

# SZÉLPARKOK TERVEZÉSE KÖRNYEZETVÉDELMI SZEMPONTOK ALAPJÁN

Horváth Gábor

ügyvezető igazgató  
Horváth Mérnöki Iroda Kft.  
gh@horvath.co.hu

## Bevezetés

A következőkben a külföldi és most már a hazai tapasztalatok biotokában is a szélparkok telepítésénél és működésénél felmerülő alapvető környezeti hatásokkal és kérdésekkel foglalkozunk.

A cél, hogy a környezetet hosszú távon minél kevésbé károsítsuk, tehát a megújuló energiaforrások oltárán ne áldozzuk fel az erdőket, az élőhelyeket, a kulturális örökséghez tartozó maradandó értékeket, de környezetkímélő módon állítsunk elő energiát.

Az optimális helyszínek választásához döntéselemző rendszert alkalmazunk, hogy a felesleges tervezést és szakhatósági eljárásokat elkerüljük. A megvalósíthatósági tanulmány során igazolni kell a lakossággal, a szakhatóságokkal történt sikeres egyeztetéseket, illetve műszaki-gazdasági számításokkal kell alátámasztani a beruházás létjogosultságát.

## A SZÉLERŐMŰVEK TELEPÍTÉSÉNEK TERVEZÉSE

### *Helyszínválasztás*

A helyszín kiválasztásakor a szélenergia-hasznosítás szempontjain (szélsebesség, szélárnyék) túl fontos tényező a terület természetvédelmi jellege, az esetleges védett növény- és állatvilág továbbá a zajhatás miatt a lakott

területtől való távolság is. A helyszínanalízis során figyelembe vesszük az összes egyéb tényezőt is, mint például az erdősavók zavaró hatását. A helyszínanalízis mindig rendkívül komplex és helyszínspecifikus feladat.

A szélturbinák telepítésére legalkalmasabbak, természetvédelmi és egyéb szempontból is, a mezőgazdasági művelés alatt álló területek (szántók, legelők). Az ilyen területek legtöbbször nem védettek.

A terület kiválasztásánál gondot kell fordítani a felvonulási utak tervezésére, és az igénynek megfelelően a terület előkészítése során a meglévő utakat kell felhasználni.

### *Telepítési megoldások*

A szélturbinák egyes részeinek (lapátok, oszlopelemek, gépház, villamos berendezések, transzformátor stb.) helyszínre szállítása speciális trélereken, közúton, a helyszín környezetében pedig a létesítésre és a későbbi karbantartások céljára kiépítendő tartósabb és nagyobb teherbírású szervízúton történik. Az út és a helyszín előkészítése, a berendezések felállítása, összeszerelése nagy teljesítményű földmunkagépekkel, szállító járművekkel és nagy teherbírású darukkal történik. A szélerőművek szállítását és összeszerelését, a berendezéseket gyártó vállalat végzi. A szállítási útvonalat előre meg kell tervezni. A végleges kiviteli tervekhez az alapozási síkot szélerőműven

ként minimum két fűrés alapján talajmechanikus szaktervezőnek kell meghatározni.

A szélpark megvalósításához szükséges munkálatok:

- az építkezésnél és a későbbi karbantartási munkáknál a már meglévő utakat fogják használni;
- a meglévő földutakat salakterítéssel látják el;
- az oszlop alapozásának elkészítése (a gödör gépi kiásása, vasbetonszerelés, zsaluzási munkák, betonozás);
- az elektromos áramot szállító földkábel kiépítése a transzformátorállomásig (gépi árokásás, kábelfektetés, árok visszate-metése, utak helyrehozása);
- technológiai szerelés;
- tereprendezés.

#### A hálózatra csatlakozás

A szélerőművek által termelt villamos energia a szélerőmű tartótornyában található transzformátoron keresztül földkábelek segítségével kerül összegyűjtésre. A földkábe- lenek szállított áram a magasfeszültségű közcélú hálózatba kerül betáplálásra. A földkábelek a meglévő szolgálat alapján a vezetékjogi engedély szerint 1-1,5 méter mélyre kerülnek a földbe, így optikai hatá- suk nem lesz. A földkábelrel való hálózatra csatlakozás a szabadvezetékes kapcsolódás bekerülési költségének közel négyszerese, viszont ezzel a megoldással nem kerül a föld

felszínére sem rácsos szerkezetű tartóoszlop, sem magasfeszültségű vezetékrendszer.

