterjedése korlátozott az Egyesült Királyságon belül, és több helyszín olyan területeken helyezkedett el, ahol több denevérfaj is jelen van, ezért a helyszínek között nem lehet közvetlen összehasonlítást végezni.
- Nem világos, hogy a napeleemes parcellákon a kontrollparcellákhoz képest észlelt általános alacsonyabb aktivitási szint valós összefüggés-e, vagy ez a felmérési



módszertan műtárgya.

- o A felmérések során használt detektorok nagy érzékenységű mikrofonokkal voltak felszerelve, amelyek képesek a hívásokat, különösen a hangos hívásokat jelentős távolságból is érzékelni. A mikrofonokat ezért lehetőség szerint a mezőhatároktól legalább 50 méterre helyezték el.
- o Bár a mikrofonokat a mezőhatároktól legalább 50 méterre helyezték el mind a tömbökön, mind a kontrollparcellákon, nem világos, hogy a detektorok által rögzített denevéreket a mezőkön belül vagy a mezőhatároknál rögzítették-e. Továbbá, a napelemek jelenléte miatt valószínű, hogy a hívások gyorsabban elhalkulnak ebben a zűrzavaros környezetben, mint a kontrollterületeken, amelyek egyenletesebb és alacsonyabban fekvő struktúrával rendelkeztek. A növényzet magassága minden kontrollhelyen alacsonyabb volt, mint a panelek magassága.
- o Utólag visszatekintve tehát a tömbben és a kontrollterületeken táplálkozó denevérek sokféleségének és gyakoriságának felmérésére alkalmazott módszertan bizonyos korlátokat tartalmazott.
- o Mindazonáltal továbbra is lehetséges, hogy a denevérek aktivitása csökken a napelemtelepek területén. Ez magyarázható az alábbiak kölcsönhatásával a denevérek és a napelemek kölcsönhatása. Kutatások szerint a denevéreket megzavarhatják a mesterségesen sima felületek. Megfigyelték, hogy a denevérek laboratóriumi körülmények között sima panelekből próbálnak inni, és azt feltételezték, hogy nehezen érzékelik az üveges felületeket, mivel azok nem tükrözik vissza az echolokációs hívásokat ugyanúgy, mint a természetes (és érdes) felületek. Ehelyett a denevérek a sima felületeket lyukaknak érzékelik, és akár össze is ütközhetnek ezekkel a felületekkel. Míg természetes környezetben a zűrzavar valószínűleg nem jelentene jelentős kockázatot, mivel a denevérek megtanulnak tájékozódni ezeken a tárgyakon, a sima felületek jelenléte zavaró lehet a denevérek számára, akik ezért elkerülik ezeket a területeket a számukra ismerős, tipikus természetes környezetek javára.





- o Azt is meg kell jegyezni, hogy ha a gerinctelenekkel kapcsolatos vizsgálatok bizonyítékai az éjszakai gerinctelenekre (szúnyogok, lepkék stb.) is érvényesek, akkor ez azt sugallja, hogy a napelemes rendszerek jobb táplálékforrást biztosítanak a denevérek számára, mint a kontrollterületek. Így a napelemtáblák és -panelek, bár vannak hátrányaik, ismeretlen, nehezen észlelhető struktúrákat jelentenek, végső soron a denevérek is elfogadhatják őket, mivel kiváló táplálékszerzési lehetőséget biztosítanak. Mivel a denevérek különösen hosszú életű állatok, több évbe is beletelhet, mire a hozzászokás hatásai nyilvánvalóvá válnak. Lehetséges, hogy a széles, változatosan bevetett mezőszegélyek biztosítása a denevérfajoknak nagyobb hasznára válna, mint a gyepterületek javítása magában a tömbben.
- o A vizsgálat eredményei arra utalnak, hogy a denevérek különböző fajai valóban használják a napelemtáblákat, de valószínűleg alacsonyabb szinten, mint a kontrollparcellákon. Ha ez a minta igaz, akkor a napelemtáblák elterjedése kis mértékben, de mégis káros hatással lehet a táplálékszerző és ingázó denevérekre. Nyilvánvaló, hogy a további vizsgálatok a denevérek és a napelemtáblák közötti kapcsolatot.
- **Egyéb megfigyelések**
- o A kiválasztott biológiai mutatókra vonatkozó felmérések során a megfigyelt egyéb fajokra vonatkozó anekdotikus megfigyelések is rögzítésre kerültek.
- o Figyelemre méltó megfigyelés volt, hogy a napelemparkokon belül a környező területekhez képest nagyszámú nyulat észleltek. A felmérések során ezeket az állatokat gyakran a panelsorok alól húzták ki, ahol kaparékot képeztek. Úgy tűnik, hogy a napelemtáblák előnyös élőhelyet biztosítanak a nyulak számára, amelyek a nyári hónapokban általában a nagy szántóföldek vagy hosszú füves területek közepén alakítanak ki kaparásokat. Lehetséges, hogy a panelek védelmet nyújtanak a nap/eső, valamint a légi ragadozók ellen. Az állatoknak valószínűleg jó vízszintes látóterük is van a panelek alatt, hogy képesek legyenek észrevenni a földi ragadozókat. Ezért ez a mesterséges élőhely növelheti a nyulak túlélését vagy termelékenységét.

4.4. Konklúzió

A következtetések összefoglalása

- A tanulmány átfogó megállapítása az, hogy ahol a napelemes farmok a vadon élő állatokra összpontosító gazdálkodást hajtanak végre, a biológiai sokféleség növekedése számos különböző fajcsoportban kimutatható.



- A tanulmányban a vadon élő állatokra összpontosító kezelés magában foglalta egy változatos magkeveréket tartalmazó terület bevetését, a gyomirtó szerek korlátozott használatát, a természetvédelmi legeltetést vagy kaszálást, valamint a vadon élő állatok marginális élőhelyeinek kezelését. Azokon a területeken, ahol ezeket az elemeket alkalmazták, nagyobb mértékben nőtt a biológiai sokféleség.
- Megállapították, hogy a botanikai diverzitás nagyobb a napelem farmokon, mint az egyenértékű mezőgazdasági területeken. Ez részben tükrözi az új gyepek vetését, beleértve a fajgazdag réti keverékeket, de tükrözi a napelemes farmokra jellemző kevésbé intenzív gazdálkodást is.
- Ahol nagyobb a botanikai diverzitás, ott ez a lepkék és poszméhek nagyobb egyedsűrűségéhez, és sok esetben a fajdiverzitás növekedéséhez is vezet.
- A botanikai diverzitás növekedése, és ennek következtében a gerinctelenek elérhetősége a madárfajok diverzitásának növekedését és bizonyos esetekben egyedsűrűségének növekedését is eredményezi. A tanulmány feltárta, hogy a napelemfarmos területek különösen fontosak, a természetvédelmi szempontból fontos madarak számára.
- Bár némileg nagyobb botanikai diverzitás várható, különösen ott, ahol változatos magkeverékeket vetettek el, ennek a megállapításnak a jelentőségét nem szabad alábecsülni. A botanikai diverzitás biztosítja azokat az alapvető építőelemeket, amelyekből nagyobb biológiai sokféleség érhető el (amint azt a többi fajcsoport esetében megfigyelt növekedés is mutatja).
- A vadon élő virágos rétek 97%-kal csökkentek az 1950-es évek óta. A vadvirágos rétek létesítése az intenzíven művelt táján jelentősen hozzájárulna a biológiai sokféleséggel kapcsolatos célkitűzésekhez. Ez a tanulmány azt mutatja, hogy a változatos rét pozitív hatással van szélesebb fajokra is, beleértve a természetvédelmi szempontból fontos madarakat is.
- Ezenkívül a napelemes farmok változatos réti élőhely biztosításával olyan élőhelytípusok mozaikját alkotják, amely a fajok széles körének fontos táplálkozási élőhelye, különösen a művelt tájon. Ez valószínűleg előnyös lesz az élőhelyek széles körében előforduló fajoknak, például a poszméheknek, valamint a változatos tájakat igénylő fajoknak, például a mezei nyulaknak. A mozaikos élőhelyek bizonyos madárfajok számára is előnyösek, mivel az alacsony gyepmagasság egyes fajok számára előnyös, míg a hosszabb gyep más fajok számára előnyös.
- A napelemes farmok valószínűleg további előnyökkel járnak az emberiség számára (az ilyen előnyöket ökoszisztéma-szolgáltatásoknak nevezik), beleértve a szén-



tárolást, a vízciklust, az erózió elleni védekezést és a kártevőirtó fajok, például a magányos darazsak és a mezőgazdasági madarak biztosítását.

- A méhek és lepkék nagy elterjedésének ösztönzésével a napeleemes farmok beporzó rovarok nettó termelőivé válhatnak. Ezek a rovarok létfontosságú feladatot látnak el a termények beporzásában (beleértve a gabonaféléket, zöldségeket, bogyós gyümölcsöket és gyümölcsösöket) mely rovarok egyedszáma folyamatosan csökken. A napeleemes farmokból nagy valószínűséggel hasznot húznak a környező mezőgazdasági területeknek azáltal, hogy növelik a beporzók helyi mennyiségét.



5. Fejezet: Projekt villamos energia termelése és CO₂ kibocsátás csökkentése

Sok vállalat ambiciózus célokat tűzött ki a szén-dioxid-semlegessé válás vagy a CO₂-kibocsátás csökkentése érdekében. A fotovoltaika egyszerű és látható módja a kibocsátás csökkentésének. Mennyivel csökkentheti valójában egy naperőmű a kibocsátást?

Az Európában fogyasztott villamos energiát például víz-, atom- és szélenergiával, valamint szén, tőzeg, földgáz és biomassza elégetésével állítják elő. A villamosenergia-termelés során szén-dioxid-kibocsátás keletkezik. Az Európai Unióban a közcélú villamosenergia- és hőtermelés 2018-ban 934 millió tonna CO₂-kibocsátást okozott. Ez 1990-hez képest 35%-os csökkenést jelentett.

A napenergia-termelés azonban teljesen kibocsátásmentes. A napelemek áramot termelnek, és ez nem termel üvegházhatású gázkibocsátást. Az ingatlan saját naperőműve által termelt villamos energia helyettesíti az elektromos hálózatba más fosszilis forrásból betáplált villamos energiát, és így csökkenti a kibocsátást.

