

Uwe Hallenga

A SZÉLENERGIA HASZNOSÍTÁSA

A könyv eredeti címe: Wind: Strom für Haus und Hof:
Bauanleitung mit Konstruktionszeichnungen

Szerző: Uwe Hallenga

A magyar kiadás az ökobuch Verlag (Staufen bei Freiburg, Németország)
engedélyével, az eredeti könyv 8. kiadásából készült

Fordította: Dr. Szüle Dénes

Lektorálta: Ferenczi Ödön

© Hungarian translation: Szüle Dénes és a CSER Kiadó, 2004

© ökobuch Verlag, 2001

Minden jog fenntartva.

Jelen könyvet, ill. annak részeit tilos reprodukálni, adatrögzítő rendszerben tárolni, bármilyen formában vagy eszközzel – elektronikus, mechanikus, fényképezési úton vagy más módon – közölni a kiadó engedélye nélkül.

A közölt hirdetések anyagáért a hirdető cégek felelnek.

ISBN 963 9560 08 1

Kiadja a CSER Kiadó

Felelős kiadó: a kiadó vezetője

1114 Budapest, Károli Gáspár tér 3.; Telefon: 386-9019, 209-2982

Telefon/Fax: 385-6684; E-mail: cser@chello.hu; Honlap: www.cserkiado.hu

Tördelés, nyomdai előkészítés: Pető Erzsébet

Borítógrafika és képfeldolgozás: Vörös András

Nyomta és kötötte: Széchenyi Nyomda, Győr

Felelős nyomdavezető: Nemere Zsolt ügyvezető igazgató

Tartalom

1. Hogyan elkezdődött...	5
2. A szél	10
A szél keletkezése	10
A szél teljesítőképessége	11
Hol célszerű a szélkereket felállítani?	14
A szélkerekek fejlődése	16
A szélerőművek teljesítménye	21
3. Az ELWI 2 berendezés kialakítása és műszaki megoldásai	23
Felállítási hely	23
Generátorok	25
Szabályozó	26
Szélnyomáskapcsoló	27
Vihar elleni védelem és vészfék	27
Költségek	29
4. Az ELWI 2 típus megépítésének menete	34
Az árboc	35
A forgórész (légcsavar)	40
A forgórészfej	48
A hajtómű	56
A szélirányjelző	56
A forgórészfej felszerelése	59
5. A villamos berendezések	61
A villamos bekötés	61
Akkumulátorok	62
Fogyasztók	63
Villanszerelési munkák	65
Kábelek	66
Kapcsolók és biztosítók	66
6. Darabjegyzék az ELWI 2 típusú szélerőműhöz	68
7. Bemutkozik az Eurowind Hungary Kft.	72
8. Villám- és túlfeszültségvédelem	82
További, javasolt irodalom	86

Köszönetnyilvánítás

Mindenekelőtt *Ulrich Stampa* szerzőnek szeretném megköszönni, hogy megírta „Wind: Strom für das Haus” (Házi szélenergia) című könyvét. Barátkcsolásom és próbálkozásaim során gyakran kaptam ösztönzést és segítséget ettől a könyvtől. Köszönetet mondok azért a szíves hozzájárulásáért is, amellyel lehetővé tette, hogy a rajzok egy részét (egyes esetekben módosításokkal) a jelen könyvbe átvegyem.

Őszintén köszönöm *Wolfgang Bredow* ötleteit, szélkerekes kísérleteimhez, valamint a könyvben közölt leírásokhoz nyújtott segítségét.

Meg kell még említenem mindazokat, akikről tanácsot vagy gyakorlati segítséget kaptam, különösen a Nordhorn-Brandleucht-i Feldkamp lakatosüzemet, Grosser urat Meppen-ből, Flucht urat Schüttorf-ből, továbbá Hardyt és Renátét, Sybillét, Hillét, Dietmart és Áchimot.

Szerző

Gyártmányaikat, szolgáltatásaikat kínálják a következő cégek:

Accusealed Kft.

22. oldal

1158 Budapest, Késmárk utca 14.

Tel.: 417-3449, 417-3469; Tel./Fax: 417-3449

B-S Energia Tervező és Beruházó Kft.

32., 33. oldal

1092 Budapest, Ráday u. 23.

Honlap: www.windprojects.hungary.com; E-mail: b.s.energia@axelero.hu

Dehn + Söhne Magyarországi Cégképviselet

82-85. oldal

2040 Budaörs, Bimbó u. 9.

Tel.: 23/500-802; Fax: 23/500-803; Mobil: 30/914-4700

E-mail: dehn@axelero.hu

Eurowind Kft.

72-81. oldal

1094 Budapest, Angyal u. 1-3.; Tel.: 215-1259, 218-5555; Fax: 455-3643

E-mail: eurowind@eurowind.hu; Honlap: www.eurowind.hu

Szakkönyvtáruhá

67. oldal

1065 Budapest, Nagymező u. 43. Tel./Fax: 373-0500, 373-0501

E-mail: musaki.konyvaruhaz@lira.hu

1. Ahogyan elkezdődött...

Jó néhány éve már annak, hogy konkrétan foglalkozni kezdtem az energia-politikával és annak következményeivel; *meséli a szerző*. Végiggondoltam a hagyományos energiatermelés okozta környezetszennyezéseket és felmerült bennem a kérdés, miképpen lehetne a megújuló energiaforrásokat hasznosítani. Akkori lakóhelyemen semmi esélyét nem láttam annak, hogy a háztartásunkhoz szükséges elektromos energiát szélenergiából állítsuk elő. Az áramtermelés céljára napelemes berendezést vásároltunk, amellyel áramszükségletünk egyre nagyobb hányadát tudtuk fedezni. A napelemes berendezés sajnos csak nappal termel energiát, és annál többet, minél intenzívebb a napsugárzás.

Ez azt jelentette, hogy a nyári hónapokban általában megfelelő mennyiségben állt rendelkezésre áram, a hűvösebb félévben viszont túl kevés volt belőle. A téli szűk keresztmetszet megszüntetésére célszerű volt az áramtermelő berendezés kibővítése.

Miközben ennek megvalósítható, ill. megfizethető megoldását kerestük, kiderült, hogy nem még több napelemet érdemes vásárolni, hanem a szélenergiával kellene próbálkozni.

Első időben az elméleti számítások helyett kísérletezni kezdtünk. Hosszú ideig a „próbálkozás, kudarc – új próbálkozás” töltötte ki a napjainkat.

Tekintettel arra, hogy a szélerőről semmiféle tapasztalattal nem rendelkeztem, a dologgal nagyon kicsiben kezdtem el foglalkozni. Az első szélkerék forgórészének átmérője mindössze 15 cm volt, és elég erős szélben csupán 0,5 watt teljesítményt szolgáltatott. Az első kísérletekben sokat segített Christian Kuhtz „Windkraft – ganz einfach” (Ilyen egyszerű a szélenergia) c. kötete, amely a német „Einfälle statt Abfälle” (Hasznos ötletek) sorozatban jelent meg.

Ennek a szélkeréknek öröm volt a megépítése, és igazi élvezet volt annak már a látványa is, hogy a szélkerék már a legkisebb szélben forogni kezdett és áramot termelt. Voltak persze olyan esetek is, hogy a viharos szél az árbocfeszítő nejlankötelet vészesen megnyújtotta. Másrésztől viszont lenyűgöző volt, hogy a természet mekkora erővel tudja ráncigálni a kis építményt.



1. ábra. 1 m átmérőjű, kicsi de hasznos szélkerék

A következő keréknek az átmérője már 1,80 m volt. Ez a szélkerék csaknem teljesen fából készült, a védőházat is beleértve, amely a generátort szél, víz és jégverés ellen védte. A vihar elleni védelem megoldását egy későbbi fejezetben még részletesen ismertetjük.



2. ábra. 1,8 m átmérőjű szélkerék (Tervezte: *Christian Kuhtz*)

A szél alig egy év alatt nemcsak a csuklót koptatta teljesen ki, hanem a forgórészen is komoly kárt okozott. Ezen túlmenően a forgórész golyóscsapágyai szinte teljesen kiverődtek. A szerkezetet folyamatosan javítani kellett. A szél újra megmutatta, mennyire nehéz a természettől valamit kicsikarni.

A forgórész (rotor, légcsavar) minimális gyártási méreteltérései vagy kiegyensúlyozatlansága kis fordulatszámokon szinte észre sem vehető, erősebb szélben és 1000 1/min-nél nagyobb fordulatszámokon már komoly károkat okozhat, ugyanis a 2,2 m átmérőjű járókerék lapátjainak végén a sebesség több mint 400 km/h.

Az eltelt idő alatt bebizonyosodott, hogy – bár a szélkerék a kis település házai és magas fái között állt –, a háztartás áramszükségletének nem elhanyagolható részét fedezni tudta. A napelemes áramtermelő berendezés és a szélkerék együttesen képes volt arra, hogy a ház komplett világítását, a hűtőszekrényt, feszültségátalakítón (inverteren) át pedig a számítógépet, a hifi-tornyot is árammal lássa el. Elvileg akár a házi műhelyben lévő barkácsgépek egy részét is üzemeltethettük volna, erre azonban a feszültségváltó (DC-AC inverter) teljesítménye nem volt elegendő.

Hamarosan hozzáláttunk a következő, nagyobb, főleg azonban hosszabb élettartamra szánt szélkerék megépítéséhez.

Úgy tűnt, hogy az „ELWI 1” típus megfelel az elképzeléseiknek.

A szerző az ELWI 1 típus építése során rájött több olyan részletre, amelyek tökéletesítésre szorultak volna. De a szélkerék apró hibákkal sokáig működött egy kis hegy tetején és ott igen jó szolgálatot tett, egyik akkumulátort a másik után töltötte fel.

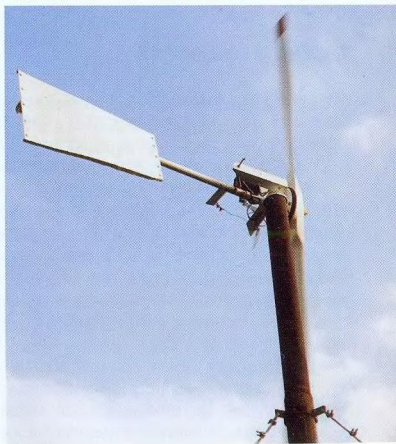
Nyilván a sok kis csalódás okozta, hogy már az ELWI 1 készítése közben körvonalazódott egy módosított berendezés koncepciója és ezzel együtt egy új szélkerék ötlete.



3. ábra. A teutoburgi erdőben felállított kísérleti szélkerekek



4. ábra. A szerző ELWI 1 típusú „szélerőműje” (Fotó: W. Bredow)



5. ábra. A szerző ELWI 2 típusú berendezése

2. A szél

A szerző meséli: „Amikor néhány évvel ezelőtt első szélkerekes kísérleteimet elkezdtem, nem nagyon gondoltam arra, milyen hatalmas természeti erővel kezdek ki. Az első próbálkozásaim során szerzett fájdalmas tapasztalatok azonban megtanítottak arra, mennyire fontos, hogy a szélenergianak és hasznosításának legalább a legalapvetőbb összefüggéseivel tisztában legyünk.”

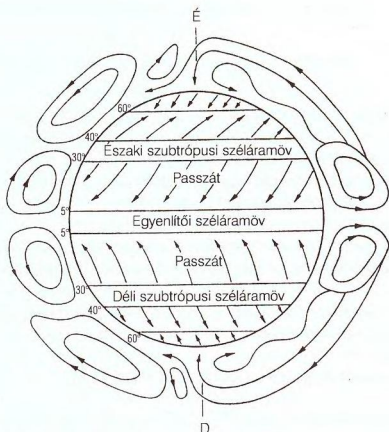
A következőkben csupán a szél néhány olyan sajátosságát és kedvetlen tulajdonságát szeretnénk bemutatni, amelyek a szélkerék működése szempontjából fontosak. Akit a téma bővebben is érdekel, a jelen könyv végén megadott irodalomjegyzékben megtalálhatja a megfelelő német nyelvű szakkönyveket.

A szél keletkezése

Nincs még egy energiaforrás, amely annyira mindenütt jelen lévően és bőségesen állna rendelkezésre, mint a szél. Beláthatatlan ideig, szinte korlátlan mennyiségben jelen van, és az emberek hasznára lehet. Ugyanakkor a szél a legszeszélyesebb, legnehezebben kiszámítható energiaforrás is.

Mint minden földi életnek, a szélnek is a Nap a forrása. A Naptól érkező hősugárzás különböző mértékben felmelegíti a Föld felszínét, ennek következtében a felszín feletti levegőrétegek is felmelegsznek. A felmelegedett levegő felszáll és helyet ad a helyére beáramló hidegebb levegőnek. Ha a jelenséget nagy összefüggéseiben szemléljük, azt mondhatjuk, hogy a levegő a nyomásának a napsugárzás hatására keletkezett eltéréseit a légkörben mindig igyekszik kiegyenlíteni. A levegőtömegnek a kiegyenlítőds során létrejövő mozgását nevezzük szélnek.

A szél mozgása a földfelszín közelében nem egyenletes, ami a szélkerék optimális működése szempontjából kívánatos lenne. Az egyenletes áramlást hegyek, dombok, fák, bokrok és házak akadályozzák és fékezik. Míg a hegyek és a dombok, valamint a helyszín magassága a hasznosítható szélese-



6. ábra. Széláramok keletkezése a Földön

bességet előnyösen befolyásolják, addig a fák és a házak a talaj menti levegőrétegekben gyakran szellőkéseket és örvényeket idéznek elő, ami a szélenergia hasznosítása szempontjából kifejezetten hátrányos.

A szél teljesítőképessége

A szélenergia hasznosításának legnagyobb problémája, amely minden szakembernek a legnagyobb kihívást jelenti, a szél teljesítőképességének az ingadozása. A teljesítőképességet egy adott felületen meghatározott idő alatt átáramló levegő tömegéből és sebességéből lehet kiszámítani:

- P a szél teljesítőképessége, watt
- A a szél átáramlásának kitett felület, m^2
- v szélsebesség, m/s
- ρ a levegő sűrűsége, $1,293 \text{ kg}/m^3$.

Ezekből az adatokból kiszámítható a levegőáramlás energiataralma:

$$P = \frac{1}{2} \rho A v^3$$

Az ELWI 2 szerkezet adataival:

a forgórész átmérője 2,2 m, ezzel

a forgórész felülete, $A = 3,8 \text{ m}^2$

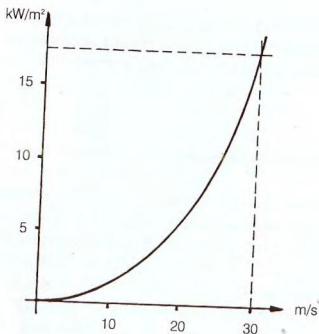
a megindításhoz szükséges szélesség $v_1 = 3 \text{ m/s}$

$$P = 0,5 \cdot 1,293 \cdot 3,8 \cdot 3^3 = 66,33 \text{ watt.}$$

Egy 3 m/s sebességű szél teljesítőképessége tehát a forgórész felületére vonatkoztatva 66,33 watt. A szélkerekek azonban, méretüktől függetlenül, még a $v_2 = 30 \text{ m/s}$ sebességű, viharos szeleket is minden károsodás nélkül kibírják. 10-szeres szélesség esetén a szél teljesítőképessége a fenti képletnek megfelelően az 1000 ($= 10^3$)-szeresére növekszik. Az ELWI 2 típus esetében tehát

$$P = 0,5 \cdot 1,293 \cdot 3,8 \cdot 30^3 = 66331 \text{ watt} = 66,33 \text{ kW.}$$

Ez a kis számítás jól mutatja, hogy vihar esetén milyen nagy erők hatnak a szélkerékre és ez mekkora követelményeket támaszt annak konstrukciójával és megbízható kivitelezésével szemben.



7. ábra. A mozgó levegő teljesítőképessége 1 m^2 áramlásnak kitétt felületen

1. táblázat. A Beaufort-féle szélerősségskála

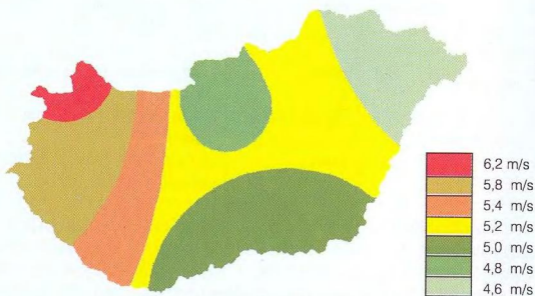
Szélerősségi osztály	Sebesség m/s	Megnevezés	Látható jelenségek
0	0...0,2	teljes szélcsend	a füst egyenesen száll fel
1	0,3...1,5	alig érezhető szellő	a füst jelzi a szél irányát
2	1,6...3,3	könnyű szellő	a fák leveleit megmozgatja, arcunkon érezhető
3	3,4...5,4	gyenge szél	a levelek és a vékony ágak mozognak
4	5,5...7,9	mérsékelt szél	felkavarja a port, felemeli a papírdarabokat
5	8,0...10,7	élénk szél	a kisebb fák hajladozni kezdenek, a tavakon tarajos hullámok képződnek
6	10,8...13,8	erős szél	az erősebb ágakat is megmozgatja, az esernyőt nehéz használni
7	13,9...17,1	igen erős szél	egész fatörzseket meghajlít, a járást érezhetően gátolja
8	17,2...20,7	viharos szél	fák ágait letöri, a járást jelentősen akadályozza
9	20,8...24,4	vihar	a fákon kisebb károkat okoz, a tetőcserepet lehordja
10	24,5...28,4	szélvész	a fákat gyökerestől kitépi, a házakon súlyos károkat okoz
11	28,5...32,6	orkánszerű szélvihar	jelentős viharkárokat, a szárazföldön nagyon ritka
12	32,7...36,9	orkán	igen súlyos pusztítások, a szárazföldön gyakorlatilag nem fordul elő

A szélviszonyokról jó áttekintést ad a Beaufort-féle szélerősségskála. Az 1. táblázatban a szélerősség-osztályok és a hozzájuk tartozó szélesebbségek mellett a szél által okozott természeti jelenségeket is megadtuk. A táblázat segítségével, némi gyakorlat birtokában bárki egyszerű megfigyeléssel jó becslést adhat a szél sebességének mértékére. Ez még akkor is jó szolgálatot tehet, ha a becslések óhatatlanul pontatlanok.

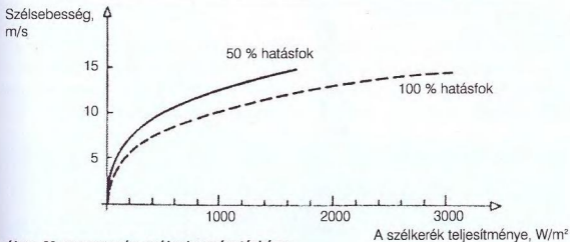
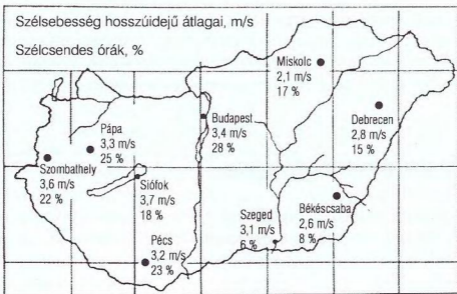
Hol célszerű a szélkereket felállítani?