A vonatkozó kormányrendelet alapján a megépítendő nyomvonal (földkábel) csak 15 km hosszúságtól hatásvizsgálat-köteles.

A szélgenerátor teljesen automatikus mű- ködése a vezérlőszekrényben elhelyezett és megfelelő védelmekkel ellátott berende- zésekkel biztosítva van. Az adatok egyszerű telefonkapcsolaton keresztül lekérdezhetők. A kábel az erőátviteli kábellel párhuzamosan kerül lefektetésre. A parkot földelési és vil- lánvédelmi rendszerrel kell ellátni.

#### A SZÉLERŐMŰVEK KÖRNYEZETI HATÁSAI

##### *Szélerőművek károsanyag-kibocsátása*

A szélturbinák által előállított elektromos áram minden egysége (kWh) olyan elektromos áramot helyettesít, amit egyébként fosszilis tüzelőanyagot elégető erőműben termeltek volna.

Magyarország esetében a jelenlegi meg- újuló energiaforrásokból származó villamos- energia-termelést (0,9 %-ot) kell 3,6 %-ra növelni, míg az összes energiatermelést (3,5 %-ról) 5 %-ra. Ezt 2010-re Magyarország 7,2 %-ra kívánja növelni. Hazánkban eddig hat szélerőmű létesült, 3,25 MW névleges össz- teljesítménnyel. Ezzel a kapacitással a követ- kező károsanyag-kibocsátást előzzük meg évente, ha a szélerőművek éves villamos- energia-termelése 5600 MWh.

Emisszió	Fajlagos emisszió [kg/MWh]	Szélerőmű kapacitás [MW]	Éves energia- termelés [MWh/év]	Emisszió- csökkenés [kg/év]
SO <sub>2</sub>	~ 18	3,25	~ 5600	100 800
NO <sub>2</sub>	~ 1,6	3,25	~ 5600	8 960
CO <sub>2</sub>	~ 1050	3,25	~ 5600	5 880 000

1. táblázat • Emissziócsökkenés a szélerőművek által termelt energia alapján. (Megje- gyezés: az emissziócsökkenés részletes fajlagos adatainál számolhatunk még a CO, por és atomerőművi hulladékcsökkenéssel.)

### *A földet érő hatások*

Az építés előkészítésének (szélerőmű-alkotórészek helyszínrre szállítása, megfelelő elektromos hálózati összeköttetés létesítése) időigénye a terület infrastruktúrájától (útviszonyok, elektromos alállomás) függ.

A szélturbina felállítása (alkotóelemeinek összeszerelése) mindössze pár napot vesz igénybe. Az építési folyamat során a környezet csak minimális mértékben kerül átalakításra.

Az oszlopok alapjának kiásásakor a felső humuszos talajt a többi kitemelt földtől elkülönítve kell deponálni, majd az építési terület rendezésekor fel lehet használni. A kitemelt földet általában nem szállítják el, hanem az elkészült alapra kis dombként visszatermelik.

A betonozás két fázisban történik. A mélyalap beöntése után a felső alapozás zsazuzási munkája következik, mely a kúpos acéloszlop rögzítő elemeit is tartalmazza. Az elkészült betonalapból csak a rögzítő csavarok állnak ki. A nyomvonalak építése és karbantartása során csak engedélyezett technológiákat alkalmaznak.

Az építés időszakában a szélpark építési területén, megközelítési útvonalán (útjavítás és -használat miatt) és az energiát szállító földkábelek tervezett nyomvonalain következhet be talajt érintő hatás, mégpedig a munkagépek, illetve a szállító járművek kenő- és üzemanyagának csöpögése, elfolyása miatt. Megfelelő műszaki állapotban lévő gépek használatával a talaj szennyezése megelőzhető. A szélpark üzemeltetése és szükség szerinti karbantartása nem okoz talajszenny-nyezést.

A felszámolás időszakában (25-30 év múlva) – az építéssel kapcsolatban tárgyaltak alapján – káros hatások nem várhatók. A felhagyása miatt várható hatások nagy vonalakban megegyeznek a tervezett létesítmény telepítése miatt várható hatásokkal (szállítási

útvonal). A szélpark területét a létesítmény elbontása után a környező területek aktuális állapotának megfelelően rekultiválni kell. A lebontott szélerőművek alkotórészei (lapátok, gépház, oszlop) újrahaszználhatóak.