5.1. Hogyan számítják ki a kibocsátáscsökkentést?

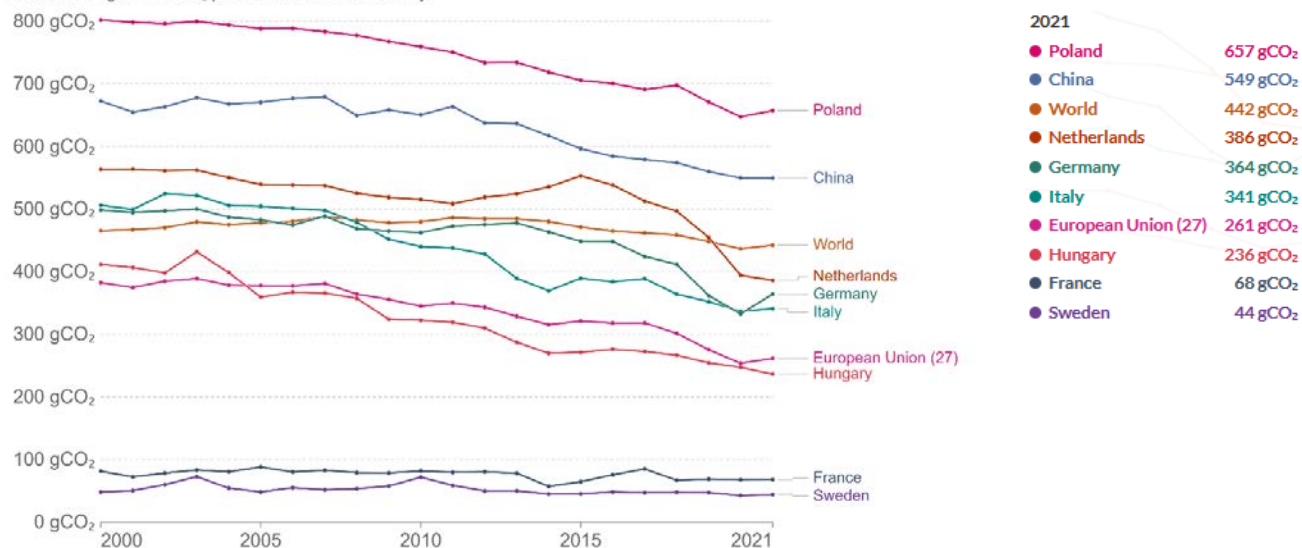
Ha a fotovoltaika nulla kibocsátású, mennyivel csökkenti a kibocsátást?

Minden európai országnak megvan a saját CO₂ (üvegházhatású gáz) kibocsátási intenzitása az elektromos áramtermelésben. Az Európai Unió 2021-es indikatív szintje 261 gramm CO₂/kWh. Az egyes országok között jelentős különbségek vannak a kibocsátási intenzitás tekintetében.

Carbon intensity of electricity, 2000 to 2021

Carbon intensity measures the amount of greenhouse gases emitted per unit of electricity produced. Here it is measured in grams of CO₂ per kilowatt-hour of electricity.

Our World
in Data



Source: Ember Climate (from various sources including the European Environment Agency and EIA)

OurWorldInData.org/energy • CC BY



Naperőművel villamos hálózatra termelt áram minden egyes kWh-ja 236 gCO₂ /kWh, azaz 0,236 kg-mal csökkenti a széndioxid kibocsátást azáltal, hogy azt nem fosszilis erőművek táplálják be az elosztói hálózatba.

A Projekt tervezett éves villamos áram termelés várhatóan ~76 GWh/év, azaz 76 000 000 kWh/év. Ez a karbonmentes villamos energiatermelés 76 000 000 kWh * 0,236 kg = 17 936 000 kg ≈ 18000 tonna széndioxid kibocsátás csökkenését teszi lehetővé, amennyiben Magyarország energia mixét vesszük alapul. A fenti grafikonból látszik, hogy ha a világ átlagos széndioxid kibocsátási értékét vesszük alapul akkor ez a kibocsátáscsökkentés jelentősen nagyobb, közel duplája.

5.2. Magyarországi statisztika

Ha összemérjük a várható éves termelés Magyarország teljes bruttó fogyasztásával akkor a következőt állapíthatjuk meg:

- Magyarország éves bruttó villamosenergia fogyasztása: (KSH: 2021): **55 772 GWh**
- Projekt éves villamos energia termelése: **76 GWh**

A Projekt bár nagy méretűnek tűnik valójában a magyarországi bruttó villamosenergia felhasználás hozzávetőlegesen **0.136%**-át képes fedezni.

5.3. Kibocsátáscsökkentés Üllő város viszonylatában

- Magyarország teljes lakossága (KSH: 2021): **9 730 772 fő**
- Egy főre vetített bruttó villamos energia fogyasztás: ≈ **5 731 kWh/fő/év**
- Üllő város teljes lakossága (KSH: 2021): **12 661 fő**
- Üllő lakosságára vetített bruttó energia fogyasztás: **72.56 GW**

(Természetesen ez a fogyasztás a teljes ország arányos bruttó fogyasztására értendő, amelyben benne van valamennyi lakossági és ipari fogyasztó, valamint a hálózati veszteségek. Üllő város teljes villamos energia fogyasztása ettől eltérő, ez a szám kizárólag statisztikai jelentőségű.)

Általánosságban és elméletben kijelenthető, hogy a Projekt annyi villamos energiát képes betáplálni a hálózatba, amely képes lenne kiváltani Magyarország Üllő város lakosságára vetített bruttó energiafelhasználását, ezzel hozzávetőlegesen 18 000 tonna széndioxid kibocsátás csökkentés eredményezve évente.



6. Erdő széndioxid kibocsátás csökkentése

Háttér

Az erdészeti tájak helyreállítását a kormányok és a szakemberek világszerte alkalmazzák az éghajlatváltozás mérséklése és az ahhoz való alkalmazkodás, valamint a leromlott tájak ökológiai funkcióinak helyreállítása érdekében. Kevésbé ismert azonban, hogy ezek a tevékenységek milyen mértékben kötik meg a CO₂-t, és ezzel együtt milyen éghajlatcsökkentő hatásuk van, különösen azokon a földrajzi területeken, ahol a helyreállított



erdők biomassa-növekedésére vonatkozó adatok korlátozottak vagy nem léteznek. A biomassa növekedést a következőkre elemezzük: Természetes felújítás, ültetett erdők és fásítások, agrárerdészet és mangrove helyreállítás.

Eredmények

A beültetett erdők és fásítások esetében a legmagasabb CO₂-elvonási arány, amely a növekedés első 20 évében 4,5 és 40,7 t CO₂/ha között mozog. A mangrofefák helyreállítása a második leghatékonyabb a CO₂ eltávolításában, a növekedési ráta eléri a 23,1 t CO₂ ha/év a helyreállítást követő első 20 évben. A természetes felújítás CO₂ megkötési aránya 9,1-18,8 t CO₂ ha/év az erdőfelújítás első 20 évében, ezt követi az agrárerdészet, a legalacsonyabb arányt mutató kategória (10,8-15,6 t CO₂ ha/év). A biomassa növekedésére vonatkozó adatok a telepített erdők és a természetes felújítás esetében a legmagasabbak és a világon a legszélesebb körben elterjedtek, az összes vizsgált adatpont 45%-át, illetve 32%-át képviselve.

Következtetés

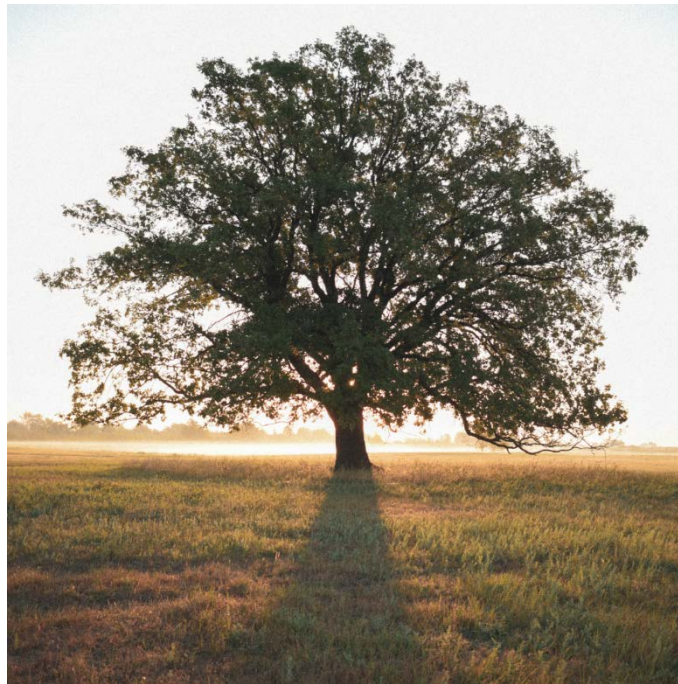
Ez a fejezet a fák növekedésével és a CO₂-eltávolítással kapcsolatban eddig megjelent szakirodalom átfogó áttekintését jelenti, amelyet úgy racionalizáltunk, hogy az egyes tevékenységekre vonatkozó CO₂ eltávolítási rátákat alkalmaztuk világszerte. Ezeket az arányokat könnyen alkalmazhatják a szakemberek és a döntéshozók, akik jobban meg akarják érteni a meglévő vagy tervezett tevékenységek pozitív éghajlatcsökkentő hatásait, illetve azok az országok, amelyek a helyreállítási kötelezettségvállalásokat tesznek, vagy teljesítik az UNFCCC-hez való nemzeti szinten



meghatározott hozzájárulásait, ezáltal segítve az erőforrások fellendítését világszerte.

Háttér

Az erdőirtásból és erdőpusztulásból származó globális kibocsátás történelmileg magas volt. A becslés szerint 2000 és 2012 között világszerte 2,3 millió km²-re becsülték a bruttó erdővesztést, míg a 2010 és 2015 közötti nettó erdőirtás a jelentések szerint 1,3 millió km²-re tehető. A legtöbb erdőirtás és erdőpusztulás a trópusokra koncentrálódik, amely régió 2000 és 2012 között 3,7 Gt CO₂/év erdőirtásból származó kibocsátásért felelős, 2005 és 2010 között pedig átlagosan 6,2 Gt CO₂/év. Az erdőtüzek, a fakitermelés és a tűzifa miatt bekövetkező erdőpusztulásból származó kibocsátás ugyanebben az időszakban további 2,1



Gt CO₂/évet eredményezett. Az erdők pusztulása és degradációja nemcsak a biomasszában tárolt szén-dioxid kibocsátásával jár, hanem a légköri CO₂-nyelő folyamatos elvesztésével is, ami veszélyezteti az üvegházhatású gázok légkörbe történő növekvő kibocsátásának csökkentésére és az éghajlatváltozás mérséklésére irányuló képességünket.