Nagyon fontos, hogy szélérőművünk felállításának helyét megfelelően válasszuk ki, mert a forgórészt lehetőleg a házak és fák zavaró hatásától mentesen kell a szélnek elérnie. Amikor a berendezést tervezzük, és ennek során ki akarjuk számítani a várható energianyereséget, tudnunk kell, hogy az adott helyen, éves átlagban milyen szélesebességekre számíthatunk. Minden országban a meteorológiai megfigyelőállomások már sok éve végeznek erre vonatkozó méréseket. Az eredményeket szélesebesség-térképen ábrázolják (8. és 9. ábra). Ebből nagyon durván következtetni lehet a 10 m magasságban éves átlagban várható szélesebességre. Egy adott helyre vonatkozó, pontosabb adatokat a körzet meteorológiai állomásától (vagy repülőtértől) lehet megtudakolni.

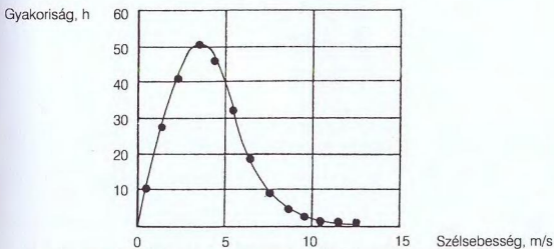
Általában azt tartják, hogy a szélenergia hasznosításával csak ott érdemes foglalkozni, ahol a szélesebesség éves átlaga a 3...4 m/s értéket meghaladja. A szerzőnek kicsit más a véleménye. A szélesebesség-térkép ugyanis az éves átlagoknak megfelelő eloszlást tünteti fel, a legnagyobb áramszükséglet viszont a tavaszi, őszi és téli hónapokban jelentkezik, a szél erőssége pedig éppen ebben az időszakban lényegesen nagyobb, mint amit az éves átlag mutat.



8. ábra. A szélesebesség eloszlása Magyarországon. A széltérkép az éves sebesség-átlagokat és a szélcsendes órák valószínű százalékait mutatja



9. ábra. Magyarország szélesebbesség-térképe



10. ábra. Példa a különböző szélesebbességek időbeni eloszlására

Az éves hasznosítás egy szélben szegény területen ugyan bizonyára kisebb lesz, és a gazdaságossági számítás talán kedvezőtlen eredményt ad, de még egy előnytelen helyszínen felállított szélkerék is képes arra, hogy szerény mértékben hozzájáruljon az energiaigények fedezéséhez.

A szélkerekek fejlődése

A szél erejének hasznosítására irányuló első kísérletek már nagyon régre tekintenek vissza. Perzsiában 4000 évesre becsült szélmalmok maradványaira bukkantak. Ebből viszont arra következtethetünk, hogy a szelet még ennél



11. ábra. Böse gazda saját készítésű szélkereke Pápsenben

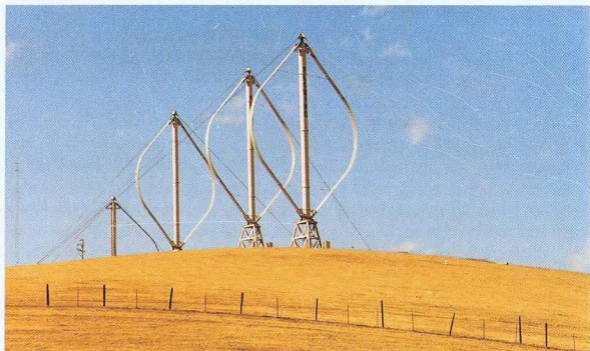
is régebben megpróbálták hasznosítani. A szélmalomokat a 19. század végéig Európában is széles körben használták. 1850 körül Európában közel 200 000 szélmalom működött, ebből 20 000 Németországban. Szorosan hozzátartoztak a táj képéhez, és gabona őrlésére vagy víz szivattyúzására használva jelentős gazdasági szerepük volt.

Miközben a gabona őrlésére használt szélmalomokat a villamos hajtású malmok fokozatosan kiszorították, a huszadik század első éveiben megjelentek az első, áramtermelésre használt szélkerekek. Az áramot szolgáltató szélerőművek piaca kezdetben, elsősorban Amerikában és Németországban virágzásnak indult, azonban a 30-as években bevezetett energiapolitika hatására hamarosan hanyatlásnak indult és szinte teljesen el is halt. A háború utáni újjáépítés éveire jellemző alacsony olajárak nyomán a szélerőművek építésének kutatásával nem foglalkoztak tovább. Csak a környezeti ártalmak mind tudatosabb felismerése során ébredünk rá ismét a szélenergia jelentőségére.

A szélenergia hasznosításának utolsó háromezer éve során a szélkerekek számtalan alakját fejlesztették ki és készítették el. A nagy teljesítményű, tartós, egyben azonban könnyen megépíthető szélerőművek keresése közben nem egyszer furcsa szerkezetek is születtek. A sokféle próbálkozás



12. ábra. Szélkerékpark Kaliforniában



13. ábra. Darrieus-rotorok egy kaliforniai szélkerékparkban

eredményeképpen mindig azok a berendezések tudtak meggyökeresedni, amelyek a technika adott feltételei között a szélenergiát eredményesen hasznosították, ugyanakkor optimálisan be tudtak illeszkedni az energiát igénylő munkafolyamat (ez régebben elsősorban öntözés, illetve gabona és olajos magvak őrlése volt) technológiai rendjébe.

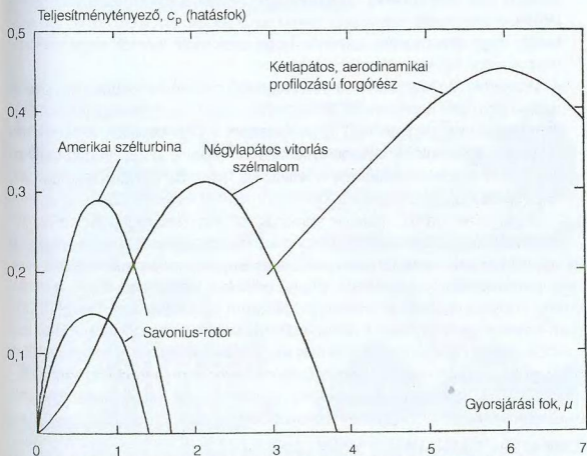
A legismertebb szélkeréknek minden bizonnyal az amerikai szélturbinák tekinthetők – ezek tulajdonképpen akár 20 fémlapátot is tartalmazó szélkerekek. Ezrével készültek és víz szivattyúzására, sokszor azonban áramtermelésre is használták őket.

A szélkerekek ma használatos konstrukcióit – a viszonyokat kissé leegyszerűsítve – két nagy csoportra lehet osztani:

- *Az első típusnak sok lapátja van és lassújárátú gépnek tekinthető.* Ezek, amerikai elnevezéssel farmer típusú kerekek, amelyek már 2 m/s szélsébségnél is működnek. A Magyarországon uralkodó kis szélsébség-átlagok miatt az ilyen – szélmalmokra hasonlító – lassú járású szélkerekek az előnyösek. A lapátok (rendszerint egyszerű, hajlított lemezek) nagy felületük révén nagy indítónyomaték érhető el, a fordulatszámok viszont kicsik. Az ilyen gépek kiválóan alkalmasak víz szállítására (szivattyúzásra) és egyéb, lassú fordulatszámot igénylő berendezések hajtására. Lassújárátú géppel kedvező körülmények között a szél energiájának akár 20...30 %-át is hasznosítani lehet.



14. ábra. A szerző első kísérletei egy „amerikai szélturbinával”



15. ábra. Különböző alakú szélkerekek hatásfoka a gyorsjárási fok függvényében

Áramtermelésre a lassújárátú gépek – éppen lassú forgásuk miatt – kevésbé alkalmasak, mert a villamos generátorok hajtására legalább 800...3000 1/min fordulatszámra van szükség. Ezeket a fordulatszámokat ugyan megfelelő gyorsítóáttelekkel is el lehetne érni, az erre irányuló próbálkozások azonban a nagy hajtóműveszteségek miatt nem hoztak kielégítő eredményt.

- *A berendezések másik típusának csupán kettő-négy, aerodinamikailag kialakított lapátja van, amelyek a motoros repülőgép légcsavarjához hasonlítanak. Ezeket gyorsjárátú gépeknek nevezzük. A lapátok kis felülete miatt indítónyomatékuk aránylag kicsiny, az ilyen gépek csak 2,5...3,5 m/s-nál nagyobb szélesebbeségeknél indulnak el. Ugyanakkor az aerodinamikai szempontok alapján kialakított lapátprofilok a szélenergiát nagyon jól hasznosítják és nagy fordulatszámokat érnek el, ami az áramtermelő generátorok hajtására ideális. A gyorsjárátú szélkerekek egyes típusaival nagyon kedvező körülmények között akár a szél energiájának 30...50 %-a is hasznosítható.*

Mivel a szél előfordulása „véletlenszerű”, ezért a folyamatos energiaellátáshoz megfelelő nagyságú tároló szükséges. A tároló lehet pl. víztartály vagy akkumulátor, aszerint, hogy azok vizet húznak vagy elektromos áramot állítanak elő.

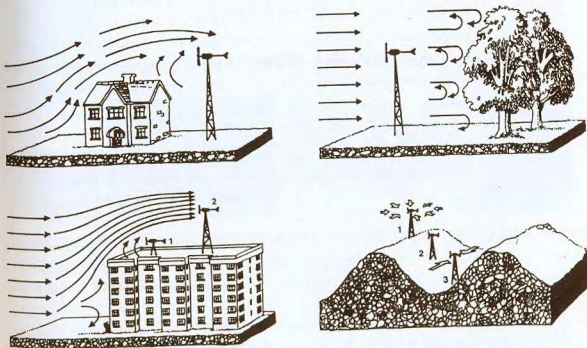
A szélkerék fordulatszáma annál nagyobb, minél kevesebb a lapátok száma és minél keskenyebb azok profilja, ezért ma még egylapátos (tömmör ellensúlyal kiegyenlített) forgórészekkel is kísérleteznek. A nehézkes indítással járó problémák könnyen áthidalhatók: a generátorokat olyan lassú, fokozatos terhelőáram-emelkedést biztosító egységgel látják el, hogy azok indításkor csak kis indítónyomatékot vegyenek fel.

A fentiek alapján nyilvánvaló, hogy esetünkben, a kb. 500 wattig terjedő kis teljesítmények tartományába eső áramtermelés céljára feltétlenül két- vagy háromlapátos, gyorsjárátú gépet célszerű választani. Ezek a szél-turbina megindulásakor a beépített töltőáram-szabályozóval (lassú töltőáram-emelkedés) közvetlenül akkumulátor töltésére használhatók. Célszerű továbbá ezeket napelemmodulokkal is kiegészíteni, hogy kiegyenlíthessük a rendszer szezonális változások miatti eltérő energiatermelését. Pl. szélcsendes időben, ha süt a nap, akkor csak a napelemmodul tölti az akkumulátort. Mivel egy kétlapátos forgórészt könnyebben és kisebb ráfordítással lehet megépíteni, mint egy háromlapátost, ezért a szerző az ELWI 2 berendezését is kétlapátos gépnek alakította ki.

A szélerőművek teljesítménye

Ahhoz, hogy a szélkerék egyáltalán tudjon teljesítményt szolgáltatni, ezt a teljesítményt vagy az annak megfelelő energiát el kell vonnia a szélből. Ezt a légáram lefékezésével lehet elérni. Az ideális természetesen az lenne, ha a szél energiájának 100 %-át hasznos energiává tudnánk átalakítani. Ehhez viszont az kellene, hogy a szélkeréken átáramló levegőt egészen a nyugalmi állapotig lefékezzük. Az így összetörlődő levegő a további energiaelvétele nyilvánvalóan azonnal megakasztaná, a szél pedig oldalt megkerülné az így keletkezett akadályt.

Albert Betz 1926-ban megjelent „Wind-Energie und ihre Ausnutzung durch Windmühlen” (Szélenergia és szélkerekekkel való hasznosítása) c. könyvében (lásd az irodalomjegyzékben) számítással kimutatta, hogy a szélkerekekkel elméletileg elérhető legnagyobb hatásfok 59,3 %. A gyakorlatban azonban ezt az értéket sem lehet elérni, mert nem tudunk aerodinamikailag ideális lapátalakot készíteni, valamint a csapágysúrlódást, a hajtómű veszteségeit és az energiaátalakításnak a generátorban keletkező veszteségeit sem hagyhatjuk figyelmen kívül.



16. ábra. A megfelelő teljesítmény eléréséhez fontos, hogy a forgórész a fák és épületek örvényzónájából kiemelkedjen



17. ábra. A szerző a berendezését a ház közelében húzódtó magaslapon állította fel

SZÉLTURBINÁK, NAPELEMEK, AKKUMULÁTOROK, INVERTEREK...



**BEMUTATÓTEREM • DÍJMENTES SZAKTANÁCSADÁS
RENDSZERTERVEZÉS • FELSZERELÉS**

ACCUSEALED Kft. 1158 Budapest, Késmárk utca 14.
 Telefon: 417-3449, 417-3469 • Telefon/Fax: 417-3449
 Honlap: www.napelem.hu • E-mail: info@accusealed.hu

3. Az ELWI 2 berendezés kialakítása és műszaki megoldásai

A szerző saját kezűleg épített ELWI 2 nevű berendezése egy kis áramtermelő szélerőmű, amelynek forgórésze 2,2 m átmérőjű és teljesítménye 10 m/s szélesebségnél mintegy 300 watt. A választott konstrukció egyszerű és robusztus, az elkészítéséhez szükséges ráfordítás a várható teljesítménnyel arányban áll. A berendezés (12 vagy 24 voltos) akkumulátorokat tölt, és alkalmas kerti vagy hétvégi házak áramellátására, de kisebb napelemmodulos áramtermelő berendezések kiegészítéseként is használható.

A fából készült kétlapátos forgórész fogazott szíjas, egyfokozatú áttételen át hajtja a generátort. A forgásirány a szélkerék elülső oldala felől nézve az órajárással azonos értelmű.

Felállítási hely

Mielőtt a szélkerék megépítéséhez hozzálátnánk, válasszuk ki annak megfelelő felállítási helyét. Természetesen ügyeljünk arra, hogy az minél szabaddabb legyen, hogy a levegő minden irányból örvénylés nélkül rá tudjon áramolni a forgórész lapátjaira (l. pl. a 16. ábrát). Az árbocot olyan magasra válasszuk, hogy a forgórész a házak és fák okozta szélárnyék és szélörvények fölé emelkedjék. Sajnos, sok kertben mindehhez nincs elegendő szabad hely.

Ilyenkor kézenfekvően adódik a gondolat, hogy a szélkereket valamilyen épületre szereljük fel (l. pl. a 2. ábrát). Van azonban néhány dolog, amit ilyenkor meg kell fontolni. Így például a szélkerék lapátjainak rezgései, ha megfelelő rezonáló felülettel (fal, padlás stb.) találkoznak, zavaróan erős hangot keltenek, és valódi zajártalom forrásává válhatnak. A tetőszékre vagy az oromfalra való szerelésnél alkalmazott lengéscsillapító megoldások viszont jelentősen megnövelik a költségeket. A lengések a falazott falon (előbb vagy utóbb) repedéseket okoznak. A fal nem alkalmas arra, hogy a lengéseket elviselje, legyenek azok bármilyen kicsik. A szokásos eszközökkel szinte lehetetlen a lengéseket már az árbocon kellőképpen csillapítani.

Gondoljunk arra is, hogy vihar esetén egyetlen feszítőkötélnek akár 600 kg terhelést is fel kell vennie. Jobb, ha ki sem próbáljuk, vajon kibírja-e ezt egy falazott oromfal.

A fenti okok miatt, amelyeket a szerző saját tapasztalatai is alátámasztanak, az épületen való elhelyezés nem javasolt, és feltétlenül a szabadban való felállítást kell választani, még akkor is, ha a felállítási hely nem a legkedvezőbb és a teljesítmény is befolyásolja.

A kertben vagy mezőn való felállítás esetén az árboc magasságát úgy válasszuk meg, hogy a forgórész agya (2,2 m átmérőjű légcsavar esetén) legalább 3,5 m-rel legyen a talajszint felett, ezzel mindennemű érintési veszélynek még a lehetőségét is kizárjuk. Ha egy gyerek pl. belenyúl egy asztali ventilátorba, megsérti az ujjait, egy hasonló kísérlet a szélkeréknél azonban halálos kimenetű lehet. Még biztonságosabb természetesen, ha az egész szélkereket kerítéssel vesszük körül. Így elkerülhető, hogy valaki megbotlik a feszítőkötelekben.

Németországban 1989 óta a szélkerék felállítását az építési hatóságnál be kell jelenteni. Az, hogy építési engedély megszerzésére is szükség van-e, teljes mértékben a tervbe vett létesítmény kivitelétől, valamint az illetékes önkormányzattól, ill. a helyileg érvényes építési előírásoktól függ.

Ha kétségeink vannak, az építési hatóságnál pontosan tudakoljuk meg a felállításra vonatkozó feltételeket. Lehet viszont, hogy ezzel egy hosszadalmas procedúrát indítunk el, hiszen a legtöbb önkormányzatnak vagy építési hivatalnak fogalma sincs a kis szélerőművek felállításával kapcsolatos jogi kérdésekről, arról nem is beszélve, hogy az itt felmerülő problémák mérlegelésével sem találkoztak még. Ha az árboc magasságával nem esünk túlzásokba, a felállítással szemben általában nem szoktak nehézséget támasztani. Köztudomásúlag jobb, ha az alvó oroszlánt nem ébresztjük fel. A szomszédokkal való nézeteltéréseknek legjobban azzal vehetjük elejét, ha a szélkereket a telekhatártól legalább az árboc magasságának megfelelő távolságban állítjuk fel.

A szélerőművek felállításánál fontos az általános villámvédelmi előírások (Általános villámvédelmi előírások – MSZ 274 „Villámvédelem” és az MSZ IEC 1312-1 „Az elektromágneses villámimpulzus elleni védelem. Általános alapelvek” és BM-TOP rendelet) betartása. Az árboc lábánál a villámhárító földelővezeték bekötéséhez egy csavart kell elhelyezni. A földelővezeték legalább \varnothing 8 mm-es rézhuzal vagy legalább 100 mm² keresztmetszetű, tűzi horganyzott laposacél legyen és azt két, egyenként 3 m hosszú földelőrúdhhoz kell kötni, amelyeket 3 m távolságban, függőlegesen kell a földbe besüllyeszteni. Ez a „külső” villámvédelmi megoldás csak a közvetlen villám-

csapások káros hatásai ellen véd (tűz- és rombolóhatás). A közvetlen akkumulátortöltésre használható szélturbinák esetében, az azokról működtetett fogyasztók esetében (számítógép, tv, Hi-Fi torony, fax stb.) védelmére megfelelő villámáram-levezetőről, ill. túlfeszültség-levezető beépítéséről is gondoskodni kell! Pontos részleteket lásd pl. Csináld magad sorozat: Villanszerelés és az Elektromos szerelések a lakásban c. könyv, Cser kiadó. Bp., vagy egy villámhárítók létesítésével foglalkozó szakcégtől tudhatunk meg, ahol a létesítéshez szükséges megfelelő szabványos alkatrészeket is beszerezhetjük.

Generátorok

A kisebb szélkerekek áramfejlesztői általában 12 V-os autógenerátorok (kapcsolási vázlatuk az 55. ábrán látható). A legtöbb ilyen generátor vagy dinamó élettartama gyakorlatilag korlátlan. A dinamók egyedüli kopó alkatrészei a szénrudak vagy -kefék. Az is előfordulhat, hogy a háromfázisú váltakozó áram egyenirányítását végző diódaártyák meghibásodnak, ez azonban valóban nagyon ritka.

