



## Fejlesztési napló

**Projekt címe:**

Vertikális tengelyű, állítható fesztávolságú szélgenerátor fejlesztés

**Beszámolási időszak:**

2019. április 01.- 2019. október 31.

**Fejlesztésvezető:**

Jávorka Zsolt

**Jelentést összeállította:**

Miklós Zsolt

**Lektorálta:**

Jávorka Zsolt



**A fejlesztésben résztvevők:**

1. Jávorka Zsolt - Net'96 Kft ügyvezető – Fejlesztésvezető
2. Miklós Zsolt – Fejlesztési koordinátor
3. Borbás Péter - Gépésztechnikus
4. Hartung Balázs - Tervező mérnök
5. Ujfalvi Barnabás – CNC programozó
6. Mózs László – Szakmunkás

**A projekt rövid bemutatása:**

Jelen kutatás-fejlesztési projekt célja innovatív 1,2 és 3 kW-os vertikális tengelyű, állítható feszítávságú szélgenerátor fejlesztése. A hagyományos, köztudatban jobban jelenlévő horizontális szélturbinák lakott területtől távol eső, széljárta helyeken telepíthetők, mely erősen leszűkíti a felhasználók körét. A hagyományos rendszerekkel ellentétben a modern technológiát képviselő vertikális rendszer előnye, hogy nem függ a széliránytól, így bármilyen irányból érkező szél energiájának felhasználására alkalmas, illetve az oldalról érkező széllelőkések, viharos szelek sem fordítják ki a szélgenerátort a szélirányból. A technológia előnye, hogy vidéki, városi környezetben is felhasználható, így jelentős piaci igény kielégítésére alkalmas. További előny a vízszintes tengelyű megoldásokkal szemben a biztonság: jobban megfelel az életvédelmi és biztonsági előírásoknak, így nem szükséges úgynevezett biztonsági védőtávolságot hagyni körülötte, ami szintén alkalmassá teszi városias környezetben való elhelyezésre. Műszaki szempontból fentiekén túl a technológiát az teszi igazán versenyképpé, hogy abban az esetben is képes a szélgenerátor folyamatos energiatermelésre, amikor alacsony a szélesebesség, így kevésbé függ a környezeti adottságoktól, időjárási viszonyoktól hagyományosabb versenytársainál. A városi szélturbinák a napelemes rendszerekhez hasonlóan tetőre szerelhetők, esztétikus kialakításuknak köszönhetően a tető szerkezetéhez simulnak, nem rontják az épület látványát. A mikro szélturbinák működése közben a tető síkja által összegyűjtött és felgyorsított levegő kerül bevezetésre a turbinába, így már kisebb szélesebességénél is képes a rendszer energiát termelni. A jelenleg ismert technológia hátránya a mikro szélgenerátorok területén, hogy bár alacsony szélesebesség mellett is működnek, azonban nagy szélesebesség mellett gyakran túlpörögnek, leállnak, így állandó működésük nem biztosított, mely kiszámíthatatlanná teszi az energiatermelés, a befektetések megtérülésének számítását, így elterjedésük lassabb ütemű, mint a hasonló megoldást kínáló háztartási méretű napelemes rendszereké. Jelen beruházás eredményeképpen egy olyan szélgenerátor jön létre, melynek kialakítása, mechanikája, technológiája újdonságtartalmat hordoz az alábbi tekintetben:

- (1) A szélgenerátor zajkibocsátása 40dB zajtartomány alatt lesz
- (2) A szélgenerátor átmérője működés közben automatikusan állítható lesz, ezzel garantálva az optimális működést és teljesítményt szélesebességtől függetlenül.

A projekt újdonságtartalma tehát alapvetően a szélgenerátor mechanikájában, valamint a hozzá tartozó vezérlésben rejlik, mely lehetővé teszi a szélgenerátor átmérőjének működés közbeni automatikus állíthatóságát. Ennek előnye:

- (1) Folytonos, egyenletes teljesítményű működés
- (2) Ebből következően kalkulálható megtérülés, energia kiváltás
- (3) A kiszámíthatóságból adódóan a korábbinál piacképesebb termék

A fejlesztés eredményeképpen létrejövő termék tehát egy 1,2 és egy 3 kW-os vertikális tengelyű, állítható feszítávolságú szélgenerátor, mely a következő jellemzőkkel bír majd előzetes elképzeléseink szerint, melyek természetesen a tényleges kísérleti fejlesztés során körvonalazódnak majd. A rotor magasság mind a 1,2 kW-os, mind pedig a 3kW-os szélgenerátor esetében 3 méteres lesz előzetes elképzeléseink szerint, a rotor átmérője pedig 1,8 méter (1,2 kW) és 3,7 méter (3 kW). A rotor anyaga egységesen carbon-üvegszál kompozitból készül majd, a szélgenerátor szerkezete pedig szerkezeti acélból, előreláthatólag S355 szerkezeti acélból, mely az általános rendeltetésű, ferrit-perlit szövetszerkezetű ötvözetlen szerkezeti acél egyik fajtája, a minőségi csoport tekintetében a tényleges kísérleti fejlesztés során hozunk majd döntést. A szélgenerátor tömege várhatóan 180 kg lesz a 1,2 kW-os szélgenerátor esetében, 260 kg-os a 3 kW-os szélgenerátor esetében.