E kibocsátások globális éghajlatra gyakorolt negatív hatásait súlyosbítja az erdei élőhelyek csökkenésével járó ökoszisztéma-szolgáltatások elvesztése. E veszteségek már érezhető hatásai, párosulva az erdők és az ökoszisztéma-szolgáltatások folyamatos csökkenésével, globális érdeklődést váltottak ki a megmaradt erdők megőrzése és a korábban károsodott és elvesztett erdők helyreállítása iránt. A nemzetközi közösség ezáltal igyekszik mind a veszteségek mérséklésére, mind az erdők fenntartható használatának előmozdítására a növekvő világnépességgel és a földterület és az erőforrások iránti növekvő kereslettel szemben.

Ennek megfelelően egyre több nemzetközi helyreállítási program indult, amelyekben az országok kormányai, a magánszektor és a civil társadalom szervezetei vesznek részt, hogy helyreállítsák a fásítást a tájakon. A bonni kihívás keretében több mint 47 ország vállalta, hogy 2020-ig 150 millió hektárt, 2030-ig pedig 350 millió hektárt állít helyre. A bonni kihívást 2014-ben az erdőkről szóló New York-i nyilatkozat is jóváhagyta és kibővítette, vállalva, hogy a természetes erdőpusztulásból származó éves CO₂-



kibocsátást 16,5-32,3 Gt-ra csökkentik. Míg számos ország a helyreállítási tevékenységeket az UNFCCC 2014. évi párizsi megállapodásához való nemzeti szinten meghatározott hozzájárulásának (NDC) részeként, valamint az erdőirtásból és erdőpusztulásból eredő kibocsátások csökkentésére irányuló stratégiáiban (REDD+) szerepeltette, nagyon kevés ország tartalmaz CO₂-mentesítési célt az erdőfelújítás révén, és még kevesebb országnak vannak ezek a mennyiségi erdőfelújítási célok összehangolva a bonni kihívás keretében tett kötelezettségvállalásaival. Bár az erdők helyreállítása közismerten hatékony megoldás az éghajlatváltozás mérséklésére, az e tevékenységekkel elérhető CO₂-eltávolítás sok országban, ahol ezek az adatok korlátozottak vagy nem léteznek, kevéssé ismert, és nincs átfogó referencia az e tevékenységekre alkalmazandó eltávolítási értékekről.

Az erdők helyreállítása révén történő szénmegkötésből származó, a légköri CO₂-eltávolításból származó előnyök mennyiségének megértéséhez ki kell számítani a biomassa növekedési ütemét (azaz a fák biomasszájának időbeli növekedését) egy helyreállítási tevékenység keretében. Ez az arány az éghajlati viszonyoktól, a táj jellemzőitől, a fafajoktól, a gazdálkodási gyakorlatoktól és az erdőfelújítási megközelítésektől függően változik. Az IPCC iránymutatásai a föld feletti nettó biomassa-növekedésre vonatkozó általános, kontinentális értékeket, úgynevezett 1. szintű alapértékeket kínálnak a természetes erdőkre, valamint a trópusi és szubtrópusi erdőtelepítésekre, a geofizikai kategóriák és a gyakori ültetett fafajok tekintetében. Azonban a hatalmas régiók, amelyekre ezek az alapértelmezett értékek vonatkoznak, a valóságtól való nagymértékű eltérést eredményezhetnek, és így a kapott számok hitelessége alacsony, és az IPCC nem ad szabványos statisztikai információkat a pontosságuk értékeléséhez. Továbbá számos erdőfelújítási tevékenységre egyáltalán nem terjednek ki ezek az általános alapértelmezések. Megállapították, hogy ha az IPCC alapértelmezett értékeit használják a nem érintetlen trópusi erdőkre, akkor a biomassa növekedésének túlbecslése akár 35%-a is lehet annak, amit a pántrópusi biomassa-térképek előre jeleznek.

A REDD+, és vitathatatlanul bármely helyreállítási program esetében szükség van a konkrét helyreállítási típusokra és helyszínekre vonatkozó növekedési rátákra, amelyeknek pontosabbnak kell lenniük, mint a rendelkezésre álló 1. szintű alapértelmezett értékek. A megfelelő növekedési ráták eléréséhez azonban olyan adatokra van szükség, amelyek olyan tanulmányokból származnak, amelyek a biomassa növekedését értékelik az adott földrajzi területen és olyan körülmények között, amelyek megfelelően megfelelnek a vállalt erdőfelújítási tevékenységnek. Az ilyen típusú, régiókra és helyreállítási tevékenységekre vonatkozó adatok gyakran nem állnak rendelkezésre, mivel a biomassa növekedésének éveken vagy évtizedeken át tartó következetes nyomon követését igényli, ami az ilyen típusú kutatást erőforrás-igényessé teszi.



A jelenleg rendelkezésre álló adatkészletek nem elégítik ki azt az igényt, hogy világszerte felmérjük a különböző típusú helyreállítási tevékenységek potenciális CO₂-elvonását. Bár léteznek olyan eszközök, amelyek modellek segítségével számszerűsítik az egyes faültetési tevékenységek potenciális hatását (pl. a US Forest Service Carbon Online Estimator, az Forest Vegetation Simulator, a COMET-VR és a Global Forest Biodiversity Initiative Forest Inventory), ezek korlátozott földrajzi területekre vagy faültetési tevékenységekre vonatkoznak. A fák növekedésére vonatkozó közzétett adatok nagyszabású értékelései az egyes változóknak az erdősítési tevékenységek sikerére gyakorolt hatásának értékelésére összpontosítanak, ami fontos az ökológiai helyreállítás jobb technikáinak és megközelítéseinek megismerése szempontjából. Ezek a tanulmányok azonban nem kínálnak olyan standard arányokat, amelyeket a szakemberek felhasználhatnának az erdészeti táj helyreállításának (a továbbiakban: **ETH**) éghajlati hatásának becslésére a különböző földrajzi szélességeken.

Ennek a hiányosságnak a pótlására irodalmi áttekintést végeztek az ETH tevékenységekből származó biomassa felhalmozódási rátákról világszerte, publikált és tudományosan hitelesített adatok felhasználásával, és négy ETH kategóriára vonatkozóan CO₂ eltávolítási rátákat (azaz eltávolítási tényezőket) dolgoztak ki, amelyekből egy globális CO₂ eltávolítási adatbázis (nyilvánosan letölthető) készült, amely jelzi, hogy milyen eltávolítási ráták vonatkoznak a világ egyes szubnacionális egységeire. Adatbázis olyan gyakorlati szakemberek és tisztviselők számára nyújt segítséget, akik a múltbeli vagy jövőbeli ETH-tevékenységek hatását kívánják értékelni nemzeti vagy szubnacionális szinten, különösen ott, ahol nem állnak rendelkezésre ETH-kategóriára vagy földrajzi elhelyezkedésre vonatkozó eltávolítási ráták. Ez a dokumentum kibővíti a globális CO₂-eltávolítási adatbázisban szereplő információkat, részletesen bemutatja a CO₂-eltávolítási arányok alakulását négy különböző ETH-tevékenységre vonatkozóan a világ különböző régióiban és éghajlati viszonyai között, valamint a megfelelő bizonytalanságot (amely nem szerepel az adatbázisban), összefoglalja az elemzés főbb megállapításait, azok következményeit, és rámutat a fennmaradó hiányosságokra. Az ebben a tanulmányban kidolgozott, a biomassa felhalmozódásából származó eltávolítási arányok megkönnyítik a döntéshozatalt azáltal, hogy jobban megértik a ETH potenciális klímavédelmi előnyeit, és hiteles éves CO₂-eltávolítási becslésekkel szolgálnak a gyakorlati szakemberek és a politikai döntéshozók számára a különböző erdőfelújítási lehetőségek CO₂-eltávolítási potenciáljának értékeléséhez.

Módszerek

A ETH tevékenységek széles körét foglalja magában, amelyeket a helyreállítási lehetőségek értékelési módszertanában kategorizáltak. Ezek a tevékenységek történhetnek

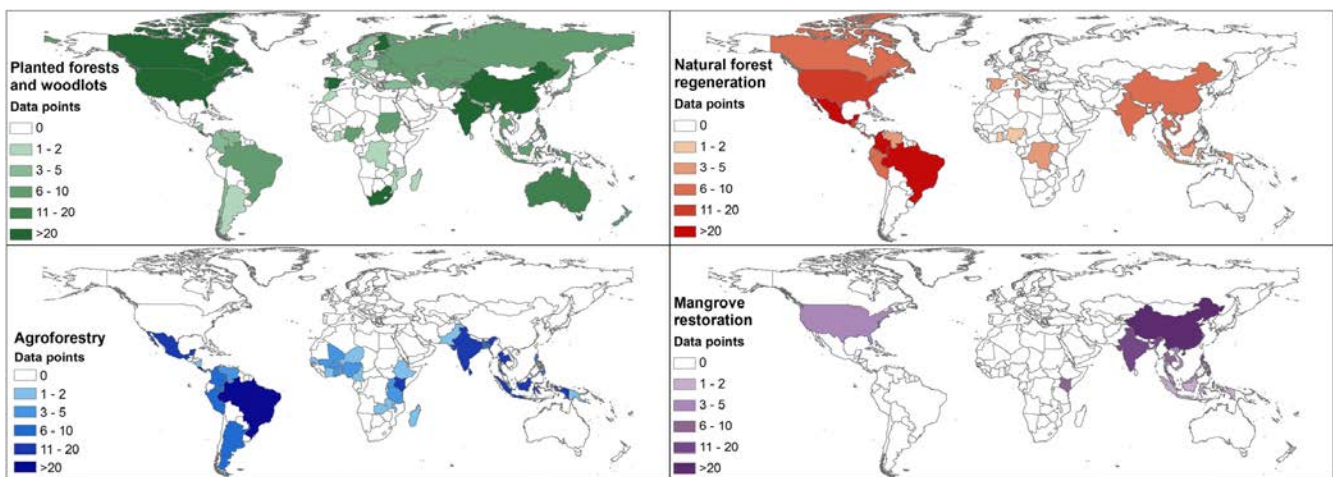


- i. erdőterületen, ha az erdő a fő földhasználat (pl. ültetett erdők és fásítások vagy természetes felújítás erdőirtott területen, vagy erdőgazdálkodás degradált erdőterületen);
- ii. mezőgazdasági területen, ha a földet élelmiszertermelés céljából kezelik
- iii. védőföldeken vagy pufferterületeken, ha a földterületet vagy a környezeti és éghajlati változások fenyegetik, vagy kulcsfontosságú a közösségek védelme szempontjából az említett változásokkal szemben (pl. mangrove helyreállítása a partvidéken, vagy vízgyűjtő-védelem és erózióvédelem).