Nagy hátrányuk a gyenge hatásfok, ami maximálisan 40 %, egyes típusoknál azonban csak alig 10 %. Emellett a generátorokat igen nagy fordulatszámra kell felpörgetni, hogy töltési küszöbfeszültségüket elérjék. Dinamóknál további hátrányt jelent a saját energiafogyasztásuk. A dinamó felmágnesezése céljából ugyanis először áramot kell vezetni annak gerjesztőtekercsébe, amit a tárolóakkumulátor



18. ábra. Három szárnylapátos szélgenerátor

töltéséből veszünk el. Csak így képes a dinamó áramot termelni, feltéve, hogy minimális fordulatszámát már elérte.

Lényegesen jobbak az állandó mágnesű generátorok. Ezeknek a forgórészében beépített állandó (permanens) mágnesek vannak és így nincs szükségük mágnesező gerjesztőáramra. Ilyen elven működnek pl. a kerékpárdinamók. Sajnos, a 100...1000 W teljesítménytartományban ilyen generátorokat használtan szinte egyáltalán nem lehet kapni, újonnan pedig nagyon drágák. Egyes szélturbina-készítők a kb. 3000 1/min fordulatszám-nál optimálisan működő autógenerátorokat (12 V/500 W) áttekerceslik úgy, hogy már 800 1/min értéknél az akkumulátor részére megfelelő töltőáramot tudjanak szolgáltatni.

Szabályozó

Amint a generátor minimális fordulatszámát eléri, a legtöbb szabályozó a teljes feszültséget ráadja a generátor gerjesztőtekercsére, így a generátor lökészerűen kezdi szolgáltatni a teljesítményt és terheli a hajtást. A szabályozó ezután csak arra képes, hogy a gerjesztőáramot az akkumulátor töltöttségi állapotától és az autó áramsükségletétől függően másodpercenként néhányszor be- és kikapcsolja és így igyekezzék az akkumulátor feszültségét állandó szinten tartani. Eközben az akkumulátort mindig nagy töltőáram-impulzusok terhelik, ahelyett, hogy töltése a számára sokkal kedvezőbb módon, lassan és egyenletesen menne végbe.

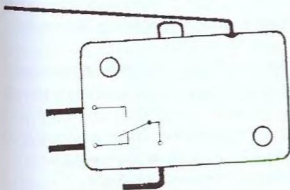
A szélkeréken egy ilyen szabályozóval ellátott generátor, amikor mérsékelt szélesebségnél és töltetlen tárolóakkumulátor mellett bekapcsol, a generátorra nagyon hirtelen adná rá a terhelést és ilyenkor túlterhelné a forgórészt, ill. túl sokat várna el a szél erejétől. A terhelt generátor gyakorlatilag „lefojtja” a légcsavart. A következmény: a forgórész fordulatszáma hirtelen lecsökken, a szabályozó lekapcsol, majd a forgórész lassan újra felveszi a korábbi fordulatszámot.

Az ilyen szabályozók egy másik kellemetlen tulajdonsága, hogy a forgórészről töltött akkumulátorok mellett „üresjáratra” kényszerítik, mert a szabályozó ilyenkor kikapcsolja a gerjesztőtekercset és ezzel megszünteti az áramtermelést. Viharos szélben a terheletlen légcsavar fordulatszáma megszűnve 1000 1/min fölé növekedhet, mielőtt a viharbiztosítás működésbe lépne. Az ilyenkor keletkező centrifugális erők súlyos károkat okozhatnak a forgórészen, azt esetleg szabályosan szét is repíthetik.

Szélnyomáskapcsoló

Az ELWI 2 esetében a szabályozó helyett szélnyomáskapcsolóként egy egyszerű mikrokapcsolót alkalmaztak. Ez valójában egy nagy terhelhetőségű váltó (morze) érintkezővel rendelkező mikrokapcsoló (19. ábra), amelynek működtető laprugójára egy torlólapot szegeztek. A szél e lapra gyakorolt torlónyomása révén saját maga működteti a mikrokapcsolót. Az elrendezés nagy előnye a generátor gerjesztésének automatikus szabályozása. A gerjesztőtekercsen átfolyó áramot szélcsend esetén nem kell kézzel kikapcsolni. A kapcsoló megfelelő döntésével a kapcsolási küszöbértéket is viszonylag pontosan be lehet állítani.

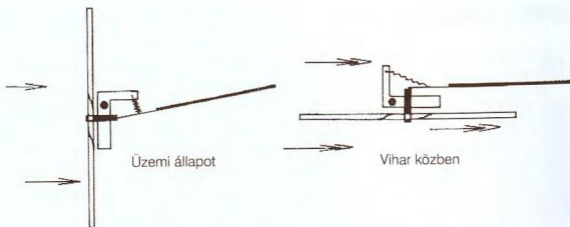
A szélnyomáskapcsolóval szerzett tapasztalatok nem a legkedvezőbbek, bizonyos hátrányai is vannak. Egyik az, hogy a kapcsolóérintkezők idővel beégnek, ezért a mikrokapcsolót gyakorlatilag évenként egyszer előreláthatólag ki kell cserélni. Szerencsére ezeket a kapcsolókat elektronikai alkatrészboltokban nagyon olcsón (a kivittől függően 200...700 Ft-ért) meg lehet vásárolni. Egy másik hátrány az, hogy a kapcsoló nem mindig a megfelelő pillanatban kapcsolja be a generátor gerjesztését, mert az egy széllelésre sokkal gyorsabban reagál, mint a nagyobb tehetetlenségű forgórész. A generátor már akkor megkapja a gerjesztést, amikor a forgórész még nem vette fel a megfelelő fordulatszámot. Ezt a hátrányt némileg ellensúlyozni lehet azzal, hogy a szélnyomáskapcsolót a forgórész szélárnyékában, az agy közelében szereljük fel.



19. ábra. Egy hagyományos váltóérintkezős mikrokapcsoló, amelyből a könyv szerzője szélnyomáskapcsolót készített

Vihar elleni védelem és vészfék

A vihar eleni védelem működése a 20. ábra alapján jól nyomon követhető. A szélturbina forgórésze nem pontosan az árboccsapágy fölött, hanem attól oldalirányban kissé eltolva helyezkedik el. Ennek következtében a forgórész



20. ábra. Az eltoltan elhelyezett árboccsapággal megvalósított vihar elleni védelem alapelve. Amikor a forgórész felületére ható szélnyomás túlzottan megnövekszik, a forgórész a rugóerő ellenében 90°-kal kifordul a szélirányból. Ezt a féket szükség esetén kézzel is működtethetjük, ha a csuklósan felerősített szélirányjelzőt bowdenhuzal segítségével a forgórész síkjával közel párhuzamosra fordítjuk, ennek hatására a forgórész kitér a szélirányból

már a legkisebb szélnyomás hatására kifordulna a szélirányból. Ezt a szélirányjelző akadályozza meg, amely csuklósan van felerősítve, és amelyet egy rugó kissé ferde helyzetben tart. Ha a szélesebbé megnövekszik, ezzel együtt nő a forgórészre ható szélnyomás is. Ha ez egy meghatározott, az irányjelző felületével és a rugó erősségével beállítható küszöbértéket meghalad, akkor a forgórész kifordul a szélirányból, miközben az irányjelző továbbra is belesimul a levegőáramba. Amikor a szélnyomás újra lecsökken, a rugó visszabillenti a fejet.

A rugó egy 1,5 cm átmérőjű acélrugó, amelynek tekercselt hossza kb. 6 cm. Húzóerejét kísérletezéssel választhatjuk meg, több hasonló méretű rugó cseréjével.

Ennek a vihar elleni védelemnek az a nagy előnye, hogy a forgórész mindig kifordul a szélből, mielőtt az túlterhelődne. A szélirányjelző és a rugó megfelelő méretezésével (válogatásával, cseréjével) elérhető, hogy a forgórész erős szél (> 12 m/s szélesebbé) esetén csak részben térjen ki a szél elől, hogy a szélnek kisebb támadási felületet nyújtson, így a berendezés pontosan a teljesítményhatáron marad és továbbra is termeli az áramot.

Azt a küszöbértéket, amelynél a forgórész kifordul a szél irányából, a rugó előfeszítésével tudjuk beállítani és értékét kísérletezéssel kell meghatározni.

Jó tanács: A rugó inkább túl lágy legyen, mint túl kemény!

Az árboccsőben felvezetett bowdenhuzallal a vészfékezést is megoldhatjuk. A kötél meghúzása 90° -kal elfordítja a szélirányjelzőt, így az a forgórész síkjával nagyjából párhuzamosan helyezkedik el. Ennek következtében a forgórész kifordul a szélirányból és rövid időn belül megáll. Így a forgórészt ellenőrzési és karbantartási munkák közben vagy viharjelzés esetén meg lehet állítani. A bowdenhuzalt a rugó magasságában, erős kulcskarikával erősítették a szélirányjelzőhöz és a keretben készített 5 mm-es furaton vezettek át (l. 38a ábrát). A bowdenhuzal hüvelyét a forgórészfej kerete (38a ábra) és a tartólemez (42. ábra) között fékkötélfeszítővel (kerékpártartozék) rögzítették.

A fékkötél működtetési szöge a forgórészfejen nagyon előnytelen, kezelése ezért nehéz volt. Az árboc alján elhelyezett, kissé túlméretezett működtetőkar a kezelést egyszerűbbé tenné. Ezt azonban nem valósították meg, mert a féket valóban csak vészhelyzet esetére szánták. Az ELWI még a 20 m/s sebességet meghaladó szélállókéseket is minden baj nélkül kibírta.

Költségek

Az ELWI 2 megépítéséhez a könyv szerzője a következő alkatrészeket használta: árboccső (6 m), acélanyagok (csövek, rudak, lemezek), kötelek és tartozékaik, golyóscsapágyak, csavarok, anyák, alátétek, fogazott szíj, faanyag a légcsavarhoz, elektromos alkatrészek, festék és apróságok.

Ezeknek az alkatrészeknek a beszerzése a mai (2004. év) árakon mintegy 91...98 eFt anyagköltséget jelent.

A fenti összeállítás nem tartalmazza a generátort. Ha újonnan szerezzük be, akkor erre még mintegy 45...50 eFt-ot kell szánnunk. Szinte minden autóbontóban lehet azonban venni autógenerátort, ez pénztárcánkat legfeljebb 6...10 eFt-tal terheli meg.

Ha az anyagköltségekhez hozzászámítjuk az „első példány elkészítéséhez” szükséges tervezési, összeállítási és telepítési munkaidő költségeit, akkor a 10 m/s szélesebbségnél 300 W teljesítményt leadó, 12 V-os akkumulátor töltésére alkalmas ELWI 2 típusú szélturbina elkészítését 230...260 eFt-ra becsülhetjük. További költséget jelent még a megfelelő tárolóképességű (55...300 A·h-ás), lehetőleg ciklusálló akkumulátor (lásd később) ára mintegy 11...50 eFt is lehet. Így már 241...310 eFt összköltségnél tartunk. A megbízható és jó hatásfokú működéshez töltésszabályozót (túltöltés/túlkisütés elleni védelem, töltésifeszültség-szabályozás, polaritásátfordulás megelőzése stb.) is kell alkalmaznunk (12...33 eFt, 2003. évi árakon).



21. ábra. Az ELWI 2 megépítéséhez szükséges forgácsolt alkatrészek
Balra az árboccsapágy külső része a golyóscsapágyakkal
Középen a két fogazott szíjtárcsa a fogazott szíjjal
Középen fent a forgórész agya a benne lévő csapágyakkal, előtte a forgórész felerősítő tárcsája és a tengelyre való csapágytartó tárcsák
A jobb szélén a forgórész tengelye, amit az árbocfej keretéhez kell hegeszteni, a szélirányjelző csuklójával együtt, előtte az árboccsapágy belső része, amit szintén hozzá kell hegeszteni a kerethez

Ennek az elektronikának egyik igen fontos feladata, hogy szélerőcsökkenés esetén, vagy nagy fogyasztói terheléskor csökkentse a töltőáramot, hogy az „ne fojtsa le” a légcsavart, vagyis az ne álljon meg, hanem folyamatosan forogjon a szélerőtől, az akkumulátor töltöttségétől és a terhelési (fogyasztói) viszonyoktól függően. Ha mindezt összeszámoljuk, a teljes szélturbinás rendszer összköltsége elérheti a 242...293 e Ft-ot.

Való igaz, hogy az e módon történő szélerőmű-építés megszálott barkácsolóknak való. Az ilyen embereknek az alkotás egyéni kedvtelés és nem kenyérkereseti cél. Munkájuk során a ráfordított idővel többnyire nem számolnak. Ennek következtében más szempontok vezérik őket megszálott kreatív tevékenységük során! Ezt azért említjük, mert a „nyitott szemmel járó”, pl. telefonkönyvet böngésző is találhat olyan „készterméket”, amely esetleg sokkal olcsóbb lehet az általa kivitelezésre kerülő, ill. kerülendő rendszernél (pl. szélerőmű).

Egyes napenergia-hasznosítással foglalkozó gyártó és forgalmazó cégek beépített szabályozóval, közvetlen akkumulátortöltésre használható szélturbina készletet kínálnak (pl. ACCUSEALED Kft. Bp., 1158 Késmárk u. 14. T.: 417-3449). Kaphatók pl. 400, 1000 és 3000 W-os 12, 24 és 48 V-os szél-

turbinamodellek. Ezeknek a nagy sorozatban gyártott, kiforrott konstrukciójú, sok éves gyártási tapasztalat alapján készült modellekkel egy barkácsolt szélerőmű nem veheti fel a versenyt. Ezeknél nincs bonyolult mechanika (áttételes hajtómű a generátor fordulatszám-növeléséhez), a szélturbinalapát a generátorral ugyanazon a közös tengelyen foglal helyet. Napelemmodulokkal kombinálva is használhatók, hogy lehetőleg ki lehessen egyenlíteni a két rendszer szezonális fluktuációk miatti különböző elektromosenergia-termelését. Automata fékrendszerük van, amely lelassítja a szélturbinalapát egy csendesen forgó üzemmódra, amikor már az akkumulátor kielégítően töltődik, és így csökkenti a zajt. Csak két mozgó alkatrésze van, nincs fogazott szíjjal való (hatáscsökkentő) áttételes generátorhajtás.

Mint már említettük, az AIR Wind Module 400 W-os 12, 24 és 48 V-os szélturbina-változatok közvetlenül akkumulátortöltésre használhatók. Rotorjának átmérője 1,15 m. Üzemkedési szélesebbesség: 2,7 m/s. A 400 W-os teljesítményt 12,5 m/s erősségű szélben adja le. Csúcsteljesítménye 630 W. E szélturbina 2003. évi ára DC-DC szabályozóval bruttó 250 eFt. A vásárolható felszerelési készlet (tetőre, oszlopra, kerítésre) mintegy 71,5...91,5 eFt között van. Ez azt jelenti, hogy egy egyszerű beszerzéssel mintegy 321,5...341,5 eFt-ért kiforrott technológiájú, megbízható működésű, karbantartást nem igénylő szélmotoros „erőműhöz” juthatunk.

Ha mindenképpen ragaszkodunk a saját építéshez, akkor ahhoz célszerű a legkorszerűbb generátortípust vásárolni. Megjegyezzük, hogy a szénkefés kommutátoros (mechanikai egyenirányítós) dinamók ma már szinte elvétve találhatók. Napjaink autóiba (amelyek lényegében nem szélmotoros generátor céljára szolgálnak) már csak csúszógyűrűs háromfázisú generátorral és háromfázisú egyenirányítóval egybeépített típusokat használnak. A háromfázisú megoldás egyik előnye, hogy a kimeneti egyenfeszültség szintjének pulzálása kisebb, mint az egyfázisú típusé. Ezek megvásárolását nem javasoljuk, mert a súrlódási veszteségekkel járó szikrázó kommutátoros, csúszógyűrűs generátorok hatásfoka nem kielégítő a szélturbinás áramfejlesztőkhöz. Mindenképpen állandó mágnesű generátort alkalmazzunk. Ezeknél a forgórészen nincs csúszó, szikrázó szénkefés kommutátor, ill. csúszógyűrű. A legújabb, legkorszerűbb típusoknál (lásd ENDRESS, KAMA, Agrimotor Kft., Honda stb. benzinmotoros áramfejlesztő generátorok) már a forgórész esetleges mágneses erejét évek során csökkentették. Itt a forgórész (néhány menetű) tekercsén elhelyezett (azzal együtt forgó) diódák gondoskodnak az állandó mágneses térerő megfelelő értéken tartásáról.

A kisebb beszerzési költség érdekében azonban az ebben a könyvben leírt útmutatóban egy viszonylag olcsó autógenerátoros megoldást láthatunk.

Egy szélerőmű vagy egy szélerőműpark telepítéséhez komoly szakmai ismeret, tapasztalat és nem utolsó sorban biztos anyagi háttér szükséges. A B-S Energia Tervező és Beruházó Kft. rendelkezik ezekkel a feltételekkel, amit már sok Európában forgó szélmalom bizonyít.

A társaság 2002 júniusa óta ténykedik Magyarországon, és több helyszínen is szélerőműparkok építését tervezi. Már van olyan település, ahol az önkormányzat és a terület tulajdonosai is hozzájárultak egy szélerőműpark megvalósításához. A B-S Energia Kft. magyar és német szakemberek társulása, akik tudásukat egyesítve szeretnék a magyar szélenergiapiacot erősíteni. A társaság tulajdonosai közel tíz éves tapasztalatot tudhatnak magukénak, ami ebben az iparágban nem mindennapi. A cég tagjai között nem csak műszaki, hanem pénzügyi és jogi szakemberek is megtalálhatóak ami nagykiterjedésű befektetői kapcsolatrendszerrel és a beruházások biz-



tos háttérét jelenti. Szerződött partnereink nemcsak Nyugat-Európában, hanem Amerikában és Afrikában is részt vesznek mérnöki munkákban, valamint már több kelet-európai országban is dolgoznak. A Kft.-nek szerződése van egy neves erőműgyártó céggel, ezenkívül jó kapcsolatban állnak a jelentősebb európai turbinagyártókkal is. Mivel a közelmúltban elkészített Preescan térképük (telepítési feltételeket – szélerő,

hálózattávolság, topográfiai viszonyok, tilalmi zónák – tartalmazó komputeres térkép) pozitív eredményt mutat az itthoni szélereőt és lehetőségeket illetően, várhatóan nagy lesz az érdeklődés a villamos energia ilyen módon való termelésére.

A B-S Energia Kft. komoly szerepet kíván vállalni az itthoni szélenergia-hasznosításban. Szolgáltatásai a terület felmérésétől és akvizíciójától kezdve a környezeti hatásvizsgálaton, szélmérésen és az ehhez tartozó gazdaságossági számításon, valamint tervezésen és kivitelezésen keresztül az erőművek beszerzéséig és üzemeltetéséig terjed. A helyi önkormányzatokkal és a terület tulajdonosaival kötendő szerződések a magyar jogot figyelembe véve úgy lettek kidolgozva, hogy magyar és külföldi befektetőknek egyaránt biztosítékot nyújt. Mérnöki partnereink a legoptimálisabb szélereőkihasználást és hálózatra csatlakozást garantálják.

A B-S Energia Kft. az első magyarországi szélereőműparkját már 2004 második felére tervezi.

B-S Energia Tervező és Beruházó Kft.

1092 Budapest,
Ráday u. 23.

Honlap:

www.windprojects.hungary.com

E-mail:

b.s.energia@axelero.hu



4. Az ELWI 2 típus megépítésének menete

Ha a bemutatott szélkereket el akarjuk készíteni, a következő fejezeteket gondosan olvassuk el. Sok kidobott pénzt megtakaríthatunk, ha előzetesen minden alkatrészt alaposan szemügyre veszünk és ellenőrizzük méreteik egyezését.