A levonulást követően mielőbb mezőgazdasági művelésbe kell vonni a területet. Tekintettel a nagy időtávra (várhatóan 25-30 év), a művelési ágban jelentős változások következhetnek be a bontás idejéig, így a bontást követő művelési ágat az akkori optimális gazdálkodási viszonyoknak (és a kistérségi agrárstruktúra- és vidékfejlesztési programnak) megfelelően kell meghatározni.

### *A vizeket érő hatások*

A szélparkok építése, működése majd felhagyása semmilyen vízhasználattal nem jár, szennyvíz vagy más vízszennyező hatás nem keletkezik. Tekintettel arra, hogy az építmények alapteste nem érik el a területre jellemző föld alatti vizek és általajvíz szintjét, ezért a tervezett létesítmények sem az építési, sem az üzemelési időszakban a talajvízre semmilyen hatással nincsenek. A szélerőművek alapozásának ugyan elvileg van némi hatása a talajvízáramlásra, ez a hatás azonban gyakorlatilag jelentéktelen. Mély alapok esetén azok egymástól független, pontszerű elhelyezkedése miatt a talajvíz gond nélkül körüláramolja őket.

### *Az elektromágneses hatások*

A tapasztalatok azt mutatják, hogy a szélpark körültekintő tervezése elkerülhetővé teszi a telekommunikációs rendszerek bármiféle zavarását. Mindazonáltal hasznos értékelni az ezzel kapcsolatos kérdéseket. Rádióhullámokat és mikrohullámokat széles körben használnak kommunikációs célokra. Bármely nagy mozgó szerkezet képes elektromágneses zavaró hatást (EMI) kelteni. A szélturbinák úgy kelthetnek elektromágneses zavaró hatást, hogy a jelek visszaverődnek a számylapátokról úgy, hogy

a közelben lévő vevőkészülék fogja mind a közvetlen, mind a visszaverődött jeleket.

Azok a polgári és katonai kommunikációs jeltípusok, amelyeket az elektromágneses zavaró hatások befolyásolhatnak, a tévé- és rádióadásokat, mikrohullámú és cellás rádió-kommunikációt, valamint a különböző navigációs és légi közlekedési ellenőrző rendszereket foglalják magukba.

A szélturbinák és a telekommunikációs rendszerek párhuzamos telepítése megszo-  
kott látvány az Európai Unióban.

A szélparkból eredő rádiófrekvenciás sugárzás az emberre, a környezet állapotára és növényvilágára semmiféle káros hatást nem gyakorol. Megállapítható, hogy a szélpark üzembe helyezése az élő környezet szempontjából nem jelent veszélyt, károsító hatásai nincsenek.

A tudomány mai állása szerint a nemzetközi előírások és nemzeti rendelkezések betartása mellett kizárható, hogy a szélparkból származó sugárzás egészségkárosodást okozna.

### *Zaj- és rezgés kibocsátások*

Környezetvédelmi szempontból az embert zavaró hangot zajnak nevezzük. Annak ellenére, hogy a zaj hatására általában ritkán alakul ki maradandó, utólag is kimutatható elváltozás az élettelen környezetben, a zaj

hasonló környezetszennyezési forma, mint például a levegő porral, a víz hővel vagy a talaj vegyi anyaggal történő szennyezése.

Hatósugarát tekintve a zajtöbbnyire lokális probléma. Ez alatt azt értjük, hogy az adott hangforrás hatása határolt térben többnyire egy vagy néhány szomszédos épületre korlátozódik, illetve szabad térben igen nagy teljesítményű hangforrások esetén is csak néhány száz méter távolságra terjed ki az akusztikai hatás.

A vizsgált területen lévő környezeti zajforrások és a jelenlegi, illetve tervezett területfelhasználás keretében megjelenő tevékenységek hatásviselői zaj- és rezgésvédelmi szempontból az épített környezet, azon belül pedig azok a területek, amelyek az emberek állandó, ideiglenes vagy átmeneti tartózkodására szolgálnak, valamint az érintett lakosság.