Az ETH-tevékenységek közül az ültetett erdők és fásítások, a természetes felújítás, az agrárerdőszet és a mangrove helyreállítás biomasszanövekedését és CO₂-megkötését vizsgálták. Az erdőgazdálkodást, a javított parlagon hagyást és a vízgyűjtő védelmét nem vették figyelembe, mivel ezek a tevékenységek széles skáláját foglalják magukban, és nem áll fenn konkrét összefüggés az egyes tevékenységek és az általuk a tájban elérhető mennyiségi biomassza-növekedés között. Az alábbiakban ismertetjük az e globális adatbázis összeállításához az egyes ETH-tevékenységek esetében tett konkrét feltételezéseket, valamint az eltávolítási tényezők kidolgozásához követett módszertant.

Az ETH-adatok felülvizsgálata

Több mint 335 tudományos lektorált kéziratot és publikált jelentést tekintettek át, amelyek 1197 független adatpontot adtak az állomány korához kapcsolódó föld feletti biomassza szénkészletről, amelyek a négy kiválasztott ETH-tevékenységet tükrözik: ültetett erdők és fásítások, természetes felújítás, agrárerdőszet és mangrove helyreállítás. Az összegyűjtött adatok tehát az e négy ETH-tevékenység során alkalmazott közös gyakorlatokat tükrözik.



Az egyes ETH-tevékenységekről (ültetett erdők és fásítások, természetes erdőfelújítás, agrárerdőszet és mangrove helyreállítás) gyűjtött adatok regionális eloszlása a szakértői véleményezett kéziratokból és közzétett jelentésekből. Az adatpontok ismert korú állományokat és föld feletti biomassza-készletet (tonna/ha) jelentenek.



Ahol a bejelentett föld feletti biomassa-készleteket nem hektáronkénti tonna szénben fejezték ki, azokat a következőképpen számították át:

- (i) ha a bejelentett egységek a biomassa tömegét jelentették területenként, akkor a szárazanyag 0,47-es szénhányadának (az IPCC-iránymutatások szerint) alkalmazásával alakították át tömeges szénre területenként;
- (ii) vagy ha a bejelentett egységek az átlagos éves térfogatnövekedést jelentették, akkor a bejelentett állomány korával és a telepített fajok faanyagának sűrűségével

Az adatpontok földrajzi elhelyezkedését (koordináták vagy az adatpontok országon belüli elhelyezkedése) a globális Köppen-Geiger éghajlati osztályozás alapján térképezték fel a ETH-terület éghajlati jellemzőinek meghatározásához. Ez az osztályozás általánosságban boreális, mérsékelt égövi, trópusi és szubtrópusi éghajlatot határoz meg a földrajzi szélesség és magasság szerint, valamint száraz és nedves erdőfípusokat az éves csapadékmennyiség szerint.

Telepített erdők és fásítások

A telepített erdők és fásítások ETH-kategória az ültetvényes monokultúrákra terjedt ki, jellemzően korábban tisztított földterületeken. Azokban az esetekben, amikor az összehasonlító tanulmányok kontroll (változatlan) és kísérleti körülmények közötti biomasszáról számoltak be, csak a kontroll parcellák adatait használták fel. Az adatok változékonyságának csökkentése érdekében az ültetvények adatait ültetett fajok szerint csoportosították. A fajkategóriák a következők voltak: teakfa (*Tectona grandis*), eukaliptusz (*Eucalyptus* sp.), fenyő (*Pinus* sp.), tölgy (*Quercus* sp.), általános lombhullató fajok a teak és az eukaliptusz kivételével (pl. *Populus* sp., *Gmelina* sp. vagy *Leucaena* sp., többek között), és általános tűlevelűek a fenyő kivételével (pl. *Cupressus* sp., *Abies* sp. stb.). Az e fajcsoportokon belüli adatokat éghajlat és erdőfípus szerint tovább bontották. Ebben a tanulmányban nem vették figyelembe a telepített erdők és fásítások eltávolítási tényezőit a 20 évnél idősebb állományok esetében, abból a feltételezésből kiindulva, hogy a telepített erdők és fásítások többségét még ebben a korban kivágják. A trópusi éghajlatról származó adatok ebben az ETH-kategóriában mind a trópusi, mind a szubtrópusi régiókból származó adatokat képviselik.

Természetes felújulás

A természetes felújítás ETH-kategória a szukcessziós erdőket, a másodlagos erdőket és a dúsító telepítésnek nem minősülő erdőfelújítási tevékenységeket foglalja magában. Az erdőfelújítási tevékenységek, amelyek erdőgazdálkodási vagy erdőgazdálkodási gyakorlatokat foglalnak magukban, ezért nem tartoznak ide. A természetes úton regenerálódott erdőkben jellemzően a fajok változatos keveréke dominál, ezért a csoportosítás nem a fajok típusa, hanem a régiók (Ázsia és Óceánia, Európa, Afrika,



Észak-Amerika, Közép-Amerika és Dél-Amerika) szerint történt. Minden kategóriát tovább osztottak száraz és nedves erdőtypusokra.

Agroerdészet

Az agrárerdészeti ETH magában foglal minden olyan tevékenységet, amely a fákat mezőgazdasági tájjal (azaz növénytermesztéssel vagy állattartással) kombinálja. Ezek közé tartoznak a multistraták, a fák közötti vetés, a silvopasztorális és a védekező rendszerek, amelyek a CO₂-megkötési potenciál széles skáláját tükrözik. Az agrárerdészet CO₂-megkötésére vonatkozó rendelkezésre álló adatok lehetővé tették a regionális kategorizálást (Latin-Amerika és Karib-térség, Afrika és Ázsia), de nem az agrárerdészet típusa szerint. Az agrár-erdészeti állomány koronkénti biomassza-készletére vonatkozó, nyilvánosan elérhető adatok elégtelenek voltak miatt az említett európai és észak-amerikai agrár-erdészeti típusok esetében nem lehetett e tanulmány keretében megbízható agrár-erdészeti növekedési görbéket kidolgozni ezekre a régiókra.

Mangrove helyreállítás

Ebbe a ETH-kategóriába csak a trópusi és szubtrópusi mangroveültetvények tartoztak, ahol a helyreállítás mangrove aktív telepítésével történt, nem pedig a hidrológiai viszonyok helyreállításával és a mangrove természetes megtelepedésének lehetővé tételével. Az adatok változékonyságának csökkentése érdekében a mangrovefákat az állományleírás, az éghajlati régió (trópusi és szubtrópusi) és a faj alapján fa és cserje kategóriába sorolták.

Az eltávolítási tényezők kidolgozása

A Chapman-Richards-egyenlet alapján a kiválasztott ETH-tevékenységek minden egyes alkategóriájára specifikus biomassza-növekedési görbéket dolgoztak ki. Ezek a növekedési görbék a nettó kumulatív föld feletti szénkészletet (tonna C/ha) az állomány korával szemben egy szigmoid függvényként ábrázolják, amely felhasználható a múltbeli és jövőbeli biomassza-növekedés becslésére. Az IPCC iránymutatásait követve becsülték meg az egyes ETH-alkategóriák 20 év előtti és utáni növekedési rátáit (tonna C/ha/év), valamint a pontosságát. A 20 év előtti arányokat (0-20 éves növekedés) úgy számolták ki, hogy a 20. év kumulatív föld feletti biomassza állományát elosztották 20 évvel; a 20 év utáni arányokat (20-60 éves növekedés) úgy számolták ki, hogy a 60 éves korban a föld feletti biomassza állományából levonjuk a 20 éves korban mért kumulatív biomassza állományt, majd az eredményt elosztjuk 40 évvel. Az állomány kumulatív biomasszanövekedésének az életkorral való elosztása biztosítja a kiválasztott időszak alatt állandó növekedési ütemre vonatkozó egyszerűsítő feltételezést.



A 20 év előtti és utáni földalatti biomassa növekedését az egyes ETH alkategóriáknak megfelelően számolták ki, ahol a földalatti biomassa növekedését a számított föld feletti biomassa függvényében becsülték. A föld feletti és a föld alatti biomassa növekedési rátájának összegét ezután az egyes ETH-tevékenységek által az egyes éghajlatokon és régiókban megkötött összes tonna C/ha/év-ként mutatták be, majd a tonna C 3,66-tal való megszorzásával (azaz 44 g CO₂ a 12 g C-hez képest) éves széndioxid-eltávolítási tényezőre (tonna CO₂/ha/év-ként) számolták át.

Kiszámították a Chapman-Richards föld feletti biomassa növekedési görbék 95%-os konfidenciaintervallumait (a továbbiakban: CI95). A föld alatti biomassa számításai CI95-ös értékének becsüléséhez kiszámították a "vegetációs kategóriáira" (azaz az erdei éghajlatokra és régiókra) vonatkozó gyöker-hajtás arányok százalékos bizonytalanságát úgy, hogy kiszámították ezen arányok CI95-ös értékét és elosztották azt a mediánjukkal. Ezt követően a százalékos bizonytalanságot alkalmazták a föld alatti biomassa növekedési rátáinkra, hogy megbecsüljék azok CI95-jét. A föld feletti és föld alatti CI95-ök összegének hibaterjedése révén megbecsülték a teljes növekedési ráták CI95-jét. Végül lineáris regresszióval (95%-os konfidenciaintervallum) vizsgálták a telepített fajok és az éghajlat közötti kapcsolatot, és egytényezős ANOVA-val ($\alpha = 0,05$) határozták meg a köztük lévő különbségeket.

Eredmények

A széndioxid eltávolítási tényezők a növekedés első 20 évében 4,5 és 40,7 t CO₂ /ha/év között mozogtak (1., 2. táblázat). Az ültetett erdők és az erdősávok, amelyeket jellemzően a növekedés maximalizálása érdekében kezelnek, mutatták a legmagasabb eltávolítási tényezőket. A telepített erdők és erdősávok ETH kategóriájába tartozó fajok közül a trópusi régiókban élő fajok mutatták a legmagasabb eltávolítási tényezőket (pl. tűlevelűek, tölgyek vagy lombhullató fajok), míg az eukaliptusz továbbra is magas volt az éghajlati viszonyok között (2. ábra). A széleslevelűek és a tűlevelűek, beleértve a fenyőt is, rendelkeztek a legszélesebb szélességi tartományban, és csak a boreális éghajlaton szolgáltak elegendő adattal. A tölgyre és az eukaliptuszra vonatkozó növekedési adatok csak a mérsékelt égövi és trópusi régiókra álltak rendelkezésre, míg a teakfa csak a trópusokra korlátozódott. Az ültetett erdők és fásítások ETH-kategóriája részesült a legnagyobb adatbőségben, ugyanakkor két lényeges korlátozást állapítottak meg:

- (i) a mérsékelt égövi száraz tölgyekre és a trópusi száraz tűlevelűekre és lombosokra vonatkozóan kevés adat állt rendelkezésre; és
- (ii) a teak fára vonatkozó adatok bőségesek, de nagyon változóak voltak (mindkét trópusi éghajlaton alacsony R²-t eredményeztek:), annak ellenére, hogy a trópusi nedves eukaliptusznak volt a legszélesebb 95%-os konfidenciaintervalluma az összes ültetett erdők és fásítások alkategória közül.