A következő rajzok minden alkatrészt bemutatnak és azok méreteit is tartalmazzák. Természetesen az egyes daraboknál messzemenően igazodhatunk a beszerzési lehetőségekhez. Ha például nagyon olcsón hozzájutunk az árbochoz, annak méretei azonban a rajzon megadottaktól eltérnek, mindössze az árboccsapágyat kell a megváltozott méretekhez hozzáilleszteni.

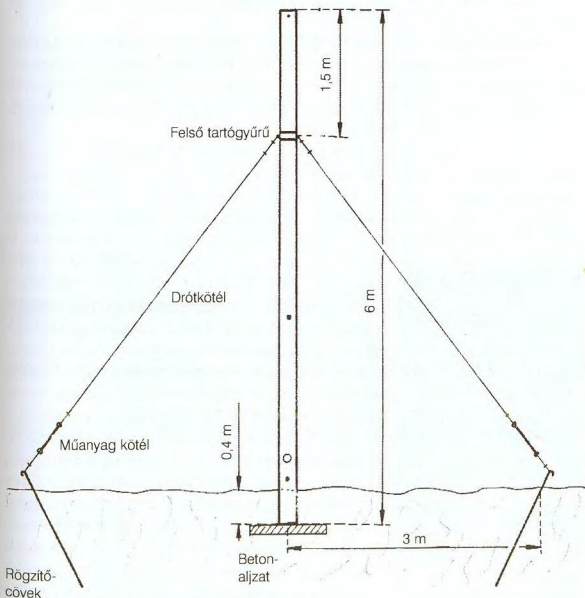
Ismételten hangsúlyozzuk, hogy egy szélkerék készítése nagyon igényes munkát és gondosságot követel.



22. ábra. A készre szerelt ELWI 2 az acélső árbocon

Az árboc

A 6 m hosszú acélcső árbocot (23. ábra) három kötéllal rögzítjük a talajhoz. A feszítőköteleket az árboc körüli 3 m sugarú kör mentén elhelyezett cövekekkel horgonyozzuk a talajhoz. A drótkötelek és a rögzítőcövek közé iktassunk be kb. 40 cm hosszú, legalább 10 mm átmérőjű műanyag kötél-darabokat. Ezek feladata a keletkező rezgések csillapítása. A feszítőkötelek felső tartógyűrűjét (24. és 25. ábra) 4,5 m magasan helyezzük el. A köteleket kötélfeszítő segítségével kb. 50 kg húzóerővel feszítsük elő. Legcélszerűbb



23. ábra. Az acélcső árboc a feszítőkötelekkel

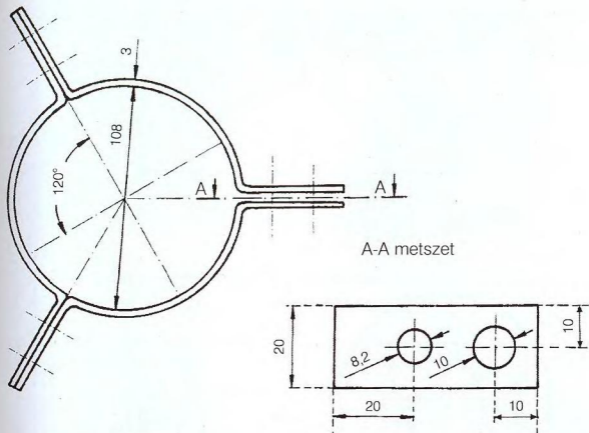
a drótkerítéseknel használt jobb- és balmenetű csavarral ellátott feszítők alkalmazása. Ezek csavarbefogadó menetes testének elforgatásakor az ellentétes menetű kampós feszítőcsavarok távolsága mind közelebb kerül egymáshoz. Ezt követően 2,40 m magasságban fúrjunk egy furatot az árbocra, ezen vezetjük át a fékkötelet. A lyukat alulról felfelé, minél ferdebben fúrjuk be, hogy a fékkötelet ne kelljen erősen meghajlítani. Nagyjából 50 cm-rel a fenti furat alatt készítsünk még egy furatot, hogy az abba erősített horog segítségével parkoló helyzetben tarthassuk a kötelet (és a forgórészt).

A forgórészfejnek az árbocra szerelését később lényegesen megkönnyíti, ha a fékkötél furatán át még az árboc felállítására előtt befűzünk egy vékony behúzókötelet és azt az árboc tetején kilógatjuk. Ezzel húzzuk majd be a fékkötelet az árbocba.

A kábelátvezetés számára kb. 80 cm magasságban készítsünk furatot. Ez a furat kellően tág legyen, hogy abba az átvezető szigetelő gumigyűrűt könnyen behelyezhessük. Szereléskor a kábelt így sérülés nélkül, kényelmesen átvezethetjük. Az átvezető gyűrű behelyezése előtt a furat éleit reszelővel gömbölyítsük le és munkáljuk simára.

A generátor a forgórészrel együtt a széliránynak megfelelően elfordul, ennek ellenére az áram elvezetéséhez csúszógyűrűkre a szélkerekeknel – tapasztalat szerint – nincs szükség. Az áramvezető kábelt felülről az árboccsapágyon át egyszerűen levezetjük az árboccsövön át. Ha a felállítási hely kedvező, az egész forgórészfej egy év alatt max. 5-ször fordul körül a saját tengelye körül. Kedvezőtlenebb elhelyezésnél, ahol a szélakadályok erős örvénylést okoznak, már lényegesen több körülfordulás jöhet létre, azonban a csúszógyűrűkkel és az áramszedőkkel járó bonyodalmak itt sincsenek arányban az általuk nyújtott előnyökkel. A csúszógyűrűk csak a hibaforrások számát és az átviteli, a feszültségesés okozta veszteségeket növelik. Áramvezető kábelként rugalmas és hajlékony, több vezetőszálból sodrott vezeték szabad csak használni. Továbbá a szigetelésének minél rugalmasabbnak és kopásállóknak kell lennie. Mivel 12 V-os (és 24 V-os), kis feszültségű generátorokat alkalmazunk, ezért a bekötő tápvezetéken létrejövő minél kisebb feszültségesés okozta veszteség végett viszonylag nagy keresztmetszetű (6 A-ig min. 1,5 mm², 12 A-ig min. 2,5 mm²), és minél rövidebb bekötővezeték kell használni (a töltésszabályozón át) a tárolóakkumulátorra való rácsatlakozáshoz.

Most már csak a villámhárító vezeték számára kell kb. 50 cm magasan egy M10-es menetes furatot készíteni. Tekintettel arra, hogy a csőfal nagyon vékony, és ezért a bele vágott menet nem tart jól, célszerű a furatra egy M10-es anyát hegeszteni.

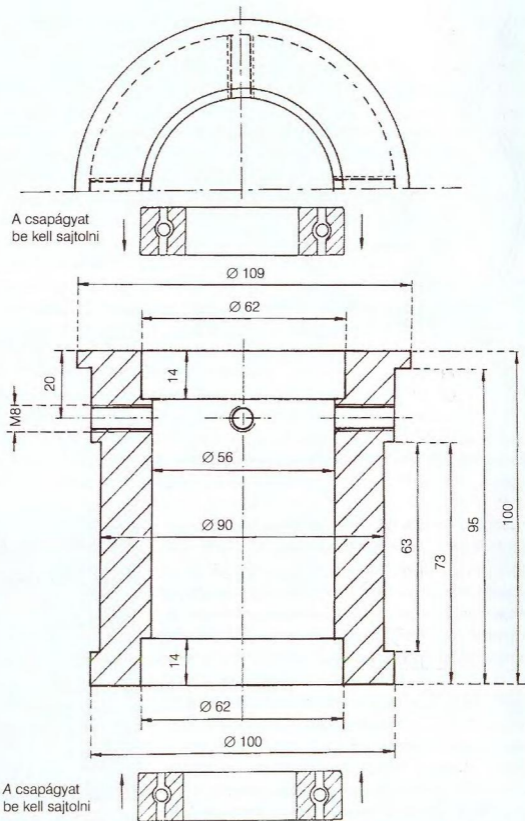


24. ábra. A feszítőkötelek felső tartógyűrűje (méretek mm-ben)

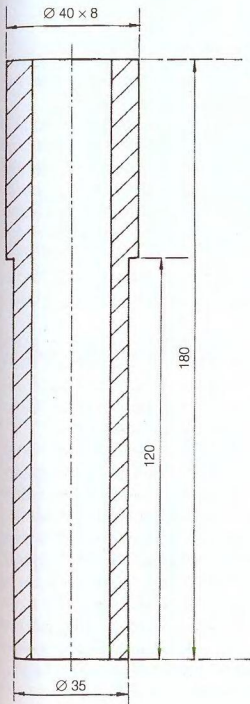
Az árboc további megmunkálásához szükségünk van az árboccsapágyra (26. és 27. ábra). Ha csak olyan csövet tudunk szerezni, amelynek a méretei a megadottaktól eltérnek, akkor ehhez kell igazítani az árboccsapágy méreteit is. A csapágyat majd be kell tolnunk a cső végébe és azt négy csavarral kell rögzítenünk. Fúrjunk az árbocba négy furatot, az árboccsapágyba pedig készítsünk négy M8-as menetes furatot. A furatok és a menetes furatok találkozásának biztosítása céljából dugjuk be a csapágyat a csőbe, majd a csövet először 3 mm-es fúróval fúrjuk elő, és a furatokat az árboccsapágyra is jelöljük át. Ezután felfúrhatjuk az árbocon lévő furatokat 8,2 mm-re, végül az árboccsapágyba is bevághatjuk az M8-as menetes furatokat.



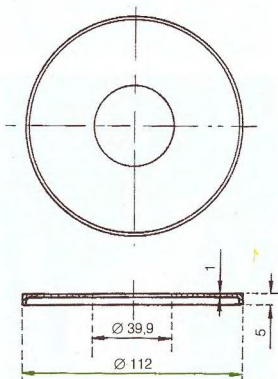
25. ábra. A feszítőkötelek felső tartógyűrűje, befűzött kötélzsorítókkal



26. ábra. Az árboccsapágy külső részének illeszkednie kell az árboccsöbe (melynek belső átmérője 100 mm (mérték mm-ben)



27. ábra. Erre a csapra felhúzzuk az árboccsapágy golyóscsapágyainak belső gyűrűit, felül pedig ráhegesztjük a forgórészfejre (acélkeret) (méretek mm-ben)



28. ábra. Az árboccsapágy felső zárólemeze (méretek mm-ben)

Az oszlop felállítása előtt ássunk egy kb. 40 cm mély gödrot. A gödör alján helyezünk el egy kis betonlapot. Erre a célra egy erősebb járólap is elegendő, mert csak azt kell megakadályoznia, hogy az árboc a rezgések hatására besüllyedjen a talajba.

A forgórész (légcsavar)

Erre az alkatrészre különösen nagy figyelmet kell fordítani. A munkát a lehető legnagyobb gondossággal végezzük, inkább mindig kétszer annyit mérjünk és mérlegeljünk, mint akár egyszer is a szükségesnél kevesebbet!

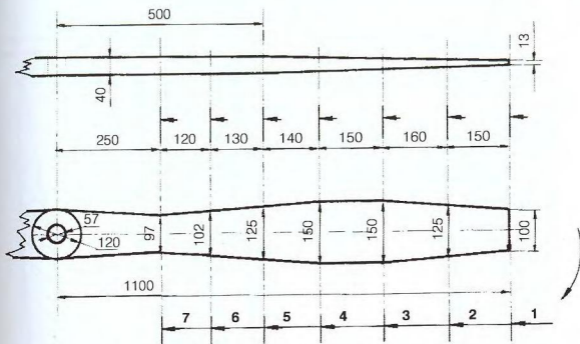
A fa gondos kiválasztásával tulajdonképpen már el is döntöttük, hogy a forgórész milyen tartós lesz. Ne sajnáljuk az időt és türelmet a megfelelő faanyag kiválasztására. A fa lehetőleg erős, száraz és szívós legyen, minél kevesebbet dolgozzon. A legfontosabb az abszolút egyenletes növés; a fa erezete az egész deszka mentén húzódjon végig, hogy egyrészt a légcsavar később, a terhelés hatására ne törjön el, másrészt a tömegeloszlás a deszkán belül minél egyenletesebb legyen. Az évgűrűk lehetőleg keskenyek, egyenletesek, és a deszkára merőlegesek legyenek. A nagyon nagy fordulatszámok megkívánják, hogy a fa minél könnyebb legyen, nehogy a lapátokban túl nagy centrifugális erők ébredjenek.



A keményfák, például a bükk vagy a tölgy, nem alkalmasak, mert túl nehezek és ridegek. A kőris jó választás, ha megfelelően tárolt kőrisdeszkához tudunk hozzájutni.

Megfelelő eredményeket lehet elérni három részből összeragasztott (időjárásálló ragasztóval) erdei-fenyő vagy lúcfenyő deszkákkal is. Tapasztalat szerint még a házak bontási anyagából kikerülő, egészséges és száraz padlódeszkák is nagyon jól használhatók, mivel ezek a fák valóban sokáig pihentek és már alig vetemednek. Ezeket le kell gyalulni a megfelelő vastagságra, majd össze kell ragasztani.

29. ábra. Összeragasztott jegenyefenyő deszkából készített, készre gyalult kísérleti légcsavar



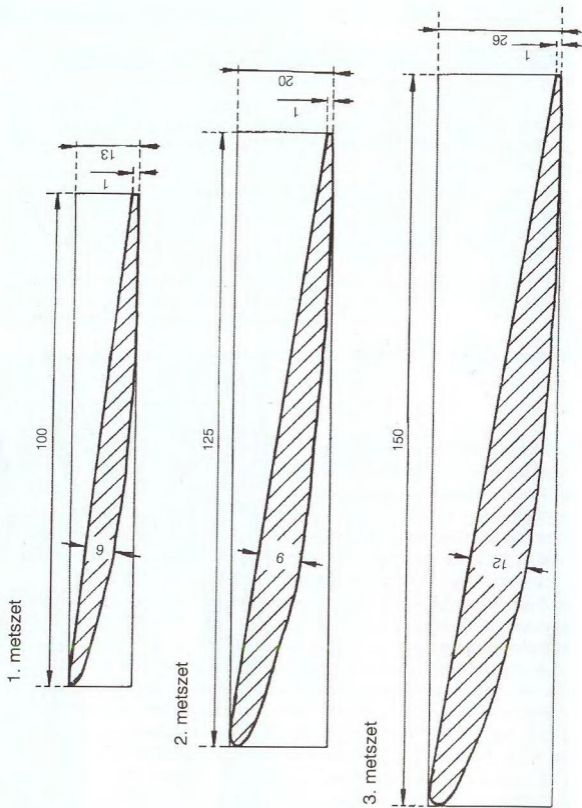
30. ábra. A lapátok profilszelvényeinek méretei (mérték mm-ben)

Az ELWI 2 típus forgórészének átmérője 2,2 m, a deszkát viszont először 2,4 m hosszúra vágjuk le, hogy a lapátot megmunkálás közben a két végén erős csavarszorítókkal le tudjuk fogni a munkaasztalra. Nagyoló gyalulással munkáljuk le a deszkát $15 \times 240 \times 4$ cm méretűre, majd a közepére készítsünk egy $\varnothing 4$ mm központi furatot és ellenőrizzük a forgórész tömegeloszlását. A kiegyensúlyozáshoz jól használható egy hosszú, karcsú, polírozott szárú csavarhúzó, amit úgy dugunk át a deszkán, mint egy szeget.

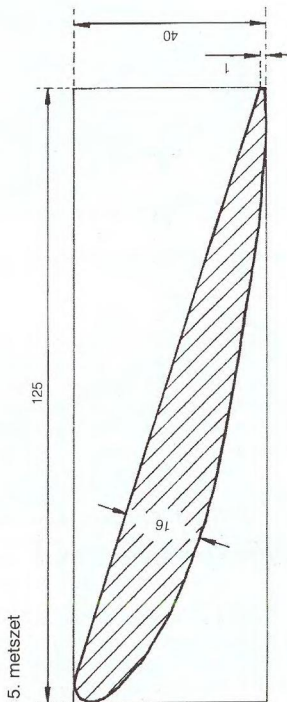
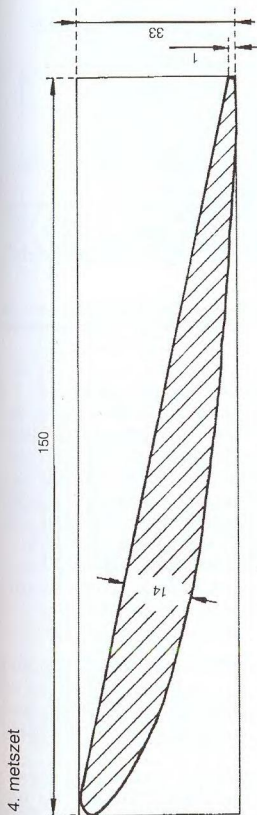
A 30. ábrán láthatóan vékonyítsuk el a forgórész két végét. Ne feledkezzünk meg arról, hogy a forgórészt minden munkafázis után egyensúlyozzuk ki! A profilsablonokat a rajzok M 1 : 1 méretarányban ábrázolják.

A sablonokat (30. ábra) két példányban rajzoljuk fel erős kartonra és számozzuk meg. A két sablonsorozat közül az egyik az első, a másik a hátsó oldalhoz kell. A (szél felé fordított) első oldalra kerül a profil sima része. A forgórész forgásiránya előlről nézve az órajárással megegyező. Az természetes, hogy a légcsavar lapátját központosan szimmetrikusra kell elkészíteni!

A profilokat nagyon pontosan dolgozzuk ki, közben állandóan ellenőrizzük mérésrel a munkadarabokat. Amikor már minden profilt kialakítottunk a forgórészen, a további munkák előtt vágjuk le annak két végét, hogy így a forgórész sugara elérje végleges, 110 cm méretét.

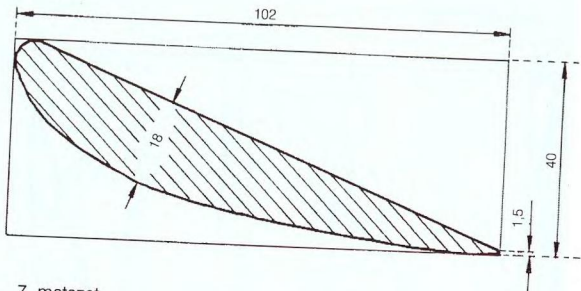


31a ábra. A forgórész profilja (M 1 : 1)

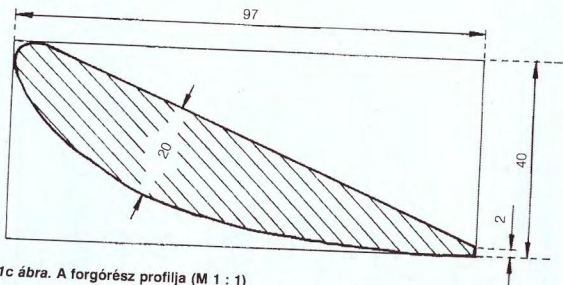


31b ábra. A forgórész profilja (M 1 : 1)

6. metszet



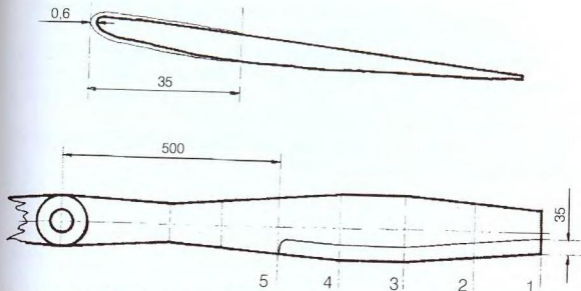
7. metszet



31c ábra. A forgórész profilja (M 1 : 1)

Amikor a forgórészt gyaluval és ráspollal már kialakítottuk, azt alaposan meg kell csiszolnunk. A csiszolást 80-as szemcseméretű, majd 120-as és 180-as csiszolópapírokkal folytatjuk, végül 240-es szemcseméretűvel fejezzük be, hogy a munka végén a fa szinte fényes legyen és semmiféle csiszolási nyom ne legyen látható rajta.