Az emberi hallás akusztikus eseményeket csak bizonyos frekvencián és hangszinten belül tud érzékelni. Az ember kb. 20-20 000 Hz frekvencia közötti hangokat érzékel. A 20 Hz alatti frekvenciákat infrahangnak nevezik, a 20 000 Hz feletti frekvenciákat ultrahangnak. Az emberi fül egyiket sem hallja, de érzékelheti. A szélturbinák esetében a keletkező hallható zajok 300 m-es távolságban a 20-100 Hz-es tartományba esnek.

#### Területi funkciók

Területi funkciók	Megengedett egyenértékű A-hangnyomásszint [dB]	
	nappal	éjjel
Üdülőtérület, üdülőhely, gyógyhely, kórházi, szanatóriumi negyed, védett természeti terület	45	35
Lakóterület és intézményterület laza, városias beépítéssel	50	40
Lakóterület és intézményterület tömör, városias beépítéssel	55	45
Iparterület lakóépületekkel és intézményekkel vegyesen	60	50

2. táblázat

Az, hogy az érzékelhető hullámhossz-tartományban mennyire zavaró, illetve érzékelhető egy hang, függ annak intenzitásától. Bizonyos frekvenciájú hangokat csak megfelelő intenzitás mellett érzékelünk. Tehát mikor egy berendezés vagy létesítmény zajosságát vizsgáljuk, akkor a hangok hangnyomásszintjeit, illetve frekvenciáját együttesen kell elemezni.

A létesítéssel kapcsolatos zaj- és rezgésvédelmi követelményeket a 12/1983. (V. 12.) MT sz. zaj- és rezgésvédelemről szóló rendelet tartalmazza. A rendelet szerint a környezetbe zajt, illetve rezgést kibocsátó és a zajtól, illetőleg rezgéstől védendő létesítményeket úgy kell tervezni, egymástól viszonyítva elhelyezni, létesíteni, üzembe helyezni, hogy a zaj és rezgés ne haladjon meg a megengedett zaj-, illetőleg rezgésterhelési határértékeket.

A szélpark telepítése, a dűlőutak kijavítása, az energiaellátás kiépítése, a földmunkák végzése a közvetlen környezet zajszennyezésével jár. Az építkezés idején az átmenetileg megnövekedett járműforgalom a szállítási útvonalon és a telepítés területén okoz többletterhelést. Az építkezés és a technológiai szerelés befejeztével ezek a minimális hatások is megszűnnek.

A modern szélturbinák csendesek és egyre zajtalanabbak. A hangnyomás szintje a tipikus szélerőmű alapjától 50 méter távolságban 50-60 dB(A), nagyjából ugyanolyan szintű, mint a beszélgetésé. Ettől 500 méterre lévő háznál, a hangnyomás szintje körülbelül 35 dB(A), ami annak a hangnak felel meg, ami a nyugodt házon belül van. A tíz szélturbinát magába foglaló szélerőműpark a legközelebbi 500 méteres távolságban körülbelül 42 dB(A) hangszintet teremt ugyanilyen feltételek mellett – ami azzal a hanggal egyenértékű, ami egy nyugodt irodában van. Amikor a szél ellenkező irányban fúj, a hang szintje jelentősen, akár 10 dB-lel is csökken.

A szélerőmű hangnyomása kis mértékben emelkedik a szél sebességével. A szél hangja a fák és élő sövények mellett, épületek körül és a helyi terepen átfújva ugyancsak növekszik a szélesebbeséggel, de rendszerint nagyobb mértékben, és így gyakran elnyomja a turbina hangját.

Egyes ellenzők a szélturbinák káros zajhatását az infrahang-tartományba teszik. A szélerőművek kétségkívül kibocsátanak infrahangot. A turbinák mérési értékei mutatják, hogy ezek frekvenciája túl alacsony ahhoz, hogy az emberek érzékelhessék.

A szélerőművek közelében eddigi elvégzett infrahangvizsgálatok szerint a keletkező szintértékek olyan alacsonyak, hogy az emberi szervezetre nem gyakorolnak semmiféle káros hatást, nem érzékelhető a hatásuk. A mai ismeretek alapján nem indulhatunk ki az infrahang rejtett hatásából, de az egészség veszélyeztetéséből sem. Ezt különböző kísérletek alátámasztották. A mai szélparkok tervezésénél általában 1,5 MW gépeket legalább 400 m távolságra építik a lakott területtől.