Ültetett faj	Régió	Megkötés (t CO ₂ ha ⁻¹ year ⁻¹)	50% CI95
Tölgy	Mérsékelt, párás	9,50	3,50
	Mérsékelt, száraz	5,30	3,50
	Trópusi, száraz	18,40	1,00
Lombhullató	Boreális	8,00	1,00
	Mérsékelt égövi, minden	11,80	1,40
	Trópusi, nedves	25,30	3,90
	Trópusi, száraz	10,70	0,60
Fenyő	Boreális	10,20	4,90
	Mérsékelt égövi, nedves	21,10	4,60
	Mérsékelt égövi, száraz	7,60	2,00
	Trópusi, száraz	21,00	2,00
Tűlevelű	Boreális	4,50	1,00
	Mérsékelt égövi, nedves	11,60	3,60
	Mérsékelt égövi, száraz	6,40	1,90
	Trópusi, nedves	23,60	2,80
	Trópusi, száraz	38,70	2,50

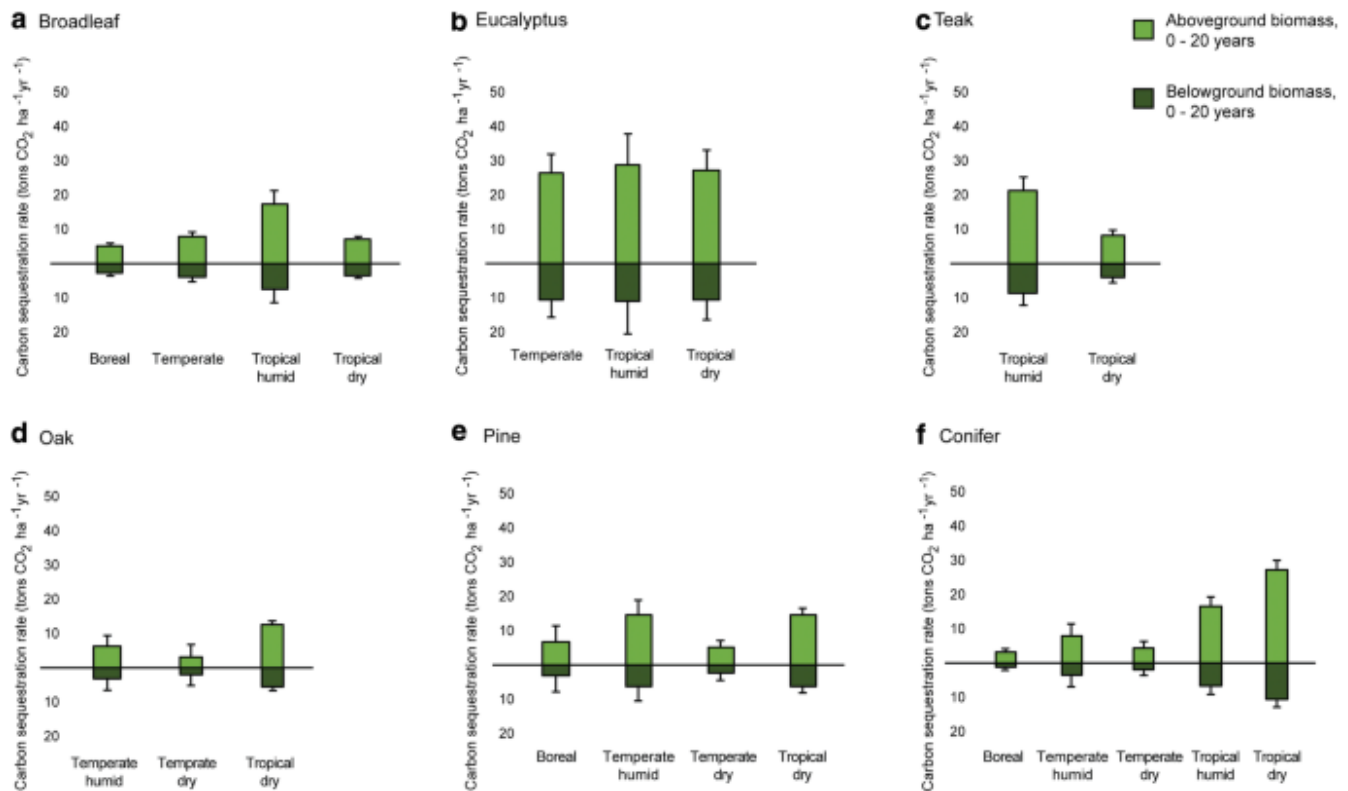
1. táblázat A telepített erdők és fásítások ETH és alkategóriáinak eltávolítási tényezői (tonna CO₂/ha/év) és a kapcsolódó bizonytalanság (CI95), 0-20 éves korú állományok esetében.

ETH aktivitás	Régió	0–20 év		20–60 év	
		Elvonási arány (t CO ₂ /ha/év)	50% CI95	Elvonási arány (t CO ₂ /ha/év)	50% CI95
Természetes regeneráció					
Ázsia és Óceánia	Nedves	11,90	3,00	17,30	1,20
	Száraz	10,30	1,70	3,50	0,90
Európa	Mind	9,80	1,70	4,50	0,80
Africa	Nedves	17,40	2,10	7,90	1,70
Észak Amerika	Nedves	11,10	3,30	10,90	1,80
	Száraz	9,10	2,10	8,20	1,20
Közép Amerika és Karib-térség	Nedves	11,90	1,70	7,10	1,50
	Száraz	10,40	1,40	0,20	0,70
Dél Amerika	Nedves	18,80	2,00	5,20	1,40
	Száraz	13,80	3,30	3,10	1,60
Agroerdészet					
Afrika	Mind	10,80	1,70	0,10	0,80
Ázsia	Mind	14,00	2,50	0,00	0,40
Latin Amerika és Karib-térség	Mind	15,60	2,70	0,60	0,20
Mangrove helyreállítás					
Fa	Trópusi	23,10	2,90	10,70	2,30



Bokor, cserje	Trópusi és subtrópusi	6,70	1,50	1,70	0,50
---------------	--------------------------	------	------	------	------

2. táblázat A természetes felújítási, agrárerdészeti és mangrove helyreállítási ETH tevékenységek és alkategóriák eltávolítási tényezői (tonna CO₂/ha/év) és a kapcsolódó bizonytalanság (CI95) a 0-20 éves és 20-60 éves állományok kora esetén.



A hat ültetvény- és erdőrezslet-csoport (a lombosok az eukaliptusz és a teakfa kivételével, b eukaliptusz, c teakfa, d tölgy, e fenyő és f tűlevelűek a fenyő kivételével) szén-megkötési aránya (tonna CO₂/ha/év) a fák növekedésének első 20 éve alatt. A világoszöld szín a föld feletti biomasszát, míg a sötétzöld szín a föld alatti biomasszát jelöli. A hibaszávok a teljes biomassza növekedésének CI95 értékét jelzik. A grafikonokon belüli különböző oszlopok éghajlati régiókat jelölnek.

ETH aktivitás	Régió	R ²	n
Telepített erdők és fásítások			
Tölgy	Mérsékelt, párás	0.63	11
	Mérsékelt, száraz	0.63	6
	Trópusi, száraz	0.91	13
Teakfa	Trópusi, nedves	0.30	34
	Trópusi, száraz	0.43	25
Eukaliptusz	Mérsékelt égövi, minden	0.86	52
	Trópusi, nedves	0.52	13
	Trópusi, száraz	0.62	32



Széleslevelűek	Boreális	0.99	13
	Mérsékelt égövi, minden	0.68	77
	Trópusi, nedves	0.51	54
	Trópusi, száraz	0.99	6
Fenyő	Boreális	0.53	10
	Mérsékelt égövi, nedves	0.47	41
	Mérsékelt égövi, száraz	0.40	12
	Trópusi, száraz	0.69	28
Tűlevelűek	Boreális	0.75	22
	Mérsékelt égövi, nedves	0.65	41
	Mérsékelt égövi, száraz	0.85	13
	Trópusi, nedves	0.60	24
	Trópusi, száraz	0.93	6
Természetes regeneráció			
Asia and Oceania	Párás	0.58	32
	Száraz	0.47	4
Európa	Minden	0.68	10
Afrika	Párás	0.65	8
Észak Amerika	Párás	0.68	16
	Száraz	0.45	53
Közép-Amerika és Karib-térség	Párás	0.65	65
	Száraz	0.91	24
Dél-Amerika	Párás	0.31	106
	Száraz	0.26	72
Agroerdészet			
Afrika	Mind	0.19	52
Ázsia	Mind	0.13	77
Latin Amerika és Karib-térség	Mind	0.21	82
Mangrove helyreállítás			
Fa	Trópusi	0.57	50
Bokor, cserje	Trópusi és subtrópusi	0.53	13

3. táblázat A növekedési görbék alkalmasságát és a kialakításukhoz használt adatpontok számát (n) bemutató determinációs együttható (R^2) a kiválasztott ETH-kategóriák minden egyes alkategóriájára (azaz a telepített erdők és fásítások, a természetes felújítás, az agrárerdészet és a mangrove helyreállítás)