Az elkészült forgórészt óvatosan ki is próbálhatjuk. Húzzuk rá egy csavarhúzóra és tegyük ki a szélnek. Legyünk azonban nagyon óvatosak! Ha már nagyon gyorsan forog, nem is olyan könnyű ismét lefékezni és egy ilyen kísérlet szerencsétlen esetben komoly sérülést okozhat.



32. ábra. A berajzolt (1-5) tartományban a lapátok éleit üvegszállal erősített poliészterbevonattal látjuk el (mértékek mm-ben)

Ha a kiegyensúlyozást is elvégeztük, a légcsavar vastagabb végét vonjuk be üvegszálszövettel és poliésztergyantával (32. ábra). A profilsablonok annak figyelembevételével készültek, hogy a lapátok lekerekített végeire még $3 \times 0,2$ mm üvegszálréteg kerül. Biztosítanunk kell, hogy a poliészter jól hozzákössön a fához, ezért az érintett felületeket előzetesen alaposan kenjük be poliuretángyanta alapozóval. Az alapozó mintegy két napig ragadós marad. Ez alatt az idő alatt fejezzük be a poliészterrel való bevonást.

Az egyes lapátokra kerülő három üvegszövetréteget méretre kell vágunk. Fokozottan ügyeljünk arra, hogy ne maradjanak levegőbuborékok a rétegek között! Célszerű, ha ezt a munkát több lépésben végezzük és mindig csak kis mennyiségű poliésztert hordunk fel. Ezt a technológiát alkalmazzák pl. az üvegszálás poliészterből készült autós túraboxoknál.

Fontos tanács

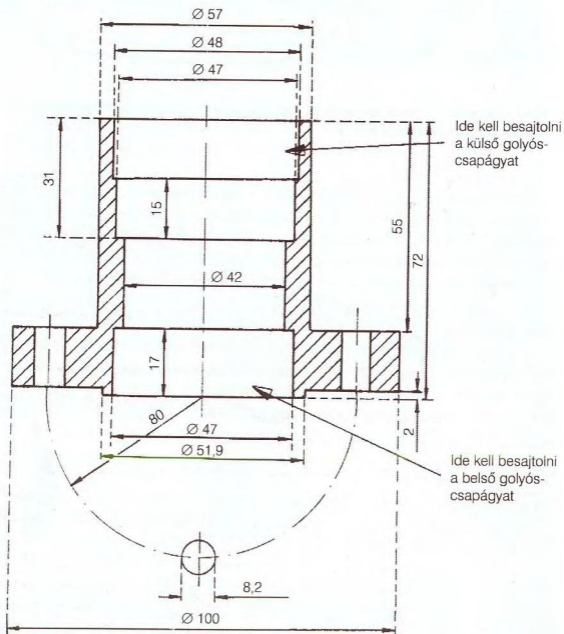
A poliészter, ill. annak a feldolgozás közben keletkező gőzei nagyon mérgezőek és a bőrünket, szemünket és tüdőnket ingerelhetik! A munkát lehetőleg szabadban és száj- és orrvédő maszkkal végezzük!

A bevonás után az egész darabot újra csiszoljuk át és ismételjük meg a kiegyensúlyozást. Igazán elégedettek lehetünk magunkkal, ha egy polírozott tengelycsonkra tett forgórész külső beavatkozás nélkül, magától beáll egy közel vízszintes helyzetbe. Ha a forgórész egyik végét egészen kicsi,

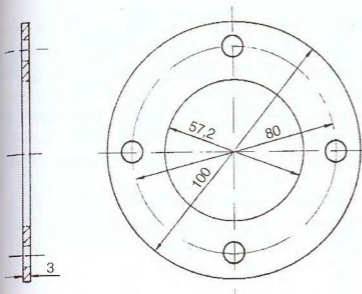
kb. 2 g tömeggel (mondjuk, egy meggörbített szeggel) megterheljük, akkor annak függőleges helyzetbe kell fordulnia.

Végezetül fúrjuk ki a forgórészagy furatát. Tegyük a központi furatba egy köldökcsapot, és körzővel rajzoljunk egy 28,5 mm sugarú kört. A berajzolt kör az 57 mm átmérőjű lyukfűrész pontos helyzetének ellenőrzésére való, a központi furattal való vezetés nem elég megbízható.

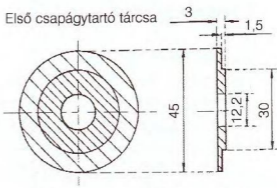
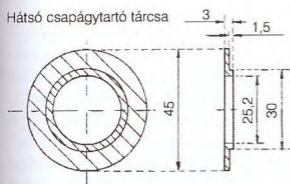
Az agy rögzítésére szolgáló négy furat bejelöléséhez és kifűrészéséhez magát az agyat használhatjuk fúrósablonnak.



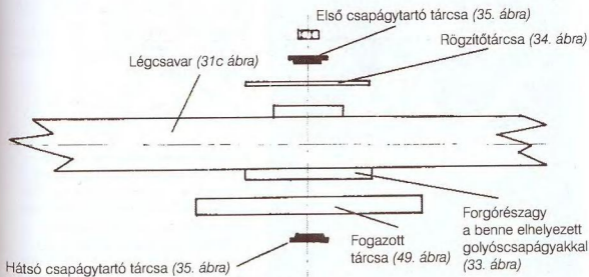
33. ábra. A forgórészagy (méretek mm-ben)



34. ábra. Rögzítőtárcsa, amellyel rögzítjük a légsavart az agyon



35. ábra. Ez a két csapágytartó tárcsa tartja a forgórészagyban a golyóscsapágyakat, egyben kifelé tömíti is azokat



36. ábra. A légsavár felerősítése a forgórészagyra

Munkánk befejezéséül fessük be a forgórész-t. Ha azt akarjuk, hogy a festék jól tapadjon a fához és sima, időjárásálló bevonatot kapjunk, legalább két, de inkább három réteget hordjunk fel, az előző rétegeket mindig gondosan átcsiszolva (240-es szemcseméretű papírral). Az első réteghez a festéket azonos mennyiségű hígítóval hígítsuk fel, hogy jobban behatoljon a fába. A forgórész-t minden további bevonat előtt egyensúlyozzuk ki. Minimális tömegeltéréseket a munka végén hártavékony lakkréteg felhordásával lehet korrigálni.

A festék kiválasztásánál ne csak az árat tartsuk szem előtt, hanem márkás, jó minőségű festéket válasszunk. A szerkezet élettartamát végülis nem csak a jól végzett munka, hanem az alkalmazott anyagok minősége is alapvetően befolyásolja.

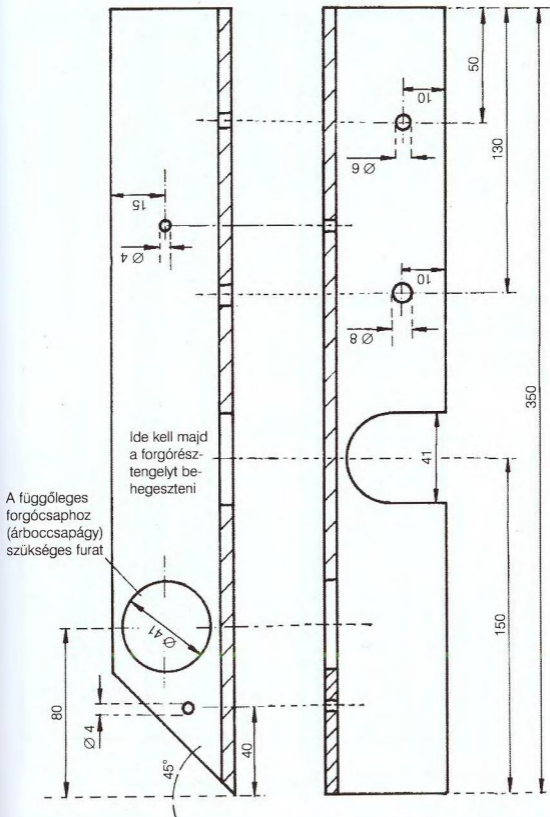
A forgórészfej

A rajzokból és a fényképekből (37...48. ábrák) világosan látható, mely módon és sorrendben kell az alkatrészeket összeszerelni. Célszerű először a két szögvasat (38. ábra) egymással és a forgócsappal (27. ábra) összehegeszteni, azután a generátortartó lapot a forgórész-tengellyel (40. ábra), végül a két előszerelt darabot egymással. Ez némileg megkönnyíti a különböző szögek pontos betartását. Befejezésül a fényképeken látható módon a többi alkatrészt is felszereljük (45...48. ábrák).

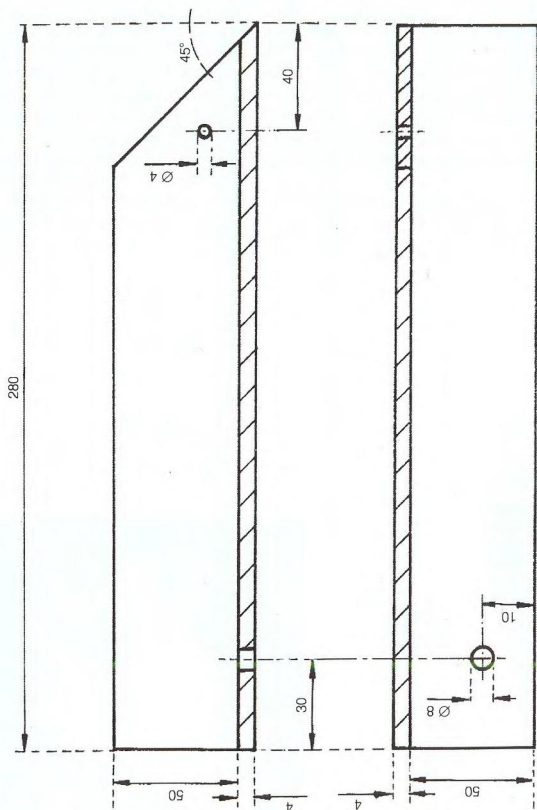
Előnyös lehet, ha a forgórész-tengelyt (38. ábra) és a szélirányjelző csuklóját (44. ábra) nagyobb szilárdságú acélból készíttetjük.



37. ábra. A forgórészfej – röviddel a befejezés előtt, már festett állapotban – próbaképpen egy árboccsövet helyettesítő csődarabra téve. Elöl balra a földre állított szélirányjelző csőve látható; ezt majd a forgórész-tengelynek (szintén az előtérben látható) végével csuklósan kötjük össze

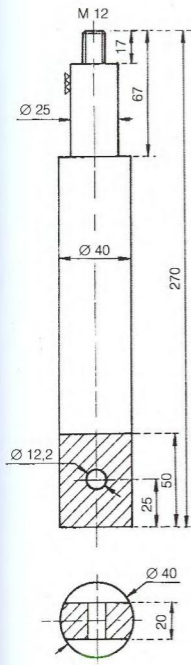


38a ábra. Szögvaselem a forgórészfejhez (kerethez), a forgórész-tengely és a forgócsaphoz alkalmas furatokkal

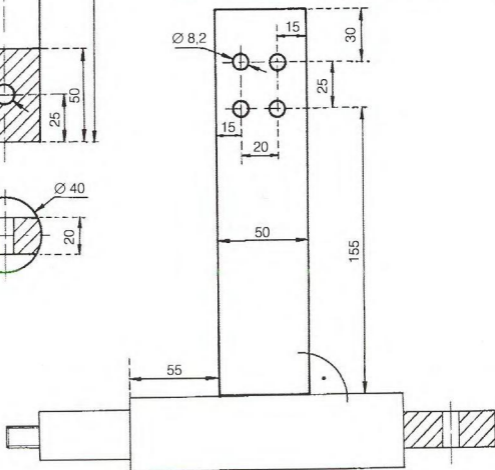


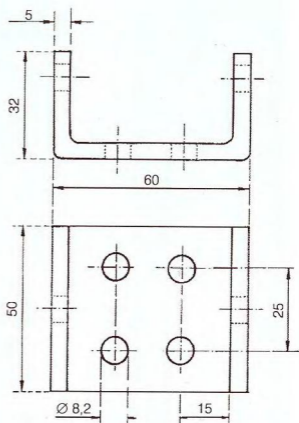
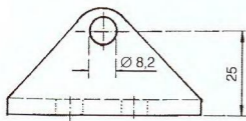
38b ábra. Második szögvaselem a forgórészfejhez (kerethez), furatokkal a szélirányjelző rugója és a fékkötél tartólemeze számára

39. ábra. Forgórész-tengely, hátul a szélirányjelző csuklójának furata

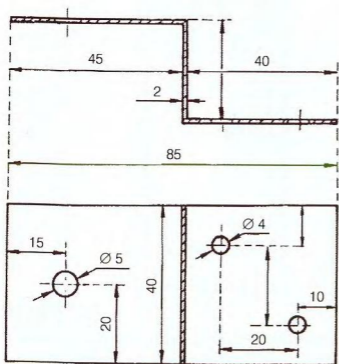


40. ábra. A generátortartó lapot a furatok elkészítése után derékszögben rá kell hegeszteni a forgórész-tengelyre. Ügyeljünk arra, hogy a szélirányjelző csuklójának furata egy vonalba essen a generátortengellyel

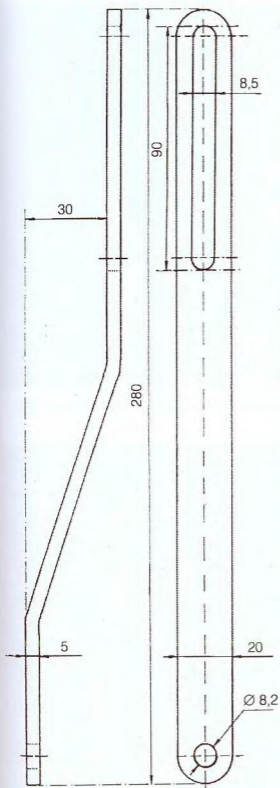




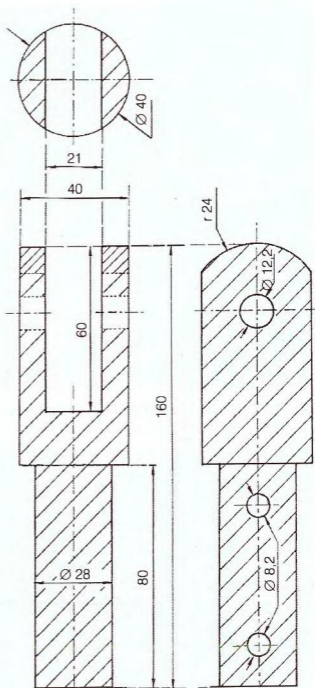
41. ábra. Generátortartó. Alakját és méreteit esetleg hozzá kell illeszteni az alkalmazott generátorhoz



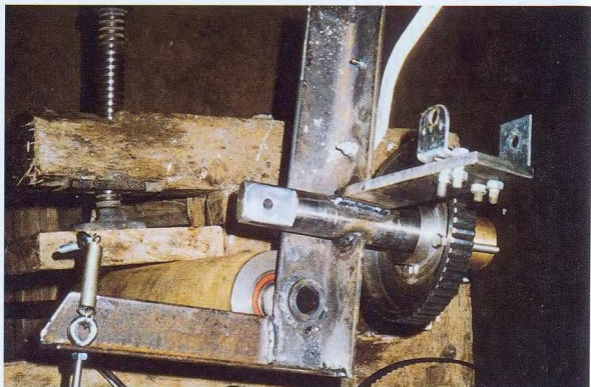
42. ábra. Tartólemez a fékkötél hüvelyének rögzítésére



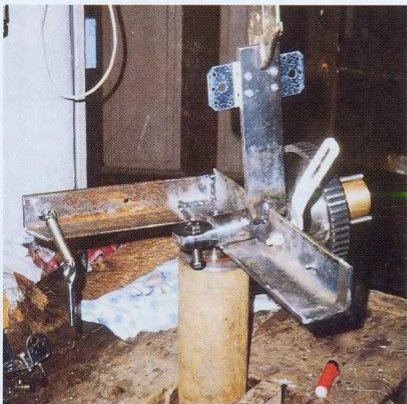
43. ábra. Kitámasztórúd a generátorhoz, a fogazott szíj megfeszítésére szolgáló hasitékkal



44. ábra. A szélirányjelző csuklójának hátsó része



45. ábra. Így kell összehegeszteni a szögvaselemeket, a forgórész tengelyt, valamint az árboccsapágy függőleges forgócsapját



46. ábra. Oldalnézet



47. ábra. Előlnézet: A már összeszerelt forgórészagy és fogazott tárcsa



48. ábra. A generátor szerelése

A hajtómű

A hajtómű (49. és 50. ábra) áttétele 1 : 3,75. Az uralkodó szelektől függ, hogy ez az áttétel megfelelő-e. A 48. ábrán levő fogazott tárcsának 72 foga és 218 mm átmérője van, ezzel 1 : 4,5 áttétel érhető el. Ha még tovább is változtatni akarunk az áttételen, mindig csak a nagy tárcsát módosítsuk. A kis tárcsát ne vegyük még kisebbre, mert az már a fogazott szíj nagyon erős igénybevételét okozná, márpedig minél erősebb a szíj hajlítása, annál nagyobbak a súrlódási veszteségek és annál gyorsabban kopik a fogazott szíj.

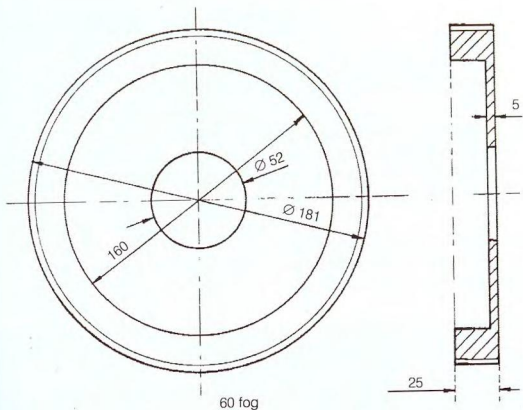
A fogazott szíj méretei a következők: szélessége 19 mm, hosszúsága 762 mm, fogak száma 80. Két szomszédos fogfelület távolsága egymástól 10 mm. Ilyen szíjat autós boltokban és kerti kisgépforgalmazóknál vásárolhatunk.

Az első kísérletnél kiderült, hogy a két fogazott tárcsát nehezen lehet úgy felszerelni, hogy azok pontosan egymás fölé kerüljenek, ami azt okozza, hogy a fogazott szíj szinte mindig leszalad a kis tárcsáról. A kis fogazott tárcsa két oldalán elhelyezett, 56 mm átmérőjű két lemeztárcsa megoldja ezt a problémát. A terelőlemezeket 4 db 3 mm-es csavarral szereljük fel a megfelelő felületekre. Fontos azonban, hogy a tárcsák külső peremét gondosan kerekítsük le és reszeljük simára, megfelelő, ha 1...3°-kal kifelé dőlnek. A lemezek illesztése, a felszereléshez szükséges fúrás és menetvágás meglehetősen sok munkával jár, érdemes ezért a kis fogazott tárcsát terelőlemezekkel együtt készen megvásárolni, majd a generátor tengelyének megfelelően felszereltetni.