#### *Hulladékgazdálkodás*

A tervezett létesítmények telepítése, működése, illetve felhagyása miatt várható hulladék-kibocsátások minimálisak. A veszélyesnek minősülő hulladékokat (olajos készülékek és anyagok) ellenőrzött módon kezelik. Az építéssel megbízott alvállalkozó cég a munkaterületen gondoskodik a különböző hulladékok fajta szerinti, szelektív gyűjtéséről (ennek előfeltétele a célnak megfelelő hulladékgyűjtő edényzet biztosítása) és ártalmatlanításáról. Az összegyűjtött hulladékot a munka végeztével a területről elszállítják, hulladék a helyszínen nem marad. A veszélyes hulladékokat az erre szakosodott telepre szállítják, ahol a cég más helyekről származó azonos hulladékaival együtt gondoskodik további sorsukról. A felhagyás időszakában keletkező hulladékokat az akkor érvényben lévő előírásoknak megfelelően kell majd

kezelni. A hulladékgazdálkodás tervezett módja esetén a környezet védendő elemeire helyszíni és a vizsgált területen kívüli hatások nem várhatók.

### SZÉLERŐMŰVEK TERVEZÉSÉNEK TÁJ- ÉS TERMÉSZETVÉDELMI KÉRDÉSEI

#### *Az élővilágot érő hatások, ökológia*

A szélerőművek élővilágra gyakorolt hatásainak elemzése során, elsősorban az állatvilágra, kitüntetett figyelemmel a madarakra, illetve a denevérekre gyakorolt hatásokat vizsgálják.

A szélerőművek okozta madárpusztulások két okra vezethetők vissza: a madarak nem érzékelik a forgó lapátokat, és sérüléseket szenvednek azáltal, hogy nekirepülnek, illetve a vonuló madarakat vonzzák a szélturbinák fényei, megzavarodnak, ha kimerültek, vagy egyéb okból a szerkezetnek ütköznek (Kingsley – Whitam, 2001). Bár a madárpusztulásokra terjed ki a legnagyobb figyelem a szélerőművekkel összefüggésben, talán ugyanolyan fontosságú a szélparkok zavaró hatása, melyet a fészkelő, tartózkodó vagy teledő madarakra gyakorolnak. Számos vizsgálat igazolja, hogy a legtöbb vonuló és teledő madárfaj megváltoztatja a vonulási útvonalaikat, hogy elkerülje a széltornyokat (Howell, 1992; Howell – Noone, 1992; Orloff – Flannery, 1992; Danish Wind Industry Association, 1998; Winkelman, 1994). Frank Bergen (2001) az átvonuló madarak tanulmányozásakor szinte kizárólag énekesmadarakat (Passeriformes) regisztrált. A leggyakoribb viselkedésforma a horizontális kerülési tevékenység volt. Amennyiben a széltornyok 300 méternél távolabb helyezkedtek el egymástól, általában nem lehetett a vonuló énekesek tevékenységében változást regisztrálni.

Hans Wurm és Hans Peter Kollar (2002) a Zumdorfi Szélpark hatásait vizsgálta, különös tekintettel a tűzok (*Otis tarda*) helyi populációjára. Véggkövetkeztetései szerint

a tűzok számára élőhelyvesztéget okozott a szélpark létesítése, mely hatás potenciális fészkelőhely-csökkenésben és táplálkozási terület-csökkenésben mutatkozik meg. Az élőhelyvesztés nemcsak a szélerőművek területére terjed ki, hanem egy ettől mindenképpen nagyobb területre, mert a tűzokok minimálisan 600 m távolságot tartanak a széltornyoktól. Feltételezhetően élőhelyfejlesztésekkel, megfelelő élőhely-gazdálkodással a kedvezőtlen hatásokat jelentősen csökkenteni lehet. A költési és fiókanevelési sikeresség tekintetében nem lehetett szignifikáns csökkenést kimutatni a szélerőművek hatásaként, sőt a 2000. évben különösen sikeresek voltak a költések.

A denevérek pusztulását elemezte Steve Ugoretz (2001). Megállapítható, hogy azokon a helyeken történhetnek denevérellullások a szélerőművek következtében, ahol ezen repülő emlősöknek téli gyülekezőhelyei, telelőbarlangjai vannak.