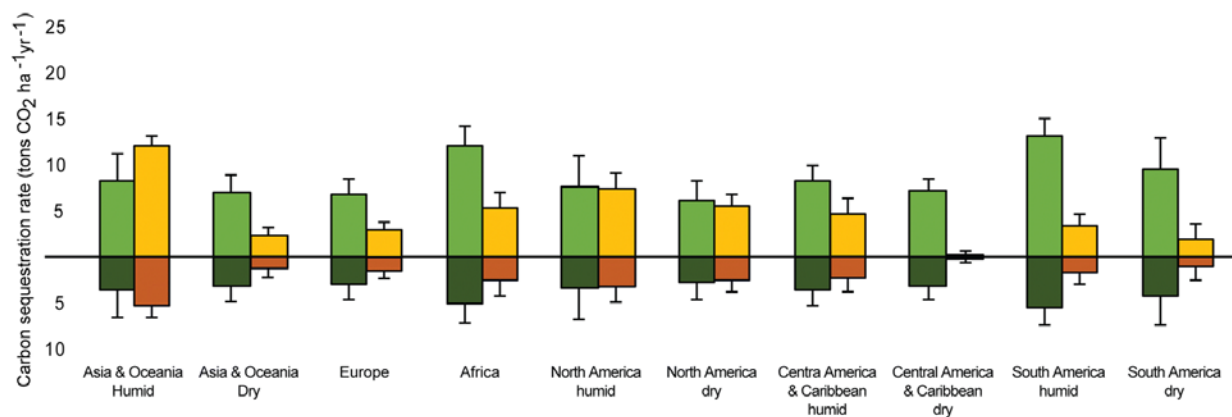
A természetes regeneráció volt a második leggyakoribb ETH-tevékenység a szakirodalomban (3. táblázat), és összességében a harmadik legnagyobb szénmegkötési potenciált mutatta (9,1-18,8 t CO₂/ha/év a növekedés első 20 évében; 2. táblázat). Eltávolítási tényezők azt mutatják, hogy a biomassza növekedése a telepítést követő 20-60 éves időszakban ugyanolyan magas vagy magasabb lehet, mint az erdőfelújítás első 20 évében. A bizonytalanság (95%-os konfidenciaintervallum) nem növekszik ezen erdőállományok öregedésével, ami azt bizonyítja, hogy a 20 évnél



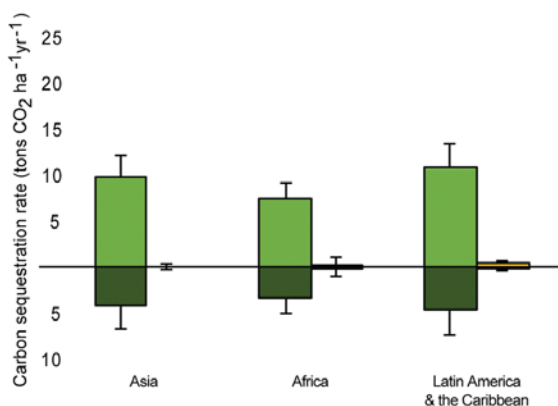
idősebb, természetes úton felújított erdőkből rendelkezésre álló adatok széles korosztályra vonatkoznak. Dél-Amerika kínálta a legtöbb rendelkezésre álló adatot, ezt követte Közép-Amerika, de ezek az adatok voltak a legváltozatosabbak is, ami alacsony R²-t eredményezett. Eredményeink azt mutatják, hogy Afrika, valamint Közép- és Dél-Amerika hasonlóan magas eltávolítási faktorokkal rendelkezik, míg Ázsia és Óceánia, Európa és Észak-Amerika hasonló és alacsonyabb arányokat mutat, ami valószínűleg arra utal, hogy a biomassa növekedésének szélességi (azaz trópusi vs. mérsékelt égövi) mozgatórugója van ebben a ETH-tevékenységben. A természetes regenerációs ETH-eredményeink legfontosabb hiányosságai a következők:

- (i) nem találtak publikált adatokat az afrikai száraz erdőkről, és az afrikai nedves erdőkről is kevés adat állt rendelkezésünkre; és
- (ii) Európára vonatkozóan nem állt rendelkezésre elegendő adat ahhoz, hogy különbséget lehessen tenni a száraz és nedves erdők között.

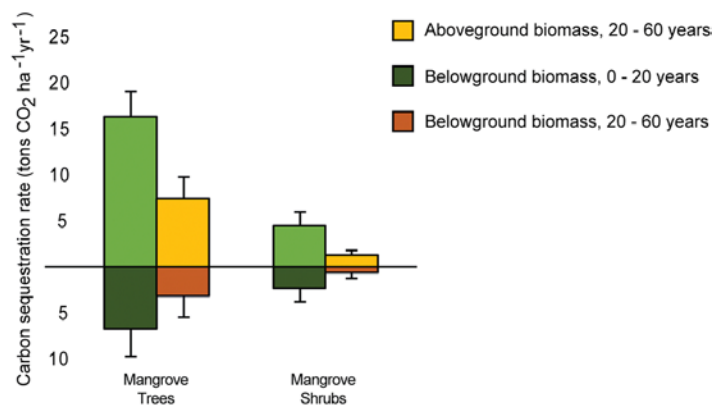
a Natural Regeneration



b Agroforestry



c Mangrove Restoration



Szénmegkötési arány (tonna CO₂ /ha/év) a természetes regenerációs ETH, b agrárerdészeti ETH és c mangrove helyreállítási ETH esetében. A zöld színek a fák növekedésének első 20 éve alatti arányokat jelölik (a föld feletti biomassa világoszöld, a föld alatti biomassa sötétzöld), míg a narancssárga színek a fák növekedésének 20-60 éve alatti arányokat jelölik (a föld feletti biomassa világoszöld, a föld alatti biomassa sötétnarancs). A hibasávok a teljes biomassa növekedésének CI95 értékét jelzik. A grafikonokon belüli különböző oszlopok az ETH alkategóriákat jelölik.

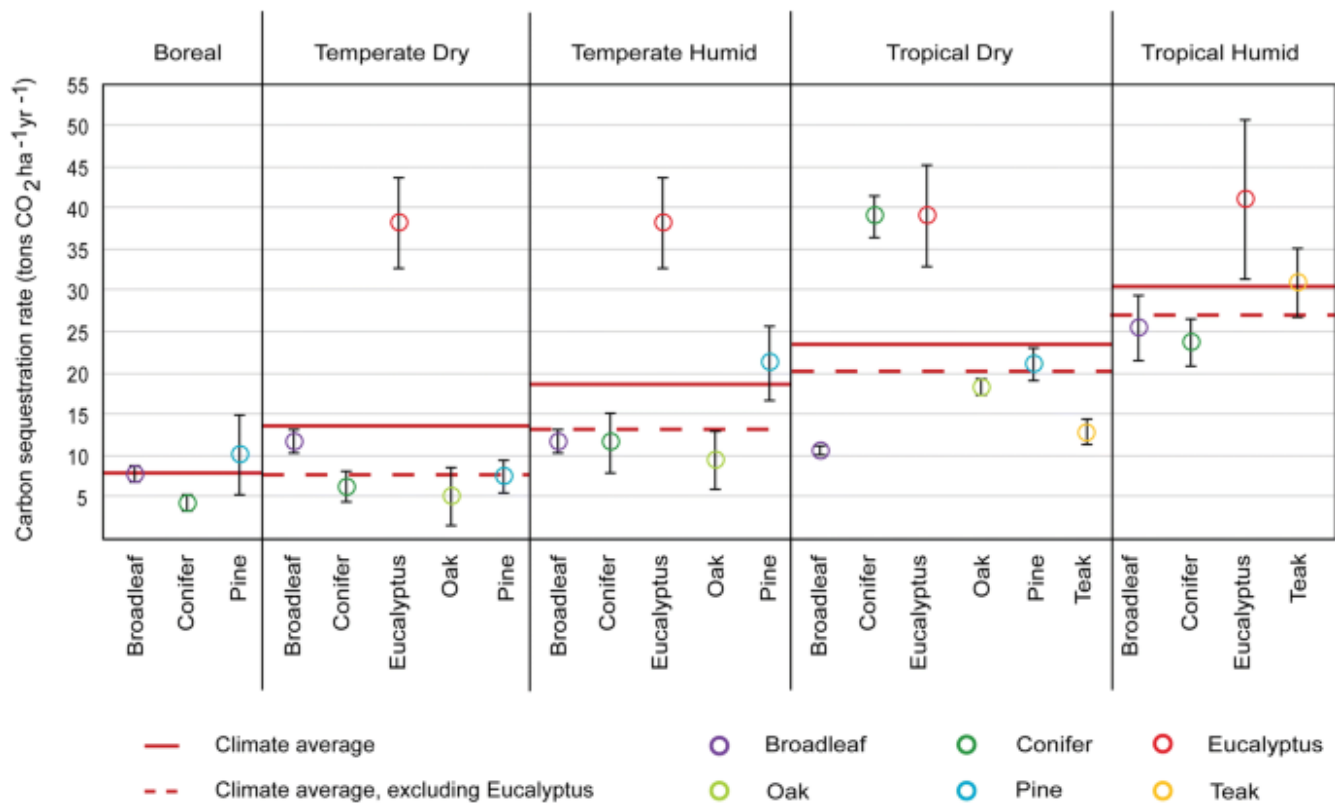


A biomassza felhalmozódásának értékelése az agroerdészeti ETH esetében a telepített erdők és a természetes úton regenerálódott erdők eltávolítási tényezői között található (10,8-15,6 t CO₂ /ha/év a növekedés első 20 évében), ami várható volt, mivel az agroerdészeti tevékenységek jellemzően alacsonyabb telepítési sűrűséggel járnak. Az eltávolítási tényezők azonban 20 év után nagyon alacsonyak (2. táblázat), a 20-60 éves időszakban a növekedési ráták 0,1 t C/ha/év alatt vannak. Összességében az agrárerdészetre vonatkozó adatok bőségesek voltak, de az e gyakorlatok alá tartozó tevékenységek széles skálája miatt az adatok nagyon változóak, és alacsony R²-t mutatnak (3. táblázat). A nagyfokú változékonyság és az agroerdészeti típusok régiók közötti ellentmondásossága megakadályozta az agroerdészeti típusok szerinti további felosztást. Bár az agroerdészeti ETH várhatóan az egész világon előfordul, nem találtak elegendő adatot Európából, Észak-Amerikából és Óceániából, ami azt jelzi, hogy a legtöbb nyilvánosan elérhető agroerdészeti tanulmányt a fejlődő régiókban végezték.

Végezetül a mangrove helyreállítási ETH, különösen a mangrovefák, rendkívül produktívnak bizonyultak, és az összes vizsgált ETH-típus közül a második legmagasabb eltávolítási tényezőt eredményezték (23,1 és 10,5 t CO₂/ha/év, a növekedés első 20 évében, illetve az azt követő 40 évben; 2. táblázat), és a mangroveállományok teljes élettartama alatt magas szinten maradtak. A cserjés mangroveállományok esetében viszont az összes trópusi ETH-tevékenység és alkategória közül a legalacsonyabb volt az eltávolítási tényező, és a növekedés 20 éve után még alacsonyabbnak bizonyult. Eredmények azt mutatják, hogy a mangrovefák a leggyakrabban ültetett mangrove típus, szemben a cserjékkel (n = 50, illetve n = 13), és hogy a telepítések összességében gyakoribbak a trópusi partvidékeken, mint a szubtrópusi partvidékeken (3. táblázat).