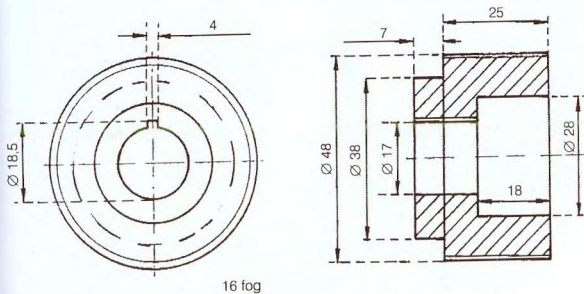
A szélirányjelző

A szélirányjelző feladata a szélturbina forgórészlapátjának a mindenkor széllel szemben történő beállítása azáltal, hogy a szélirányjelző mindenkor belesimul a légáramba.

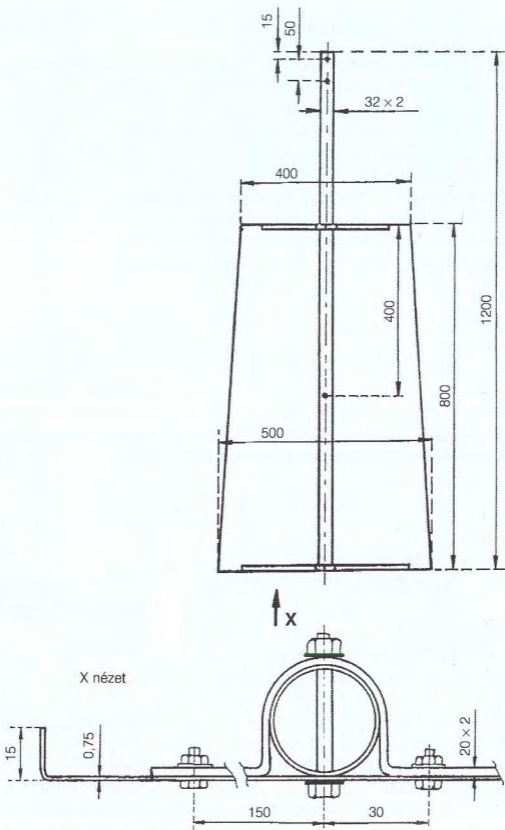
A szélirányjelzőnek acélcső tartója van, erre két laposacél kengyellel csavarozzuk rá a kormánylemezt, a kengyelek egyúttal merevítésül is szolgálnak. A kormánylemez hosszanti oldalait a stabilitás növelése érdekében hajlítsuk fel. A szélirányjelző felépítése az 51. ábrán látható, a szükséges alkatrészek a d táblában vannak felsorolva (l. a 68. oldalon).



49. ábra. A fogozott nagytárcsán (60 fog) a forgórész agyára való felrakás után még el kell készíteni az agyhoz illeszkedő 4 db furatot ($\varnothing 8,2$ mm)



50. ábra. A generátortengelyre kerülő fogozott kistárcsa. Ha más generátort használunk, a furatot esetleg ahhoz kell illeszteni



51. ábra. Szélirányjelző (l. még az 5. és 21. ábrát)

A forgórészfej felszerelése

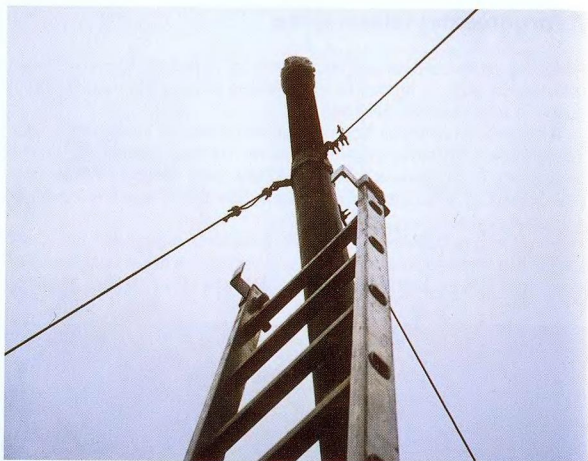
A forgórészfej felszerelése az árbocra nem könnyű feladat. A következőkben feltételezzük, hogy az árboc már fel van állítva és azt a leírt módon, három kötéllel ki is feszítettük (l. 52. ábrát)

A forgórészfej felrakása előtt célszerű annak összes alkatrészét, a szélirányjelző és a légcsavar kivételével, készre szerelni. A kábel és a fékkötél hosszát kb. 8...10 m-re vegyük (a fékkötélet csak később erősítjük fel a szélirányjelzőre), majd azokat a forgórészfej betevésével együtt fűzzük be az árboccsapágyba.

Ehhez a forgórészfejet lehetőleg közvetlenül az árboc felső szélé alatt kössük egy kötéllel a létrához. Ebben a helyzetben vezessük be a fékkötélet és a kábelt az árboccsőbe. Ha az árboc felállítása előtt a fékkötél furatán át



52. ábra. A forgórészfejet és a készre szerelt forgórészt egy csódarabra tesszük és a szabadban elvégezzük az első próbákat



53. ábra. Amikor a kész forgórészfejet végleges helyére, a felállított árbocra szereljük fel, kellő hosszúságú létrára van szükségünk

egy zsinórt húztunk a csőben felfelé, akkor most ehhez erősíthetjük a fékkötelet és azt egyszerűen lehúzzhatjuk. Befejezésül eresszük le a kábelt és húzzuk ki a maga nyílásán át.

Ezután tegyük be a forgórészt és az árboccsapágyat a csőbe, majd csavarjuk be az azt rögzítő négy csavart. Szereljük fel a szélirányjelzőt és kössük rá a fékkötelet. A munka befejező mozzanata a forgórészagy és a rászertelt forgórész (légcsvavar) felhúzása a tengelyre és csavarokkal való rögzítése.

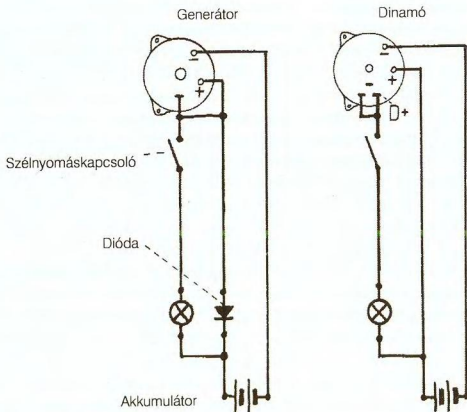
Elvileg lehetőség lenne arra is, hogy a komplett forgórészfejet már a földön beszereljük az árbocra. A fejfelállított árboc felállításához azonban sokkal nagyobb erőre lenne szükség. A kábelt is nehezebb egy 6 m hosszú, fekvő csőn áthúzni, mint felülről egyszerűen lecsúsztatni. Magát a légcsvart (hogy megkíméljük) mindenképpen csak a felállítás után célszerű felszerelni.

5. A villamos berendezések

A villamos bekötés

Csupán három vezetékre van szükségünk, amelyeket az árbocon át a generátorhoz és a szélnyomáskapcsolóhoz kell vezetni (54. ábra).

Rugalmas és hajlékony, több vezetőszázból sodrott rézvezetéseket alkalmazunk, ezek keresztmetszete a plusz- és mínusz-vezeték esetén legalább 4 mm^2 , a szélnyomáskapcsoló bekötésénél legalább $2,5 \text{ mm}^2$ legyen. Ha a generátor és az akkumulátortelep között nagyobb távolság van, akkor az árbc tövétől fektetett vezetékek keresztmetszetei lehetőleg még nagyobb-



54. ábra. A generátor külső áramköre

bak legyenek, hogy a vezetékeken a feszültségesést minél kisebb szinten tartsuk.

Váltakozó áramú generátoroknál még egy nagy áramterhelhetőségű diódát (visszáramdiódát) is be kell kötni. Ennek az a feladata, hogy álló berendezés esetén megakadályozza az akkumulátor kisülését. Ilyen nagy teljesítményű diódát elektronikai szaküzletekben lehet beszerezni. Ez legalább 20 A terhelhetőségre legyen alkalmas.

Fontos figyelmeztetés

Az ELWI-t csak rákötött akkumulátor esetén szabad üzemeltetni! A generátor leégphet, ha teljesítményét nem tudja az akkumulátornak leadni.

Akkumulátorok

A szélturbinákhoz és a napelemes rendszerekhez speciális, ún. ciklusálló (12 V-os, ill. 24 V-os) tárolóakkumulátorok a legalkalmasabbak. Ezek az akkumulátorok képesek hosszú időn keresztül jó hatásfokkal feltöltődni, majd kisülni a tárolóképességük 20 %-áig is. A ciklusállóságot jóval nagyobb tömegű ólommal tudják elérni, így ezek nehezebbek az azonos tárolóképességű gépjárműindító savas ólomakkumulátoroknál, és költségesebbek is. A gépjárműindító savas ólomakkumulátorok nem alkalmasak igazán a ciklikus töltés–kisütés üzemmódra, még a drágább fajták sem. Ezeket az igen kis belső ellenállású indítóakkumulátorokat arra tervezték, hogy rövid időtartamra több száz ampert leadva elindítsa a motort, majd az indulást követően azonnal tölti az akkumulátort. Az autóakkuk 1...1,5 év alatt tönkremennek a szélturbinás, ill. napelemes használatban. Ez idő alatt is nagyon rossz hatásfokkal és nagy energiaveszteséggel (önkisülés) üzemelnek. Ezzel ellentétben a szélturbinákhoz és napelemes rendszerekhez használható savas szolárakkumulátorok 4...6 évet bírnak ki. A szolárakkumulátorokon nem tüntetnek fel indítóáramot, így a legkönnyebb felismerni azokat.

Abban az esetben, ha olcsón hozzájuthatunk gépjárműindító savas ólomakkumulátorhoz, akkor a szükséges szolárakkumulátor (ciklusálló akkumulátor) tárolóképességének mindenkor a kétszeresét meghaladó tárolóképességű autóakkumulátort vásároljunk, tehát 55 A·h-ás helyett min. 100 A·h-at! Ez esetben, ha azt kevésbé terheljük (áramtakarékos fogyasztók), ill. nem merítjük le nagyon – csak a tárolóképesség 70 %-áig –, akkor azok 2...3 éves üzemidőt is elviselnek (lásd még: *Csináld magad sorozat Napenergiahasznosítás c. könyv 32...36. oldal. Cser Kiadó, Bp., 2003.*).

Az ELWI 2-nél min., 50 A·h autóakkumulátort kell használnunk. Ennek másik oka az is, hogy az akkumulátor káros túltöltését elkerüljük.

Kedvező szélviszonyokkal rendelkező felállítási hely esetén, pl. tengerparton vagy a hegyekben legalább 100 A·h tárolóképeségű akkumulátor ajánlatos. A fogyasztók áramfelvételétől és a megkívánt ellátási tartaléktól (autonom áramellátás) függően még nagyobb tárolóképeségű akkumulátorok alkalmazása is célszerű, ill. ajánlatos lehet.

Az olyan berendezéseknél, amelyek hosszabb időn át felügyelet nélkül működnek, túltöltés (akkumulátorfeszültség > 14,2 V) és mélykisülés (akkumulátorfeszültség < 10,5 V) elleni védelmet biztosító, elektronikus akkumulátorfelügyelő készülékről is gondoskodni kell. A túltöltés elleni védőberendezésnek azonban nem szabad az akkumulátort lekapcsolnia a szélgenerátorról (lásd fenn), hanem a felesleges áramot egy nagyobb teljesítményfelvételű fogyasztóhoz (esetleg egyszerűen egy fűtőellenálláshoz) kell vezetnie, hogy így lehessen elérni az akkumulátorfeszültség max. 14,2 V-ra való korlátozását.

Jól bevált erre a célra egy kis elektronikus áramkör, amely a túltöltés meggátolására automatikusan bekapcsol egy fogyasztót, kis akkumulátorfeszültség esetén pedig az összes fogyasztót leválasztja az akkumulátorról. Egy teljes szélturbinás áramellátó berendezés a következő egységekből áll: maga a szélturbina az áramfejlesztő generátorral, az akkumulátor és a generátor védelmére szolgáló töltőszabályozó és ciklusálló szolárakkumulátor (esetenként a 12 V-ból 230 V-os váltakozó feszültséget előállító inverter), valamint az energiatakarékos fogyasztók (pl. 12 V-os szürkületkapcsolós kompakt fénycső stb.). Magyarországon ezeknek az egységeknek mindegyike – sőt egyeseknél maga a kész szélturbina is – megvásárolható a napelemes rendszerek gyártásával, forgalmazásával foglalkozó cégeknél.

Fogyasztók

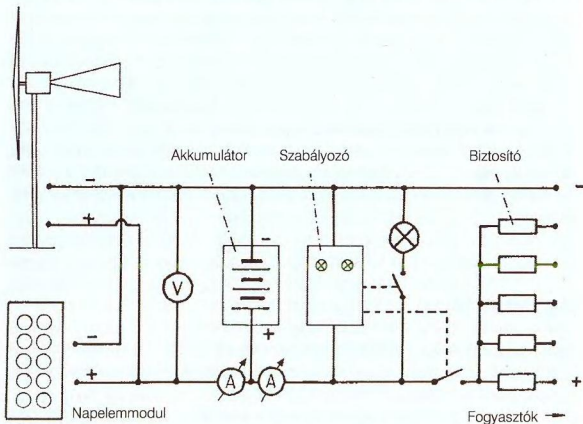
Amikor az ELWI már az árboc tetején van és elkezd termelni az áramot, a legfőbb ideje, hogy arra is gondoljunk, mit is kezdünk ezzel a környezetkímélő módon előállított villamos energiával.

A szélkerék által szolgáltatott energia várható nagyságát előzetesen nagyon nehéz megbecsülni, mert az jelentős mértékben a helyszínen uralkodó szélviszonyok függvénye. Nagyon kedvező helyszín esetén akár az évi

200 kW · h értéket is meghaladhatja, kedvezőtlen körülmények között még az évi 50 kW · h sem érhető el. A közelítő nyereség csak tapasztalati úton, vagy költséges helyszíni mérésekkel határozható meg.

Szélkerékes kísérletek során mért generátor-töltőáramból és -feszültség-ből lehet meghatározni a szélkerék teljesítményét. Célszerű időnként ellenőrizni a generátor és az akkumulátor működését. Az akkumulátorok a mélykisütést vagy a túltöltést egyáltalán nem képesek elviselni. Pontos feszültségmérővel (jól megfelel erre pl. egy egyszerű digitális voltmérő) rendszeresen ellenőrizzük az akkumulátor feszültségét és ezzel annak töltési állapotát, szükség esetén gondoskodjunk fogyasztók le-, ill. bekapcsolásáról. Az akkumulátor töltési állapota egy jó savsűrűség-vizsgálóval is ellenőrizhető, ez az eljárás ugyanolyan pontos, de kissé körülményesebb, mint a feszültség mérése. Ettől a tevékenységtől kímél meg az automata töltőszabályozó (túltöltés/mélykisütés eleni védelem, töltés állandó feszültségen, beépített védődióda, polaritásátfordulás megelőzése stb.).

Az 55. ábra szemlélteti, hogyan lehet a szélkerékkel, az akkumulátorok és egy egyszerű szabályozó felhasználásával egy fogyasztói hálózatot kialakí-



55. ábra. Ilyen lehetne egy komplett fogyasztói áramkör szélkerékkel, napelemes modullal, szabályozóval és mérőműszerekkel

tani. Az egész évi egyenletesebb áramellátáshoz célszerű, ha szélerőművünket napelemodulokkal is kombináljuk, ezért az áramkört olyan példán mutatjuk be, amely kiegészítő áramforrásként egy napelemodult is tartalmaz.

Ha a rendszer feszültsége 12 V, a megfelelő fogyasztók beszerzése semiféle problémát nem okoz. Egy autófelszerelési vagy szolárcikket forgalmazó szaküzletben a 12 V-os fénycsőtől a színes televízióig szinte minden megtalálható 12 V-os kivitelben.

Elvileg arra is van lehetőség, hogy feszültségátalakítóval (inverter) 230 V-os váltakozó áramot hozzunk létre és azzal működtessük az egyes berendezéseket, amelyek teljesítményfelvétele természetesen nem lehet túl nagy. Egy kis veszteségű inverter beszerzése azonban sokba kerül (40...120 eFt), ugyanakkor éppen a kis berendezéseknél a megtermelt energia minden morzsájára gondosan vigyáznunk kell, ezért az ELWI-nél a legtakarékosabb és legcélszerűbb megoldás, ha a 12 V-os rendszerrel maradunk.

Villanszerelési munkák

Egy átlagos, 23 V-os váltakozó feszültséggel táplált háztartási hálózat villanszerelési munkáit sok szabvány és kivitelezési utasítás szabályozza, amelyek célja az elektromos árammal szembeni megfelelő biztonság garantálása. Szaküzletekben általában a szükséges szerelési anyagok beszerezhetők. A 12 V vagy 24 V egyenárammal működő törpefeszültségű hálózat szerelésénél kissé eltérő viszonyokkal találkozunk. Az érintéssel járó áramütés veszélyével ugyan nem kell számolnunk, van azonban néhány fontos szabály, amiket feltétlenül be kell tartanunk, ha nem akarjuk, hogy berendezéseink megsérüljenek vagy kábeleink leégjenek. Jelenleg még az is hátrányos körülményt jelent, hogy a törpefeszültségű hálózatok szerelési anyagai aránylag drágábbak és nem mindenhol kaphatók.

Egyes alkatrészeket átvehetünk a gépjárművek villamos szerelési anyagai közül, ezek azonban házi használatra nem a legideálisabbak. A dugaszolócsatlakozások pólusainak felcserélése csak az egyik olyan veszély, ami a legnagyobb óvatosságra kell, hogy intsen. Célszerű a kereskedelemben kapható fordított polaritású csatlakoztatás ellen védő, nagyobb terhelhetőségű csatlakozóaljzatokat és dugókat használni. Ma már többféle típus és kivitel között válogathatunk. Használhatók a hagyományos 230 V-ra alkalmas csatlakozóaljzatok és dugók is úgy, hogy az oldalsó védőérintkezőt

használjuk negatív vezetőként, a másik kettő érintkezőt (villa) pedig párhuzamosan kötve pozitív vezetőként. Így is elkerülhető a fordított polaritású csatlakoztatás. Ezen túlmenően minden pozitív és negatív érintkezőt és vezetéket vörös, ill. kék színjelzéssel kell ellátni.

Kábelek

A vezetékek esetében az a legfontosabb, hogy megfelelő keresztmetszetű részsálakból sodort, többeres szigetelt vezetékeket alkalmazzunk. A törpefeszültségű (azaz 12, ill. 24 V-os) hálózatokban ugyanis egy adott teljesítmény átviteléhez lényegesen nagyobb áramokra van szükség, mint a hálózati feszültség (230 V) esetén. Ha vékony vezetékeket használunk, a feszültségesés okozta veszteségek nagyon megnőhetnek. A vezetékvesztések nemcsak a fogyasztókra jutó feszültség csökkenését okozzák, de a vezetékeket is felmelegítik, akár annyira, hogy a szigetelés megolvad és a létrejövő rövidzárlat tüzet okozhat. Megfelelő keresztmetszetű vezetékekkel ezek a hátrányok és a tűzveszély megelőzhető. (6 A terhelőáramig 1,5 mm², 14 A terhelőáramig 2,5 mm², e felett – az ELWI-nél pl. – 4 mm² stb.)