A külföldi esettanulmányok alapján megállapítható, hogy szélerőművek, szélparkok telepítési helyének megválasztásakor lényeges szempont, hogy azok ne essenek nagy forgalmú madárvonulási útvonalakra, nagy biodiverzitással rendelkező (védett vagy NATURA 2000-es) területekre.

Mivel a szélparkok általában mezőgazdasági művelés alatt álló területen épülnek föl, ezért a környező természetes élőhelyek nem sérülnek. Üzemeltetésük nem okozza élőhelyek megszűnését, illetve felszabdálását (mint az autópályák esetében). Kellő odafigyelés hiányában azonban adódhatnak problémák. Radarvizsgálatok azt mutatják, hogy a madarak időben észlelik a szélerőműveket (éjszaka is), és ennek megfelelően kikerülnek azokat. Fő vonulási útvonalak útjába telepített szélerőműveknél azonban elvétve előfordulnak ütközések is. Az ilyen esetek elkerülése végett a tervezés folyamán mindenképpen figyelembe kell venni a madarak vonulási útvonalaival vo-

natkozó információkat is. A szélérőművek által madarakra jelentett veszély mértéke más veszélyforrásokkal összehasonlítva elenyészően alacsonynak bizonyul. Az eddigi hazai tapasztalatok alapján kijelenthető, hogy a madarak nem közelítik meg a szélérőművek lapátjait.

A szélpark üzemeltetésekor, karbantartásakor törekszenek arra, hogy a munkák ütemezését egyeztessék a helyi környezetvédelmi hatósággal, és igen körültekintően járnak el, hogy minél kisebb mértékben zavarják meg a természet nyugalmát. A taposási és a zöldkárok csökkentése érdekében az ilyen károkkal járó munkálatok elvégzését lehetőleg a vegetációs időszakot követő időszakokra tervezik. Tehát nem változik meg az adott terület flórája és faunája.

#### *Telepítési környezet*

A Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium Természetvédelmi Hivatala 2003-ban a Nemzeti Park Igazgatóságok bevonásával a szélparkok környezetvédelmi engedélyezési eljárásban alkalmazható szakmai követelményekről készített szakanyagot. A szélérőművek létesítésével kapcsolatos táj- és természetvédelmi szempontrendszer tájékoztatásul a miniszteri értekezlet elé terjesztették. Az előterjesztés azokat a táj-, természetvédelmi keretfeltételeket tartalmazza, amelyeket a szélérőművek tervezésekor, elhelyezésekor célszerű figyelembe venni. A szélérőművek optimális hely kiválasztásához, a tájban és az ökológiai rendszerekben várható kedvezőtlen hatások minimalizálásához szükséges összetett szempontrendszer összeállítására volt a cél.

A tájékoztató szerint szélérőmű telepítése nem javasolt: ökológiai hálózat területein, védett természeti területeken; vadon élő állatfajok élő-, táplálkozó- és fészkelőhelyén, vonulási útvonalain és azok közelében; védett növényfajok, növénytársulások élőhelyein; nemzetközi szerződés hatálya

alá tartozó területeken (Ramsari Egyezmény, Natura 2000, Bioszféra Rezervátum); tájvédelmi szempontból értékes védett épületek, építmények közelében; egyedi tájértékekhez tartozó területeken; kiemelkedő jelentőségű tájképi értékekkel rendelkező területeken vagy tájképvédelmi övezetekben; érzékeny természeti területeken.

A szélparkok telepítésénél figyelembe veendő a lakott területek közelsége. A beruházonak még a projekt kezdeti fázisában részletesen tájékoztatnia kell a lakosságot. A tervezett létesítmény és a megközelítési útvonal forgalma nem veszélyezteti a vele kapcsolatba kerülő környezeti elemeket, nem okoz káros zaj-, illetve rezgésterhelést.

A szélparkot a legközelebbi lakott területtől több 100 méterre kell építeni, hogy a zajhatás mértéke is csak töredéke legyen az emberre vonatkozó határértéknek. A szélturninák esteleges zavaró villódzása a környezetbe illő, matt festett felülettel megoldható, az árnyékhatás nem zavaró, mivel lakott területet és egyéb létesítményt nem zavar.