A biomassza növekedési üteme az éghajlaton és az idő múlásával

Az ültetett erdők és a természetes felújítás a világszerte leginkább vizsgált ETH-típusok, amelyek az összes gyűjtött adatpont 45%-át, illetve 32%-át teszik ki, és valamennyi éghajlatra és kontinensre kiterjednek. Mindkét ETH-tevékenység regionális tendenciákat mutatott, de a természetes felújulás régiók közötti változékonysága, valamint az állományok kor szerinti heterogenitása megakadályozta, hogy erősebb következtetéseket vonjunk le erre az értelmezésre vonatkozóan. Megvizsgálták azonban a telepített erdőkben ültetett fajok teljes biomassza növekedési rátájának eloszlását. Adatok azt mutatják, hogy az átlagos növekedési sebesség szignifikánsan különbözik az éghajlatok között (p-érték < 0,05, F (1, 44) = 4,062), következésképpen növekszik a hidegebb éghajlatoktól a melegebbek felé, és erősebb a kapcsolat, ha az Eukaliptuszt kizárjuk (R² = 0,99 és p-érték < 0,001 az Eukaliptusszal; R² = 0,94 és p-érték < 0,01 az Eukaliptusz nélkül). Az Eukaliptusz a mérsékelt éghajlati övtől a trópusi éghajlatig, száraz vagy nedves éghajlaton viszonylag egyenletes növekedési ütemet mutat, ami bizonyítja, hogy a biomassza termelékenysége minden régióban hatékony.



A boreális, mérsékelt és trópusi éghajlaton telepített fajok szén-megkötési aránya (tonna CO₂/ha/év). Az egyes körök az adott éghajlaton feltüntetett fajok átlagos teljes (föld feletti és föld alatti) biomassza növekedési ütemét jelölik. A hibasávok az átlagos teljes biomassza növekedésének CI95-ös értékét jelzik. A folytonos piros vonalak az éghajlatok között az egyes éghajlati kategóriákba tartozó fajok átlagos biomassza-növekedési ütemét, míg a szaggatott piros vonalak az adott éghajlat összes fajának átlagos biomassza-növekedési ütemét jelölik az Eucalyptus kivételével.

A telepített erdőket, és különösen a kereskedelmi célú faültetvényeket jellemzően úgy kezelik, hogy rövid időszakokban, azaz a telepítést követő első 20 éves időszakban maximalizálják a termelékenységet, ezért a hosszabb rotációs időszakok alacsonyabb átlagos megkötési arányokat eredményeznének (amint azt a CO₂ FIX szén-dioxid-modell program is tükrözi). Másrészt a természetes regenerációval kapcsolatos kutatásokból származó eltávolítási tényezők azt mutatják, hogy a biomassza növekedése ugyanolyan magas vagy magasabb lehet a telepítést követő 20-60 éves időszakban. Hasonló eredményeket mutattak ki a természetes úton felújított erdőkben, és megállapították, hogy a természetes erdőfajták sokfélesége és a segédeszköz nélküli természetes felújításhoz kapcsolódó gyakran alacsony kezdeti fasűrűség kedvez az alacsony fasűrűségű fák lassú kezdeti biomassza felhalmozódási sebességének, míg az egymást követő fák következetesebben, nagyobb sűrűséggel és nagyobb fasűrűséggel telepednek meg, amint az erdő jobban meggyökeresik. Az agrárerdészeti ezzel szemben 20 év után minimális növekedést mutat, ami arra utal, hogy ez a ETH-



kategória gyorsan növekvő fajokat használ, hogy maximalizálja a rendszer hatékonyságát a védelem biztosítása és/vagy takarmány, gyümölcs vagy fa előállításának érdekében, egyéb termékek mellett.

Az erdészeti táj helyreállításából származó előnyök elszámolása

Az erdei élőhelyek elvesztése és degradációja csökkenti a tájnak a légköri CO₂ megkötésére való képességét, és olyan javak és szolgáltatások csökkenését eredményezi, amelyekről a világ népességének jelentős része függ, ami akadályozza a megélhetést és a változó éghajlathoz való alkalmazkodást. Az erdei ökoszisztémák által nyújtott legfontosabb ökoszisztéma-szolgáltatások közé tartozik a vízminőség és -mennyiség szabályozása, az éghajlat szabályozása, a biológiai sokféleség és a talaj védelme, valamint az élelmiszer- és áruszállítás. Bár az erdészeti táj helyreállítása nem az erdők megőrzésének alternatívája, az erdők egészségének és ökológiai funkcionalitásának táji léptékű helyreállításával az erdőirtás és az erdőpusztulás miatt elveszített többszörös előnyöket is visszaállíthatja.

Az ETH által kínált számos előny ellenére a szén-dioxid megkötésének képessége a tájban álló biomassza növekedése révén az, ami számos erőfeszítést ösztönzött az ETH-tevékenységek világszerte történő kiterjesztésére. A CO₂-eltávolítási tényezőink értékes forrást jelenthetnek az országok, a gyakorlati szakemberek és a politikai döntéshozók számára, akiknek megbízható szén-megkötési számokat kell társítaniuk a jelenlegi és tervezett ETH-tevékenységekhez, és ezáltal segíthetnek a globális ETH-erőfeszítések fellendítésében. Ahol a CO₂-elvonás maximalizálása prioritás, ott a tanulmányban szereplő tényezők segítenek azonosítani a leghatékonyabb ETH lehetőségeket a szén-dioxid megkötésére az egyes régiókban, amelyek a tanulmány szerint a telepített erdők és az erdősávok. Ezek a monokultúrák gyors szénmegkötést és potenciálisan hosszú távú szén-dioxid-tárolást tesznek lehetővé, de negatív hatással lehetnek a vízkészletre, a biológiai sokféleségre és más ökoszisztémafunkciókra, amelyek számos hosszú távú társadalmi-környezeti előnnyel járnak. Világszerte bebizonyosodott, hogy az erdők fajgazdagsága olyan mértékben növeli a termelékenységet, hogy az erdő gazdasági értéke a becslések szerint több mint ötszöröse a megőrzésének költségeinek.

Az ETH-intézkedések tervezését táji léptékben közelítik meg, teljes vízgyűjtő területeket, különböző földhasználatokat, valamint közösségeket és azok megélhetését felölelve, az erdei élőhelyek elvesztéséhez és a táj széttöredezéséhez vezető rossz földhasználati gyakorlatok megváltoztatására és az emberi jólét javítására törekedve. A sikeres ETH-megközelítéseknek ezért figyelembe kell venniük a helyi közösségek igényeit és prioritásait, a különböző ETH-változatok által kínált előnyök teljes skáláját egyensúlyba kell hozniuk, ahelyett, hogy egy lehetőség maximalizálására törekednének, és figyelembe kell venniük a ETH-tevékenységek életképességét az adott földrajzi és biofizikai környezetben. Ennek megfelelően a sikeres hosszú távú ETH-erőfeszítések biztosításához párhuzamosan erőfeszítéseket kell tenni a fenntartható erdészeti ágazat



és a fenntartható biomassza energiatermelési tevékenységek fejlesztésére. Ez magában foglalja a lakosság hosszú távú szükségleteinek kielégítését, miközben olyan kampányokat kell bevezetni, amelyek a közösségeket felvilágosítják és megmutatják a ETH-tevékenységek értékét a gyakran figyelmen kívül hagyott, kritikus ökoszisztéma-szolgáltatások miatt. A nemzeti meghatározások és körülmények meghatározhatják, hogy mely tevékenységek minősülnek hivatalosan erdőgazdálkodásnak vagy mezőgazdaságnak, ami gyakran befolyásolja, hogy mely tevékenységek tartoznak a nemzeti ETH helyreállítási kötelezettségvállalások körébe. Amennyiben a kormányok az agrárerdészet hivatalosan mezőgazdasági gyakorlatnak tekintik, az agrárerdészetet kizárhatják a helyreállítási kötelezettségvállalásokból. Az agroerdészet azonban érvényes mezőgazdasági alapú ETH-tevékenység, amely jelentős társadalmi-gazdasági és biofizikai előnyökkel jár. E tanulmány értéke abban rejlik, hogy adatokat szolgáltat a jelenlegi ETH-ígéretre, valamint hozzájárul a helyreállítással kapcsolatos célok elérését támogató, az agrárerdészeti tevékenységek mérséklési potenciáljával kapcsolatos ismeretekhez.

Megbízható és specifikus CO₂-eltávolítási tényezők szükségessége

Az olyan globális kötelezettségvállalások, mint a bonni kihívás és az NDC-k megkövetelik a meghatározott célok felé tett előrehaladásról szóló jelentéstételt. Az ebben a tanulmányban végzett kutatás és az ebből származó eltávolítási arányok hasznos forrást kínálnak az e kötelezettségvállalások keretében helyreállítási kötelezettségeket vállaló országok által elért CO₂-megkötés hiteles becslésének elkészítéséhez, és segíthetnek a folyamatban lévő erőfeszítések tájékoztatásában, mivel lehetővé teszik a különböző ETH-tevékenységek relatív hatásának összehasonlítását. Emellett a kötelezettségvállalók számára kulcsfontosságú adatokat szolgáltat, amelyek szükségesek a ETH-tevékenységekből származó eltávolítással kapcsolatos jelenlegi tudásbeli hiányosságok pótlásához az egyes régiók és éghajlatok tekintetében, valamint a jelenleg kidolgozás alatt álló *Bonn Challenge Barometer of Progress* keretében történő jelentéstételük támogatásához. Továbbá az e tanulmányban kidolgozott CO₂-eltávolítási arányok segíthetnek az elemzőknek abban is, hogy jobban hitelesítsék és összehasonlítsák a kötelezettségvállalók által bejelentett, értékelt éghajlati hatásokat.

Eddig az IPCC-iránymutatások erdőterületekre vonatkozó fejezete volt a legszélesebb körben használt forrása az 1. szintű eltávolítási tényezőknek, amennyiben az országon belüli adatok hiányosak vagy nem állnak rendelkezésre. Ezek az iránymutatások azonban csak a természetes erdőkre és az erdészeti ültetvényekben általánosan telepített fajokra vonatkozóan adnak meg eltávolítási tényezőket. Ezáltal kimaradnak a világszerte elterjedt agrárerdészeti és mangrove helyreállítási ETH tevékenységek, amelyek szintén jelentős szerepet játszanak a CO₂ légkörből való eltávolításában, és többféle ökoszisztéma-szolgáltatást nyújtanak. Az IPCC által kínált eltávolítási ráták



további jelentős hiányossága továbbá, hogy bár egyes esetekben adattartományt kínálnak, nem adnak becslést a bizonytalanságra, sem alapvető szabványos statisztikai információkat, és így ezeknek az általánosan használt CO₂-eltávolítási rátáknak a pontossága nem ismert.