Ha a vezetékek hossza több, mint 10 m, akkor a feszültségesési vezetékvesztések szinten tartásához még nagyobb keresztmetszetű vezetékeket kell választani, hogy a kábel 1 mm² keresztmetszetén átfolyó áram akár az 5...1 A/mm² értéket se haladja meg. Az alábbi egyszerű képlettel lehet meghatározni azt, hogy egy adott teljesítményű fogyasztó működtetéséhez mekkora áram folyik át a vezetéken:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{UI}{U}, \text{ vagyis}$$

$$\text{áramerősség (A)} = \frac{\text{teljesítmény (W)}}{\text{feszültség (V)}}.$$

Kapcsolók és biztosítók

Kisebb teljesítményű fogyasztóknál, amelyek nem haladják meg az 50 W értéket (izzólámpák stb.), általában használhatók a 230 V-os hálózathoz való,

süllyesztett vagy falon kívüli kapcsolók. Nagyobb egyenáramú fogyasztókat azonban az ilyen kapcsolókkal nem szabad működtetni, még akkor sem, ha ezek érintkezőire 10 A (váltakozó áramú) terhelést adnak meg. Az érintkezők ugyanis egyenáram esetén sokkal könnyebben beégnek, mint váltakozó áramnál. A nagyobb teljesítményfelvételű fogyasztóknál, amelyek 4...5 A feletti áramfelvétellel rendelkeznek, kifejezetten nagy egyenáramokra készített, speciális kapcsolókat kell alkalmazni.

Fontos feladat az egyes fogyasztói áramkörök biztosítása. Használható megoldást jelent az autókból ismert olvadóbiztosítók alkalmazása, megfelelő biztosítótartókat autósboltokban vásárolhatunk. A házi villanszereléseknél alkalmazott kismegszakító automaták is megfelelnek. Különböző áramterhelhetőségű változatokban (6 A, 10 A, 16 A, 20 A, 25 A stb.) szinte mindenhol beszerezhetők. Emellett nagy előnyük, hogy a billenő vagy nyomógombjuk segítségével a fogyasztót szükség esetén ki-bekapcsolhatjuk.

A CSER Kiadó szakkönyveinek teljes választéka
állandó jelleggel megtalálható az új helyre
költözött, megnövelt területen működő
SZAKKÖNYVÁRUHÁZ-ban.

1065 Budapest, Nagymező u. 43.

Tel./Fax: 373-0500, 373-0501

E-mail: musaki.konyvaruhaz@lira.hu

Nyitva tartás: hétfőtől péntekig 10-18 óráig
szombaton 10-13 óráig

Az áruház postai szállítást is vállal
a postaköltség felszámolásával!

6. Darabjegyzék az ELWI 2 típusú szélerőműhöz

Árboc

Ábraszám	Darab	Megnevezés	Méret
23	1	Cső	100 mm × 4 mm; 6 m hosszú
24	1	Csőbilincs	20 mm × 3 mm × 220 mm
23	3	Drótkötél	5 mm vastag; 5,5 m hosszú
	3	Kötélfeszítő	Teherbírása 1000 kg
	3	Kötélszem	Teherbírása 1000 kg
	12	Kötélszorító	5 mm drótkötélhez
	3	Hatlapfejú csavar	M 8 × 30 mm
	3	Hatlapú anya	M 8
	3	Rugós alátét	MSZ 2210
	3	Műanyag kötél	10 mm vastag; 80 cm hosszú
	6	Kötélszorító	10 mm nejlonkötélhez
	12	Kötélszorító	10 mm nejlonkötélhez
	3	Földelő rúd (T acél)	kb. 60 mm × 35 mm; 1,5 m hosszú
26	1	Árboccsapágy (acél)	Ø 110 mm × 100 mm
	2	Mélyhornyú golyóscsapágy	SKF (d = 35, D = 62, B = 14 mm)
	4	Hatlapfejú csavar	M 8 × 25
	4	Rugós alátét	MSZ 2210
	1	Lemzétárcsa	Ø 120 mm × 1 mm
			Minden csavar horganyozott kivételű!

Forgórész

Ábraszám	Darab	Megnevezés	Méret
30	1	Faanyag (erdeifenyő/kóris)	240 cm × 15 cm × 4 cm
33	1	Agy (acél)	Ø 100 mm × 75 mm
	2	Golyóscsapágó	SKF ($d = 25$, $D = 47$, $B = 12$ mm)
34	1	Tárcsa	Ø 100 mm × 5 mm
35	1	Tárcsa	Ø 45 mm × 5 mm
36	4	Hatlapfejű csavar	M 8 × 80 mm
	4	Hatlapú anya	M 8
	4	Rugós alátét	MSZ 2210

Forgórészfej

Ábraszám	Darab	Megnevezés	Méret
27	1	Forgócsap (acél)	Ø 40 mm × 180 mm
28	1	Tárcsa (acél)	Ø 112 mm × 5 mm
38	1	Szögacél	50 mm × 50 mm × 350 mm
38	1	Szögacél	50 mm × 50 mm × 280 mm
39	1	Forgórész tengely (acél)	Ø 40 mm × 270 mm
	1	Generátortartó lap (acél)	210 mm × 50 mm × 5 mm
	1	Hatlapú anya	M 12
	1	Szemes csavar	M 8 × 40 mm
40	2	Hatlapú anya	M 8
	1	Generátortartó (acél)	50 mm × 130 mm × 5 mm
42	1	Tartólemez (a fékkötélhez)	40 mm × 110 mm × 2 mm
	2	Hatlapfejű csavar	M 4 × 20 mm
	2	Hatlapú anya	M 4 önzáró
	2	Rugós alátét	MSZ 2210
	1	Szífesztő (acél)	280 mm × 20 mm × 5 mm
43	2	Hatlapfejű csavar	M 8 × 30 mm
	2	Hatlapú anya	M 8
	2	Rugós alátét	MSZ 2210
	1	Szélirányjelző csuklója (acél)	Ø 40 mm × 160 mm

Forgórszfej (folytatás)

<i>Ábraszám</i>	<i>Darab</i>	<i>Megnevezés</i>	<i>Méret</i>
	1	Hatlapfejű csavar	M 12 × 60 mm
	2	Hatlapú anya	M 12 önzáró
	2	Alátétlemez (acél)	50 mm × 0,25 mm
	2	Hatlapfejű csavar	M 8 × 50 mm
	2	Hatlapú anya	M 8
	2	Rugós alátét	MSZ 2210

Minden csavar horganyozott kivételű!

Hajtómű

<i>Ábraszám</i>	<i>Darab</i>	<i>Megnevezés</i>	<i>Méret</i>
	1	Generátor	Választás szerint
49	1	Fogazott tárcsa (acél)	Ø 185 mm × 25 mm
50	1	Fogazott tárcsa (acél)	Ø 50 mm × 32 mm
	1	Fogazott szíj	19 mm × 762 mm; 80 fog; fogosztás 10 mm

Szélirányjelző

<i>Ábraszám</i>	<i>Darab</i>	<i>Megnevezés</i>	<i>Méret</i>
51	1	Cső	Ø 32 mm × 2 mm × 1200 mm
	1	Acél- vagy alu-lemez	500 mm × 800 mm × 0,75 mm
	1	Borda	20 mm × 2 mm × 400 mm
	1	Borda	20 mm × 2 mm × 520 mm
	2	Szemescsavar	M 8 × 50 mm
	2	Hatlapú anya	M 8
	2	Rugós alátét	MSZ 2210
	8	Hatlapfejű csavar	M 5 × 20 mm
	8	Hatlapú anya	M 5 önbiztosító
	8	Rugós alátét	MSZ 2210
	1	Erős acélrugó	kb. 80 mm hosszú

Egyebek

Ábraszám	Darab	Megnevezés	Méret
	1	Drótkötél (fék)	2 mm × 6 m (kerékpártartozék)
	1	Fékvezetéktömlő	kb. 0,6 m hosszú (kerékpártartozék)
	2	Fékkötélfeszítő	(kerékpártartozék)
	2	Kötélszorító	
	1	Kis tartólemez a szélnyomás- kapcsolóhoz	
	1	alu-lemez (szélnyo- máskapcsoló)	Kb. 100 mm × 50 mm
	1	Hatlapfejű csavar	M 4 × 20 mm
	1	Hatlapú anya	M 4 önbiztosító
	1	Rugós alátét	MSZ 2210
		Nagyon jó minőségű festék	

Barkácsolóknak és a technikai kérdések iránt érdeklődőknek ajánljuk kiadónk sikeres **CSINÁLD MAGAD** sorozatának köteteit.

Néhány cím a sorozatból:

Elektromos szerelések a lakásban • Energiatakarékos fűtési módok • Energiatakarékos ház és lakás • Gipszkarton lapok beltéri felhasználása • Halogénvilágítás a lakásban • Hegesztés, forrasztás, lakatosmunkák • Korszerű fürdőszobák kialakítása • Napenergia-hasznosítás • Rögzítéstechnika • Szauna és edzőterem építése • Tetőterek beépítése • Villanszerelési munkák

A könyvek megtalálhatók a nagyobb könyvesboltokban, az ország összes barkácsáruházában, továbbá kiadónkban:



1114 Budapest, Károli Gáspár tér 3.

Tel.: 386-9019, 209-2982 • Tel./Fax: 385-6684

E-mail: cser@chello.hu

Honlap: www.cserkiado.hu

7. Bemutatkozik az Eurowind Hungary Kft.

A szélenergia-hasznosítás történeti áttekintése

Szélmalmok. Időszámításunk után 900 körül az első szélkerekek malmokat hajtottak Peking körül és Perzsiában.

A XI. században megjelentek Európában is a szélmalmok, a XIII. századra pedig már általánosan elterjedtek. Amíg a XIII. században a vízszintes tengelyű és teljes forgatható malomházzal rendelkező szélmalomról beszélhetünk, addig a XV. század elején már a „hollandi malmok” vagy „tornyos szélmalmok” terjedtek el.

Ezek a 15 m-es szárnyakkal rendelkező hollandi malmok kb. 30 kW teljesítményre voltak képesek. A tornyos szélmalmok fedelét kezdetben kézi erővel forgatták szélirányba. 1745-ben talált föl az angol Edmond Lee olyan segédvitorlát, amely általában a malom szélcsendes oldalán helyezkedik el, ezért az erőmű mozdulatlan marad. Tulajdonképpen ez volt a vezérléstechnika első csírája.





Szélkerekek. A XIX. század ún. „amerikai típusú” szélkereke már vízhozásra is alkalmas. A kisebb átmérőjű szélkerék 18...20 db lemezlapátból áll, oszlopa rácsszerkezetű. Leggyakoribb előfordulása Németország, Dánia és az USA.

Szélgenerátorok. Az első tömeggyártásra készülő szélgenerátorok a német származású Allgaier nevéhez fűződnek (1950). A tengerparti vidékeken ezek a generátorok 10 kW, míg az ország belsejében állók 6 kW teljesítményre voltak képesek.



Az ilyen generátorokat hajtó lapátok már megfeleltek az aerodinamikai feltételeknek, és átmérőjük elérte a 10 m-t.

Az 1950-es évek után világszerte előtérbe kerültek a fosszilis energiahordozók, majd a 70-es években az olaj árának emelkedésével újból felmerült a természet adta energiahordozók alkalmazása. Ekkor a próbálkozások már a MW osztályú szélgenerátorok felé hajlottak. Ezen teljesítményű generátorokkal először az USA-ban és Svédországban tettek kísérleteket. A 80-as években Kaliforniában 1500 MW teljesítményre képes, ún. „szélfarmokat” építettek. Ezekben többnyire 50, 100 és 200 kW teljesítményű szélgenerátorok működtek.

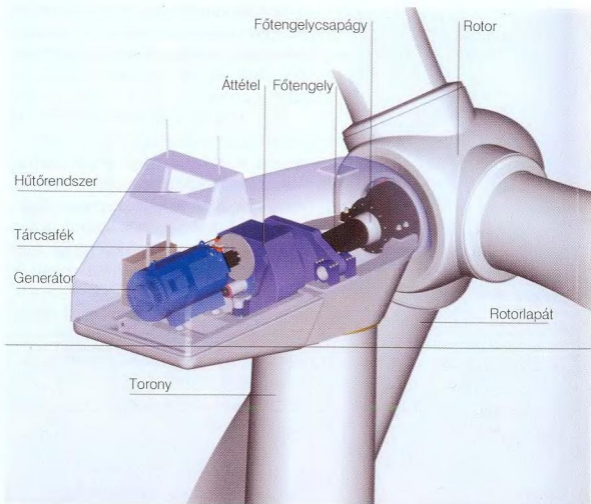
A 200 kW teljesítményű gépek továbbfejlesztésével megjelentek az 500...1500 kW-os szerkezetek.

Különlegességként megemlíthetjük, hogy létrehoztak függőleges tengelyű elképesztően egyszerű szerkezeteket az ún. „Darrieus malmokat”, de ezek a gyakorlatban nem terjedtek el.



Ipari teljesítményű szélgenerátorok

A gépház (gondola). A korszerű szélgenerátoroknak három szárnylapátja van. A gépház – a lapátok nagyságától függően – 30...80 m magas tornyon van elhelyezve, benne a villamos generátor, amelyet a rotor hajt. Fontos eleme a szélturbinának a szélirányba állító berendezés, amely függőleges tengely körül elfordítja a tornyon levő gépházat, és ezzel eléri, hogy a rotor a szélirányra mindig merőlegesen álljon. A szárnylapátokat a jobb hatásfok érdekében hidraulikus szerkezet forgatja. A torony magassága általában 1...1,5-szerese a rotor átmérőjének.



A szárnylapát. A szélgenerátor legfontosabb eleme a 3 lapátos rotor, amely a levegő mozgási energiáját alakítja át a főtengelyre ható forgási energiává. A szárnyra ható felhajtóerő – a repülőgépekéhez hasonlóan – a megfelelő széláram kialakulásával jön létre.



A szélgenerátor elméleti teljesítménye. A függőleges tengelyű szélgenerátornál, ahol a rotor tengelye merőleges a szélirányra, a megfúvás szöge a lapátan változik, így az aerodinamikai terhelés állandóan változik. A szélgenerátor teljesítménye arányos a lapátkerék által súrolt felülettel, a szélsebesség harmadik hatványával és a levegő sűrűségével. Az így elérhető átlagteljesítmény – magyarországi átlagos szélesebbséget feltételezve – 70...80 W/m². A rotor átmérője 600 mm-től 60 m-ig, teljesítményük 50 W-tól 3 MW-ig terjed.

Szélerőművek telepítésének fontossága

A környezetvédelmi ráfordítások a leghatékonyabban az energiatakarékos-sággal mérsékelhetők. Ennek fontos része, hogy a fosszilis energiahordozókat olyan energiatermelőkkel helyettesítsük, ahol nincs szükség a nyersanyag környezetszennyező eltüzelésére, továbbá az importfüggőség is csökkenthető.

A szélenergia előnyei

- Alacsony költség, a szél felveszi a versenyt a nukleáris energiával, a szénnel és a gázzal.
- Üzemanyag nem szükséges, nincs szén-dioxid-kibocsátás.
- Előre gyártott elemekből épül fel és gyorsan telepíthető.
- Ipari villamosáram-ellátást biztosít.
- Mezőgazdaság-barát, mezőgazdasági/ipari tevékenység folytatható a környéken.
- Több munkahelyet teremt telepített megawattként és elköltött dolláronként, mint a fosszilis és a nukleáris energiaforrások.

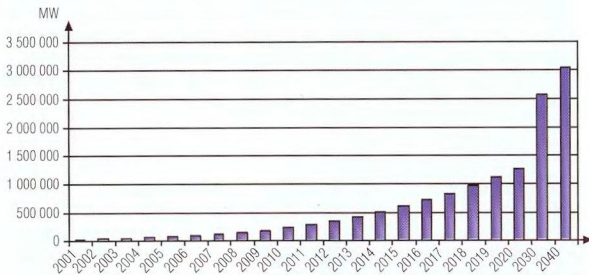
Hátrány:

Ingadozó energiatermelés.

A szélenergia napjainkban a világon 14 millió háztartásban, több mint 35 millió ember villamosenergia-szükségletét fedezi.

Az elmúlt néhány évben az újonnan telepített szélenergetikai berendezések beépített teljesítménye meghaladta a nukleáris berendezésekéét. Jelenleg több mint 55 ezer szélturbina üzemel világszerte. Globális szinten az iparág közel 70 000 embert foglalkoztat, több mint 5 milliárd USD értékben és évente a beépített kapacitás értéke közel 40 %-os mértékben emelkedik.

Magyarország is megfelelő adottságokkal rendelkezik szél erőművek telepítésére.



A várható teljesítménynövekedés a világon, év

Néhány adat a szélenergia energetikai hasznosításának előnyeiről

- 500 db szél erőmű megtermelné Paks teljesítményét (ha 3 MW-os gépről van szó).
- Egy 1,5 MW-os szél erőmű 20 év üzemidő alatt 76 Milliárd kW · h zöldE-t termel, ez 84 000 t barnaszénből nyert energiát helyettesít.
- Egy 6 MW teljesítményű szélpark – egy szél erőműhöz képest – évente 13,6 Milliárd kg CO₂-tól, 20 720 kg SO₂-tól, 10220 kg NO_x-tól és 560 kg portól menti meg a környezetet.
- Olcsó üzemeltetés.
- Egyszerű, gyors lebontás az élettartam végén. A terület könnyen helyreállítható eredeti állapotába.

Miért kell előnyben részesíteni és beruházni a szélenergiába?

A legtöbb Nyugat-Európai országban felesleges ezt a kérdést feltenni. A fejlődő technológiának, a támogató politikai hatásnak és a nagy társadalmi elfogadottságnak köszönhetően, e megújuló energiaforrás hasznosítása ugrásszerűen növekedett. Ez a siker egy ígéretes piacot teremtett, amely most megnyílik Kelet-Európa felé. A szélenergia-hasznosítás nemcsak munkahelyteremtő, illetve természeteserőforrás-kímélő, hanem támogatja a szabad piacot, a piacok decentralizációját. Ha a megfelelő modelleket alkalmazzuk a szélenergia nemcsak egy államilag támogatott teher, hanem jó üzlet is. Ezt támogatandó, a világ fejlett országai megállapodást kötöttek a károsanyag kibocsátásának csökkentésére. Ezt egy egyezményben, és az ún. Fehér Könyvben rögzítették.

- A kiotói klímavédelmi egyezményt aláíró országok arra kötelezték magukat, hogy a CO₂-kibocsátást csökkentik. A megújuló energiaforrások nélkül – így a szélenergia nélkül is – ez nem lehetséges.
- 2010-re 12 %-ra kell növelni a megújuló erőforrásból származó energiefelhasználást (Fehér Könyv). Ez az arány jelenleg Magyarországon 3,6 %-ra tehető.

A jelenlegi szélenergiatechnológia lehetővé teszi a szélenergia hasznosítását a legkülönbözőbb helyeken. A kontinentális, kisebb átlagos szélességű viszonyok között telepített szélturbinák segítették elő a legnagyobb fejlődést az utóbbi években.

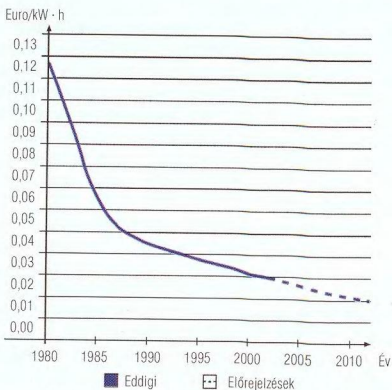
A felvevőpiac adva van

Az 56/2002. számú Gazdasági és Közlekedési Minisztériumi rendelet értelmében az áramszolgáltató meghatározott teljesítmény (0,1 MW) felett, rögzített áron köteles átvenni az alternatív energiaforrásból, így például az szélenergiából származó energiát.