Az emberéletet veszélyeztető tényezők, (mint például az oszlop – eléggé valószínűtlen – dőlése, vagy téli időjárási viszonyok illetve ónos eső kialakulása idején a lapátokon képződő jégdarabok leválása (lapátok fűtésével megakadályozható a jégképződés), ill. egyéb esetlegesen lehulló tárgyak minimalizálása, vagyis a biztonság maximalizálása elsőrendű szempont a szélérőművek tervezése során.

Telepítéskor a kivitelezés minőségét szigorúan ellenőrzik, az üzemelés során pedig folyamatos ellenőrzést és karbantartást kell megvalósítani (általában a gyártók végzik).

A szélturninák forgórészeinek kialakítása műszaki biztonsági előírásoknak megfelelően, a lapátok szilárdságilag többszörös biztonsággal tervezettek. A berendezések maximum 25 m/s-os szélsősebesség esetén leállnak. A szélérőműveket úgy tervezik és kivitelezik, hogy 60-65 m/s (210-234 km/h) szélsősebességű vihar elviselésére is alkalmasak.

A településtől a megfelelő távolságra telepítve a szélturbinákat, a lakosság is biztonságban van, ha valamilyen meghibásodásra kerülne sor. Az ilyen természeti eredetű károk ellen véd egyrészt a szállító garanciája, másrészt a gépekre kötött biztosítás. Társadalmi szempontból egy ilyen katasztrófa hatásai messze elmaradnak egy atomerőműben (Paks) vagy akár egy olajfinomítóban bekövetkező katasztrófához képest.

A tervezett szélpark megépítése, működése, majd távlati felhagyása nem jár a települési környezetre károsító hatással.

### *Tájtervezés, területfejlesztés*

A tájkép megváltoztatása az egyik legérzékenyebb kérdés a szélparkok telepítése esetén. Erre hazai gyakorlat, tapasztalat nincsen. Talán ez a legnehezebben elfogadható környezeti hatás a természetet szeretőkre, de nemcsak a közelben, hanem szerte az országban, Nemzeti parkok, tájvédelmi körzetek területein is a villamos energiát is közel azonos magasságú acélszerkezeti oszlopokon szállítják. Legszebb hegyeink tetején rádióadókat helyeznek el. Itt mindenképp többszöri konzultációra van szükség, és a jövőbeli egészségesebb környezetünk érdekében kompromisszumot kell kötni. A gépkiosztás tervezésénél a minél kevésbé zavaró elrendezést vesszük számításba.

A szélparkoknak szabad területen kell lenniük ahhoz, hogy kereskedelmileg életképesek legyenek. Ezért jól láthatóak. Sok ember a tiszta energiát üdvözlő szimbólumként szemléli őket, míg mások a tájkép barátságtalan kiegészítőinek tartják őket.

A szélerőenergia szélesebb értelemben vett környezeti előnyeinek értelmezése olyan tendenciát mutat, hogy javul a lakosság reakciója a szélfarmok megépítésében. Az ipar jelentős erőfeszítéseket tett azért, hogy a kifejlesztett eszközöket beleillessze a tájképbe. Számítógépes fotomontázsok, animációk és még a tájon keresztülrepülések is a

vizuális hatás feltérképezett zónáival együtt objektív előrejelzéseket adnak az objektum megjelenéséről.

Jól dokumentált, hogy a szélfarmok látogatóinak túlnyomó többsége kellemes benyomást szerez. Véletlenszerű megkérdezésen alapuló független vélemények megerősítették, hogy néhány helyi lakos féltelme a tervezési szakaszban túlnyomórészt átcsapott támogatásba a felszerelés után. A többi európai ország felmérései igen hasonló támogatottságot jeleznek.

A szélerőművek telepítésének a tájképre gyakorolt hatása a legszembetűnőbb. Mivel a tornyok akár 65-105 m magasak, a lapátkerék-átmérők pedig 44-90 méteresek is lehetnek. A szélturbinák egyértelműen a táj meghatározó, messziről látható elemeivé válnak. Ennek megfelelően az évek során a gyártók arra törekedtek, hogy a tornyok látványa minél kevésbé legyen zavaró. A legújabb szélerőműtípusok formatervezésénél fontos a harmónia, így előtérbe kerültek a lekerekített formák és a tájba illeszkedést elősegítő festés.