Összességében a tanulmányunkban kidolgozott ETH CO₂-eltávolítási arányok összevetése az IPCC jelenlegi eltávolítási arányaival azt mutatja, hogy az ETH-tevékenységek szélesebb körét vesszük figyelembe (az ültetvényeken és a természetes regeneráción kívül az agrárerdészet és a mangrove helyreállítás, amelyek jelenleg az IPCC iránymutatásaiban szerepelnek), éghajlati viszonyok (az IPCC ültetvények alapértelmezett értékei csak a trópusi éghajlatra vonatkoznak, míg mi boreális és mérsékelt égövi adatokat is tartalmazunk), és régiók (a világ összes régiójára és éghajlatára vonatkozóan megadjuk az 1. szintű alapértelmezett értékeket), valamint 95%-os konfidenciaintervallumokat és az illeszkedés jóságát (R²), ami jelenleg hiányzik az IPCC iránymutatásaiból. Tanulmányunk a fák növekedési rátájára vonatkozó adatok átfogóbb és naprakészebb összeállítását is képviseli, mivel az eltávolítási rátákat több mint 330 közzétett tanulmány és jelentés biomassza-növekedési adataiból származtatják, míg az IPCC 2006-os alapértelmezései kevesebb mint 100 tanulmányt tartalmaznak (beleértve az IPCC 2003-as iránymutatásait is). Továbbá, ez a tanulmány a biomassza szénmegkötésével kapcsolatos több mint 10 éves további kutatás előnyeit is kihasználja (a növekedési görbéink kidolgozásához felhasznált tanulmányok több mint 36%-át 2006 után tették közzé).

Következtetések

Jelen tanulmány a biomassza növekedéséből származó CO₂-eltávolítási arányok átfogó értékelését mutatja be a ETH-tevékenységek széles skáláján, amely az IPCC által széles körben alkalmazott alapértelmezett 1. szintű értékek bővítését vagy frissítését szolgálja. A globális léptékben elvégzett felülvizsgálat és a kidolgozott eltávolítási tényezők információt nyújtanak négy ETH-tevékenység bruttó szén-dioxid-eltávolítási potenciáljáról az éghajlat és a fajösszetétel széles skáláján, a megfelelő bizonytalansági értékekkel együtt. Továbbá teljes képet adunk a légkörből a ETH-tevékenységek által történő szén-dioxid-leválasztásról szóló szakirodalomban még meglévő adathiányokról és korlátozásokról. Az e tanulmányban előállított biomassza növekedési görbék és az e munka alapján levezetett eltávolítási tényezők hasznos forrásként szolgálhatnak a gyakorlati szakemberek és a döntéshozók számára, akik jobban meg akarják érteni a meglévő vagy tervezett ETH-tevékenységek hatását, különösen az adathiányos régiókban. A helyi közösségek igényeinek és prioritásainak, az egyes ETH-típusok ökoszisztéma-szolgáltatásokra gyakorolt egyedi hatásának, valamint a különböző ETH-változatok társadalmi-gazdasági és biofizikai feltételekhez viszonyított relatív életképességének figyelembevételével eredményeink értékes hozzájárulást nyújtanak a ETH-tevékenységek tervezéséhez, hogy a tájakra kiterjedő



előnyöket maximalizálják, és segíthetnek a jelenlegi ETH-erőforrások fellendítésében világszerte azáltal, hogy megbízható szén-dioxid-megkötési számokat tesznek lehetővé, amelyek a ETH-tevékenységek széles köréhez kapcsolhatók.

6.1. Mennyi szén-dioxidot nyelnek el a fák évente?

Annak meghatározásához, hogy egy fa mennyi szén-dioxidot képes elnyelni, az átlagos ültetési sűrűségeket kombináljuk a hektáronkénti szén-dioxid mennyiségének konzervatív becslésével, és így becsüljük meg, hogy egy átlagos fa az első 20 évben évente átlagosan 10 kilogramm szén-dioxidot nyel el. Az Üllőn csere erdő telepítéssel az átlagos ültetési sűrűség 5000 fa/hektár. Azaz a csere erdő esetében 20 év alatt a 76 hektár terület $10 \text{ kg} * 20 \text{ év} * 5000 \text{ fa/ha} * 76 \text{ ha} = 76000$ tonna széndioxid megkötéssel lehet kalkulálni.

Fontos megjegyezni, hogy a fák és az egészséges erdők valódi előnyei messze túlmutatnak a szén-dioxid-tároláson. A biológiai sokféleség, a társadalmi hatások és a globális éghajlat stabilitása szempontjából betöltött értékük jól dokumentált. Ezt is kihívás lehet mérni, de végső soron az erdők védelmének és helyreállításának szükségessége a fák ültetésével alapvető fontosságú.

6.2. Üllői Napelempark, valamint a területarányos erdő széndioxid elvonási összehasonlítása

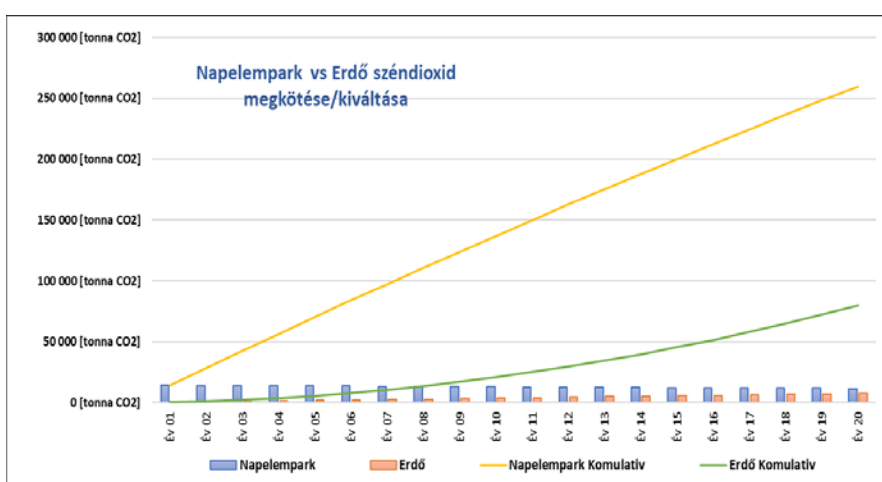
Az előzőekben bemutatott tanulmányok alapján a következőt állapíthatjuk meg.

- Napelempark CO₂ megtakarítása:
18000 t/1. év – 48 g/kWh * 76GWh
20 év alatt hozzávetőlegesen 260 000 t
- Erdő:
200kg/fa/20év * 5000 fa/hektár * 76 hektár
20 év alatt hozzávetőlegesen 76 000 t

Éves lebontásban:



	Napelempark	Erdő
Év 01	14 352 [tonna CO2]	380 [tonna CO2]
Év 02	14 208 [tonna CO2]	760 [tonna CO2]
Év 03	14 065 [tonna CO2]	1 140 [tonna CO2]
Év 04	13 921 [tonna CO2]	1 520 [tonna CO2]
Év 05	13 778 [tonna CO2]	1 900 [tonna CO2]
Év 06	13 634 [tonna CO2]	2 280 [tonna CO2]
Év 07	13 491 [tonna CO2]	2 660 [tonna CO2]
Év 08	13 347 [tonna CO2]	3 040 [tonna CO2]
Év 09	13 204 [tonna CO2]	3 420 [tonna CO2]
Év 10	13 060 [tonna CO2]	3 800 [tonna CO2]
Év 11	12 917 [tonna CO2]	4 180 [tonna CO2]
Év 12	12 773 [tonna CO2]	4 560 [tonna CO2]
Év 13	12 630 [tonna CO2]	4 940 [tonna CO2]
Év 14	12 486 [tonna CO2]	5 320 [tonna CO2]
Év 15	12 343 [tonna CO2]	5 700 [tonna CO2]
Év 16	12 199 [tonna CO2]	6 080 [tonna CO2]
Év 17	12 056 [tonna CO2]	6 460 [tonna CO2]
Év 18	11 912 [tonna CO2]	6 840 [tonna CO2]
Év 19	11 769 [tonna CO2]	7 220 [tonna CO2]
Év 20	11 625 [tonna CO2]	7 600 [tonna CO2]
	259 771 [tonna Co2]	79 800 [tonna Co2]



Látható, hogy a napelempark jelentősen több CO2 kibocsátás csökkentéssel jár. Ez akkor is igaz, ha nem újratelepített erdőt veszünk figyelembe, akár a napelempark 20. évében is.

- Napelempark CO2 megtakarítása 1. évben: **14352 t**
- Napelempark CO2 megtakarítása 20. évben: **11625 t**
- 20 éves 76 hektár erdő CO2 megkötése évente: **7600 t**



7. Projekt helyi gazdaságra gyakorolt hatása

Közvetett mezőgazdasági előnyök

A napelembfarm, ahogy a tanulmányban megemlítettük, egy természetes rét funkcióját tölti be. Ennek következtében nő a biodiverzitás. Az elszaporodó vadvirágok és növények miatt megnő a beporzó rovarok egyedszáma, ami közvetve pozitív hatást gyakorol a környék mezőgazdaságára.

Az intenzív mezőgazdasággal ellentétben a területen nincsenek vegyi anyagok, se műtrágyázás se gyomirtózás, ennek következtében javul a talaj természetes összetétele és kevesebb szennyező anyag kerül a vizekbe.

Bár az ebből származó gazdasági előnyök nehezen kimutathatók, a napelempark és a miatta kialakuló természetes rét egyértelmű pozitív hatást fejt ki amiből közvetetten a mezőgazdaság profitál.

Iparűzési adó bevétel

Üllő település iparűzési adó mértéke 1,9%.

A Projekt becsült helyi iparűzési adó mértéke évente várhatóan: 30-35M forint

Zöldgazdaság fejlődése

A beruházás keretében elektromos autó töltőállomást tervezünk telepíteni, mely kedvező árú töltési lehetőséget fog biztosítani a helyi lakosságnak.

Zöldáram vásárlási lehetőség

A Projekt nem részesül semmilyen állami beruházási támogatásban, illetve tervezetten nem lesz része sem a KÁT sem a METÁR mérlegkörnek. A megtermelt áramot energia kereskedőn keresztül a szabadpiacon értékesíti. Ebből adódóan érdeklődés és igény esetén lehetőség van a napelempark által termelt áram megvásárlására és lekötésére a kijelölt kereskedőn keresztül.