Időszak	Kötelező átvételi ár 2003. január 1-jétől, Ft/kW · h
Csúcsidőszak	24
Völgyidőszak	15

Csökkenő költségek

A szél ma már felveszi a versenyt a széntüzelésű erőművekkel, és sok tekintetben vetekszik a gázzal, amely jelenleg a legolcsóbb energiaforrás.



A szélergia költségeinek csökkenése

Gazdasági vonzerejének növekedésével a szélergia komoly üzletté válik. A legnagyobb szélturbina-gyártók már több millió dolláros gyárat létesítenek világszerte, hogy az igényeket ki tudják elégíteni. Öt vezető cég részvényeit már kibocsátották az európai tőzsdéken, amelyek iránt nagy az érdeklődés.

A szélergia-ipar külső befektetőket is vonz. 2002 elején például egy banki, biztosítási és jogi érdekeltségű konzorcium nyilvánosságra hozta, hogy akár 1,3 milliárd dollárt is befektetne az Egyesült Királyság partjain tervezett szélfarmokba. A turbinákat gyártó Enron Wind céget megvette a General Electric, a világ egyik legnagyobb cége.

Hasonló fontosságú számos olajtársaság azon döntése is, hogy a szélergia-iparban érdekeltséget szerezzen. A Shell megújuló energiaforrással foglalkozó részlege már 140 MW szélkapacitást tudhat a magáénak.

Látható, hogy a szélenergia az energiapiac élvonalbeli tényezőjévé válik.

A piac növekedésével a szélenergia költségei rohamosan csökkennek. Egy kW · h szélenergia előállításának költsége egyötödére csökkent a 20 évvel ezelőttihez képest.

Szélerőművek telepítése

Minden szélerőmű projekt sikerességét alapvetően a következő tényezők befolyásolják:

- megfelelő szélpotenciál, (gondolunk itt megfelelő szélesebesség és ezen szélnek az egyenletes éves eloszlására);
- megfelelő helyszín (melyet jól előkészített pontos helyszínanalízissel és szélméréssel lehet meghatározni);
- tőke, amelyből a projektet finanszírozni lehet.

A szélerőműveket általában a lakott területtől megfelelő távolságban (minimum 500...800 m-re) telepítik, mezőgazdasági hasznosítású területeken.

A termelésből kivont területek nagysága erőművenként általában nem több mint 400 m². A fennmaradó területen zavartalanul folyhat a mezőgazdasági termelés.

Megfelelő villamoshálózat legyen a közelében, amely az előállított villamos energiát fogadni képes.

A Duna menti Kulcson működő erőmű

Mivel az áramszolgáltatók kötelezve vannak egy bizonyos teljesítmény felett az áram átvételére, ezért jó biztonsággal számítható a szélerőmű projektek megtérülése. Példaként bemutatjuk a kulcsi erőmű működési és megtérülési adatait, melyeket a már kétéves, folyamatos működés igazol.

A kulcsi szélerőmű átlagosan évente 750 család teljes energiaellátását biztosítja.

A megtermelt villamos energiát a DÉDÁSZ közép feszültségű (20 kV-os) hálózata veszi át.

Beruházási költség. A beruházást a Gazdasági Minisztérium és a Környezetvédelmi Minisztérium támogatta. A megvalósításhoz jelentős hitellel járult hozzá a Dél-dunántúli Áramszolgáltató Rt. (DÉDÁSZ Rt.).

A szélérőmű teljes beruházási költsége:	200,00 M Ft
Ebből támogatás	
– Gazdasági Minisztérium:	32,50 M Ft
– Környezetvédelmi Minisztérium:	16,25 M Ft
Kamatmentes hitel	
– Környezetvédelmi Minisztérium:	16,25 M Ft

Az ENERCON E-40 típusú 600 kW-os kulcsi szélérőmű műszaki adatai

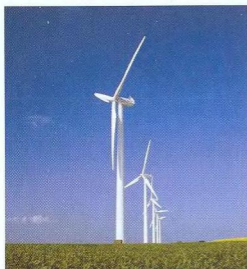
Típus	Adatok
Névleges teljesítmény	600 kW
Tengelymagasság	65 m
Lapátkerék átmérője	44 m
Lapátok száma	3 db
Fordulatszám	18...34/min
Indítási szélesebesség	2,5 m/s (9 km/h)
Biztonsági leállás	20 m/s (90 km/h)
Kilépő feszültség	440 V
Hálózati betáplálás	20 000 V
Tervezett energiatermelés	1200 MW · h/év
Első évben megtermelt energia	1250 MW · h

Az Eurowind Hungary Kft. programja

A Kft. célkitűzése összhangban van az EU-hoz való csatlakozás elvárásaival, segíti a környezetvédelmi feladatok megoldását, erősíti az ellátásbiztonságot, csökkenti az energia importfüggőségét. Az energiatakarékosságot segítő pályázatokon elnyerhető vissza nem térítendő beruházási támogatásokkal épülő létesítmények elősegítik az ipari termelés növekedését azáltal, hogy keresletet teremtenek, miközben a kereslet kielégítése új munkahelyeket hoz létre.

Az Eurowind Kft. célja, hogy hosszútávon olcsóbb, és környezetkímélőbb energiát állítson elő, megerősítse a magyar vállalatok, befektetők pozícióját

a szélenergia-hasznosítás piacán. A Kft. felkarolja és támogatja a regionális kezdeményezéseket, nagy hangsúlyt fektetve a nélkülözhetetlen szakmai ismeretekre. Segít meghatározni a beruházás optimális méreteit a helyi telepítési viszonyok függvényében. Ehhez a cég kiterjedt méréseket végez, aktívan részt vesz a magyar széltérkép kidolgozásában, amely alapul szolgálhat a későbbi, kifizetődő beruházásokhoz. A szakmai háttérmunkát kifejezetten erre specializálódott mérnöki iroda végzi.



Az Eurowind Kft.

a következő munkákat vállalja:

- előzetes környezeti elemzés;
- helyszínanalízis;
- project előkészítés;
- pénzügyi tanácsadás;
- beszerzés;
- kivitelezés;
- használatba adás;
- üzemeltetés.

A cég a leendő projektekhez

a következő szolgáltatásait kínálja:

- szaktanácsadás, oktatás;
- pályázatkészítés;
- a projekt finanszírozása;
- környezeti hatástanulmány-készítés;
- szélenergia-mérés;
- engedélyeztetés;
- szélgenerátor forgalmazása, gyártása;
- szerviz, karbantartás.



Az Eurowind Kft. a kisbefektetőknek is biztos megtérüléseket kínál.

Részletes felvilágosítás, szaktanácsadás:

 **Eurowind
Hungary®**

1094 Budapest, Angyal u. 1-3. • Tel.: 215-1259, 218-5555

Fax: 455-3643 • E-mail: eurowind@eurowind.hu

Honlap: www.eurowind.hu

8. Villám- és túlfeszültségvédelem az MSZ 274, MSZ IEC 1312-1 és az MSZ 447 módosításai szerint

A szélerőműveket, mint áramtermelő berendezéseket – hasonlóan az egyéb villamosenergia-ellátás és fogyasztórendszerek készülékeihez és berendezéseihez – fokozott villám- és túlfeszültségvédelemmel kell ellátni. A védelem mind a villámcsapás, mind a kapcsolások és zárlati események által keltett túlfeszültségek károsító hatásait biztonsággal kivédi, és a fellépő túlfeszültség csúcsértékeit az EMC-szabványokban előírt határértékeknél alacsonyabb értékek alá korlátozza.

Mit jelent az EMC? Az EMC angol betűszó (Electro Magnetic Compatibility) magyarra lefordítva jelentése elektromágneses összeférhetőség. Minden villamos működésű készülék, berendezés vagy elektronikus rendszer a környezetével állandó elektromágneses kölcsönhatásban van. Egyrészt a saját környezetükre elektromágneses hatást fejtenek ki, így esetenként megengedhetetlen nagyságú elektromágneses zavarok forrásai is lehetnek, vagy fordítva, a környezetükben fellépő elektromágneses hatások az érzékeny berendezések működésében különböző zavarokat és hibás működést is előidézhetnek, esetenként a berendezések meghibásodását vagy tönkremenetelét is okozhatják.

Ezért az EMC-előírások és rendeletek szerint a villamos berendezések csak akkor hozhatók kereskedelmi forgalomba, és csak akkor tekinthetők biztonságosnak, ha az elektromágneses zavarás és zavartatás EMC „Az elektromágneses összeférhetőség” MSZ EN 61000 szabványsorozat követelményeinek is megfelelnek, és ezt a termékek gyártói, illetve termékek forgalmazói hivatalos vizsgálati jegyzőkönyvekkel igazolják (CE-tanúsítvány)!

A gyakorlatban tehát a CE-tanúsítvánnyal rendelkező elektronikus termékek meg kell feleljenek az EMC-szabványok követelményeinek.

Ennek ellenére mégis gyakran előfordulnak olyan rövid idejű elektromágneses impulzushatások, melyek az EMC-szabványban megengedett határértékeket nagyságrendekkel meghaladják, és a berendezéseket tönkreteszik. Ilyen elektromágneses hatások lehetnek pl. a közvetlen vagy közeli villámcsapások, vagy a különböző kapcsolási túlfeszültségek.

Milyen gyakran várható villámhatás? Földünk felszínét egy óra alatt több mint egymillió villámcsapás sújtja! Magyarországon a várható villámcsapások száma

átlagosan négyzetkilométerenként évente legalább kettő. Az épületeket és vagyontárgyakat ért villámcsapások a hazai biztosítótársaságok adatai szerint a nem megfelelő villámvédelem vagy a villámvédelem hiánya miatt több száz millió forint villámkárt okoznak évente.

Ennél sokkal jelentősebbek azonban azok a pótolhatatlan villámkárok, melyeket a másodlagos villámhatások okoznak. Ezek sokszor pénzben ki sem fejezhetőek. Másodlagos hatások ugyanis a miniatűr elektronikus berendezések túlfeszültség érzékenysége miatt több százszoros gyakorisággal jelentkeznek, mint a közvetlen villámcsapások, mert a villámtalppont köré rajzolható több kilométeres hatósugarú kör felületével arányosan megnőtt a villámcsapások másodlagos romboló hatása!

Kapcsolási túlfeszültségek. Fogyasztók ki-be kapcsolása, zárlatvédelem működése, karbantartási lekapcsolások, hálózati tranziszerek naponta ugyancsak számtalan túlfeszültség impulzust gerjesztenek a hálózaton, melyek csak hullámfarmájukban különböznek a villámhatásoktól, előfordulási gyakoriságuk viszont sokkal nagyobb, mint a villámcsapásoké. A többlépcsős belső villám- és túlfeszültségvédelem ezek ellen is védelmet biztosít!

A villámvédelem joghelyzete. A közelmúltban a 2001. évi 112 törvény megváltoztatta a szabványok joghelyzetét és ezzel többek között megszűnt az MSZ 274 „Villámvédelem” szabvány korábbi kötelezően alkalmazandó szabvány joghelyzete is. Mivel a villámvédelem a gyakorlatban nélkülözhetetlen, ezért a 2/2002 BM rendelet az MSZ 274 „Villámvédelem” szabványt változatlan tartalommal mint rendeletet kötelezővé tette. Tehát a szabványok joghelyzet változásai ellenére a gyakorlatban a „Villámvédelem” kötelezően alkalmazandó szabvány maradt! Ez azt jelenti, hogy villámvédelmet csak abban az esetben nem kell felszerelni, ha az új, módosított MSZ 274 „Villámvédelem” szabvány megítélése szerint az épület vagy építmény kedvező természetes villámvédelmi adottságaira tekintettel az megengedi! Közvetlen villámhatásokkal szemben azonban ekkor is belső villám- és túlfeszültségvédelmet célszerű vagy kötelező létesíteni!

A külső villámvédelem jelentősége. A külső villámvédelem tűzvédelem szempontjából változatlanul nélkülözhetetlen! Ha nincsen villámhárító felszerelve az épületre, akkor egy közvetlen villámcsapás a magas talpponti hőmérséklet és a szétfröccsenő izzó anyagszemcsék tűzgyújtó hatása miatt a közelbe lévő gyúlékony, tűzveszélyes anyagokból készített szerkezeteket meggyújthatja, és ennek következtében az épület le is éghet.

Külső villámvédelem az új MSZ 274 szerint. A külső villámvédelem feladata változatlanul az, hogy a közvetlen villámcsapást károkozás és gyújtóhatásmentesen felfogja és a villámáramot, azaz a villámkisüléskor kiegyenlítődő villamos töltéseket megfelelő keresztmetszetű és villamosan jól vezető áramúton (felfogó, levezető, földelő) biztonságosan levezesse.

Felfogó. A felfogó változatlan feladata, hogy közvetlen villámcsapáskor a védendő építmény helyett minden esetben a felfogón képezzen biztonságos villámbeccsapási talppontot, és ilyen módon megvédje az épületet a villám esetleges tűzgyújtó, olvasztó, dinamikus és romboló hatásaitól.

Lényeges változást jelent a külső villámvédelem kialakításában a másodlagos villámhatások kivédésére hozott intézkedési követelményrendszer. Például az, hogy az

olyan fém tetőfelépítményeket, melyek villamos működtetésűek (pl. tetőszellőző ventilátor vagy klíma hőcserélő) a villámvédelmi felfogó védett terében, a veszélye megközelítési távolság betartása mellett szabad csak elrendezni. (Ilyen feladatokra javasolt pl. a DEHNiso elszigetelt villámvédelmi felfogó rendszer alkalmazása, amely megakadályozza a villámáram közvetlen bejutását a szellőző motor leágazásán keresztül a villamosenergia-elosztóhálózat alelosztó rendszerébe.)

Levezető. A levezető a villámhárítónak az a része, amelyik a felfogót villámáram levezető képes vezető keresztmetszettel összeköti a villámhárító földelővel. A villámáram levezetők számának növelésével és páros számú és szimmetrikus elrendezésével a Faraday kalicka hatás növelhető, mert ennek révén a védett tér eredő gerjesztése csökken, és ezáltal a belső tér elektromágneses zavarása is csökkenthető. Ezért a külső villámvédelem fokozatának ésszerű mértékig való növelése nemhogy megengedett, hanem határozottan kívánatos!

Földelő. A villámhárító földelő berendezése a villámhárítónak az a fémből készült vezetőtest része, amely vagy közvetlenül, vagy betonba ágyazott vezetők összeségeként érintkezik a talajjal, és a villámáramot levezeti a földbe. A villámvédelmi földelőt és az érintésvédelmi földelőt az MSZ 172 és MSZ 274 előírásai szerint az EPS-fócsomópontban össze kell kötni! A földelő ellenállásának rendszeres ellenőrző mérése céljából külön mérő-csatlakozó helyeket kell kialakítani, amelyek vizsgáló-összekötő (bontható), vagy vizsgáló csatlakozó (nem bontható) kell legyenek.

Külső villámvédelmi szerelvények. A külső villámvédelmi berendezés alkatrészeire és szerelvényeire a szigorított új követelményeket az MSZ 274/1-4 szabvány és az EN 50164-1 szabvány együttesen írja a jövőben elő. Ennek alapján csak szabványos és korrózióvédett villámvédelmi szerelvényeket szabad beépíteni, melyeknek a következő hatósági felülvizsgálatig (3, 6, ill. 9 évig) garantálni kell a „villámhárító” megfelelő minőségét és megbízhatóságát! Ezért a jövőben a helyszínen barkácsolt rozsdás betonvasakat és egyéb korrózióvédelem nélküli villámvédelmi szerelvényeket nem szabad beépíteni.

Másodlagos villámveszélyek. Közvetett villámhatásokkal szemben mindenkor célszerű védeni az épületekben lévő elektronikus berendezéseket. Ahhoz, hogy ennek súlyát és szükségességét fel tudjuk mérni, gondolatban 1-2 napra vagy 1-2 hétre kapcsoljuk le az épület főkapcsolóját, vagy kapcsoljuk ki elektronikus eszközeinket. Képzeliük bele magunkat abba a helyzetbe, hogy az összes „elektronika”, még a szórakoztató elektronika is, másodlagos villámhatás miatt tönkremennek, és a számítógépeinkben tárolt adatbázis is elveszett. Az épület fűtése és veszélylágítása, telefon- és biztonsági rendszere is működésképtelenné vált.

Gyakorlati tapasztalatok szerint egy közeli villámcsapás is már sokkal gyakrabban tönkreteszti az elektronikus berendezéseket, mérő és szabályozó rendszereket, számítógépeket, televíziókat, mintsem gondolnánk. Az új MSZ 274 szabvány módosításai az épület vagy építmény belső műszaki tartalma és annak másodlagos villámhatás veszélyeztetettsége (H1...H5) függvényében, illetve a várható másodlagos villámkár nagysága, a védelem létesítésének költségei és a pénzben ki nem fejezhető villámkár következmények figyelembevételével a belső villám- és túlfeszültségvédelem létesítésére öt fokozatot (B0...B4) határoz meg!

VILLÁMVÉDELEM A DEHN + SÖHNE BIZTONSÁGÁVAL!



MAGYARORSZÁGI
CÉGKÉPVISELET:

H-2040 Budaörs, Bimbó u. 9.

Tel.: 06-23/500-802

Fax: 06-23/500-803

Mobil: 06-30/914-4700

E-mail: dehn@axelero.hu

DEHN + SÖHNE
GMBH + CO. KG

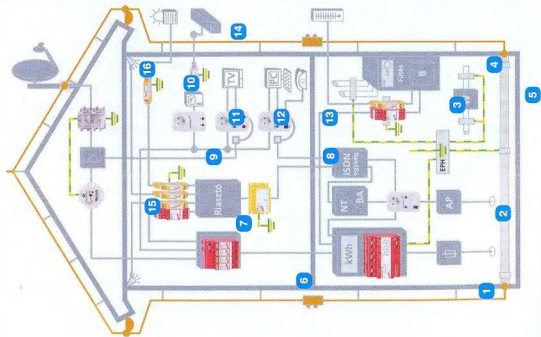
HANS-DEHN STR. 1.

D-92306 NEUMARKT 1.

POSTFACH 1640

TEL.: 00 49 9181 906 0

FAX: 00 49 9181 906 100



Sorszám	Védőkészleték	Típus	Cikkszám
1.	DEHNventil® TNC alternatív: DEHNventil® TT	DV TNC 255	900 373
		DV TT 255	900 375
2.	alternatív: DEHNventil® TNS NT Protector	DV TNS 255	900 374
3.	DEHkrail 230 FML	NT PRO	909 958
4.	BLITZDUCTOR® CT ME 24 BLITZDUCTOR® CT Bázisrész	DR 230 FML BGM MOD ME 24	901 100 919 523
5.	EPH sín	BCT BAS	919 506
6.	DEHNguard® TNS alternatív: DEHNguard® TT	DG TNS 230 400 DG TT 230 400	563 200 900 530 900 520
7.	DEHkrail 290 FML	DR 290 FML	901 100
8.	DEHlink ISDN I	DLI ISDN I	929 024
9.	BLITZDUCTOR® CT ME XX*	BCT MOD ME XX	919 5XX
10.	BLITZDUCTOR® CT Bázisrész	BCT BAS	919 506
		BCT MOD ME XX	919 5XX
11.	SP-Protector	BCT BAS	919 506
12.	TV-Protector	S-PRO	909 921
13.	ISDN-Protector	TV PRO	909 921
14.	UGK® BNC	ISDN PRO	909 954
15.	DEHnsaré	UGK® BNC	929 010
16.	DEHNgate	DSA 230 LA	924 370
		DGA FF TV	909 703