A tájképre gyakorolt hatás megítélése személyenként nagyon változó (esetenként pedig nem sok köze van a turbinákhoz). Nyugat-európai tapasztalatok azt mutatják, hogy a szélturbinák közelében élő közösségek megszokták ezeket, nem találják zavarónak jelenlétüket. Sokat számít az is, hogy a szélerőművek sora mennyire illeszkedik a táj természetes földrajzi adottságaihoz, ritmusa felé. Az ökológiai viszonyokban a már fentebb említett, madarakkal kapcsolatos hatásokon kívül nem várhatóak változások.

### ÖSSZEFOGLALÁS

Az eddig elvégzett vizsgálatok alapján biztonságosan megállapítható, hogy a szélerőmű nem veszélyezteti a vele kapcsolatba kerülő környezeti elemeket (a levegőt, a talaj- és felszíni vizeket, a talajt), nem okoz káros zaj-, illetve rezgésterhelést.



Napjainkban több helyszínen végeznek energetikai célú szélmérést és szélenergetikai modellezést, amelyek biztatják arra vonatkozóan, hogy nemcsak egyedülálló berendezések, hanem szélparkok is megvalósíthatók, így több szélpark tervezése és engedélyeztetése van folyamatban.

A projektek indítása előtt a szélenergetikai adottságok mellett figyelembe kell venni a környezeti hatásokat is, konzultálni kell a szakhatóságokkal, illetve egyeztetni kell a

hálózati csatlakozás feltételeit a fejlesztési lehetőségekkel és irányzatokkal.

Figyelembe véve az eddigi hazai és külföldi tapasztalatokat, a jövőben az ilyen típusú projekteket körültekintőbben, részletesebben kell tervezni, hogy ne ütközzenek a természetvédelmi hatóságok és a lakosság ellenállásába.

Kulcsszavak: *szélenergia, környezetvédelem, környezeti hatások*

#### IRODALOM

- Bergen, Frank (2001): *Untersuchungen zum Einfluss der Errichtung und des Betriebs von Windenergieanlagen auf Vögel im Binnenland*. Doktori kézirat, Bochum
- Danish Wind Industry Association (www.windpower.org): *Birds and Wind Turbines*
- Horváth Gábor (2004): *A szélenergia lehetőségeinek feltárása*. Tanulmány a VÁTI Magyar Regionális Fejlesztési és Urbanisztikai Közhasznú Társaság természet- és tájvédelmi koncepciójához a szélparkok elhelyezésének területi vonatkozásairól a Természetvédelmi Hivatal részére.
- Horváth Gábor – Jánoska F. (2005): *Előzetes környezeti hatástanulmány – Bányászati szélpark*.
- Horváth Gábor (2004): Szélparkok tervezése természetvédelmi és energetikai szempontok alapján. Elektrotechnika. november.
- Horváth Gábor (2005): Környezetvédelmi szempontok a szélerőművek telepítése során. Mémők Újság, március.
- Howell, Judd A. 1992: *Summary of Site Differences between Montezuma Hills and Altamont Pass*. U. S. Windpower, Inc., Livermore, California
- Howell, Judd A. – Noone, Jennifer (1992): *Examination of Avian Use and Mortality at a U. S. Windpower*
- Wind Energy Development Site, Solano County, California. Final Report to Solano County Department of Environmental Management, Fairfield, California.*
- Kingsley, Andrea – Whittam, Becky (2001): *Potential Impacts of Wind Turbines on Birds at North Cape, Prince Edward Island. A Report for the Prince Edward Island Energy Corporation*. Bird Studies Canada.
- Orloff, Susan – Flannery, Anne (1992): *Wind Turbine Effects on Avian Activity, Habitat Use and Mortality in Altamont Pass and Solano County Wind Resource Areas, 1989-1991*. Prepared by BioSystems Analysis, Inc. for the California Energy Commission, Sacramento, California
- Ugoretz, Steve (2001): *Bat Collision with Wind Energy Structures*. National Avian-Wind Power Planning Meeting IV.
- Winkelman, Jan E. (1994): Bird/wind Turbine Investigations in Europe. In: *Proceedings of the National Avian-Wind Power Planning Meeting*. Lakewood, Colorado
- Wurm, Hans – Kollar, Hans Peter (2002): *Auswirkungen des Windparks Zumdorf auf die Population der Grosstrappe (Otis tarda L.) auf der Parndorfer Platte*.