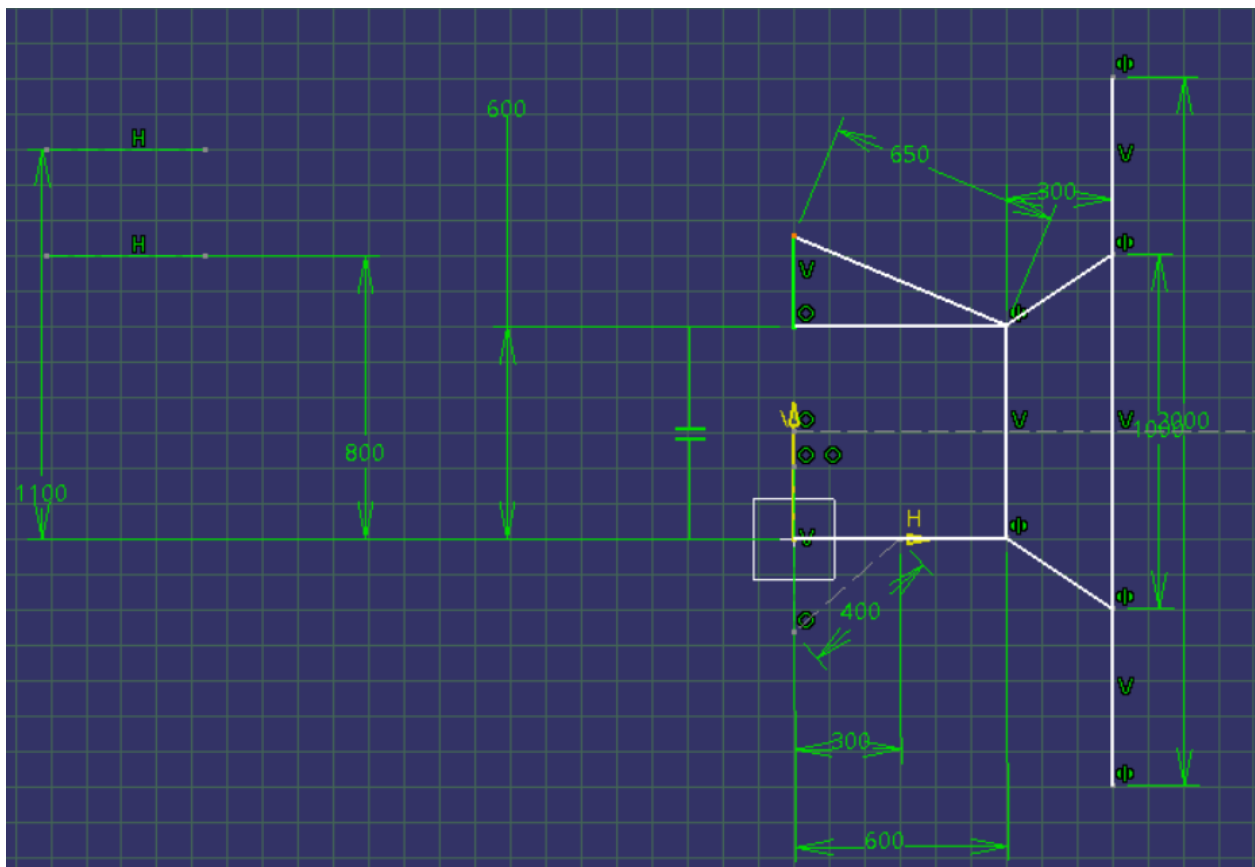
**A 2019.04.01. – 2019.10.31. tartó időszakban elvégzett fejlesztés (ek), menetének leírása:**

Elkészült korábban a vertikális tengelyű szélgenerátor áramlástanai modellje, amely szimulációja alapján meg lettek határozva a tervezési alapadatok. A számítások alapján egy 2m magas lapáttal rendelkező 2m-es átmérőjű NACA 015 profillal rendelkező VAWT képes meghajtani egy 1kW-os generátort. A szélsőbesség növekedésével a szélgenerátor fokozatosan csökkenti az átmérőjét, így a forgatónyomaték közel állandó, ami azt eredményezi, hogy az 1kW-os generátort nagyobb szélsőbesség-tartományban tudja meghajtani. Az áramlástanai vizsgálatok során éppen ezért kiszámításra került a forgatónyomaték is, amely a generátor kiválasztásánál nyújt segítséget.

A fejlesztés a Wind Transformer nevet kapta, mert a szél energiáját villamos energiává transzformálja, illetve mert működés közbeni átalakulási egy geometriai transzformáció eredménye. Rövid név: WT Vawt

**Koncepció tervezés**

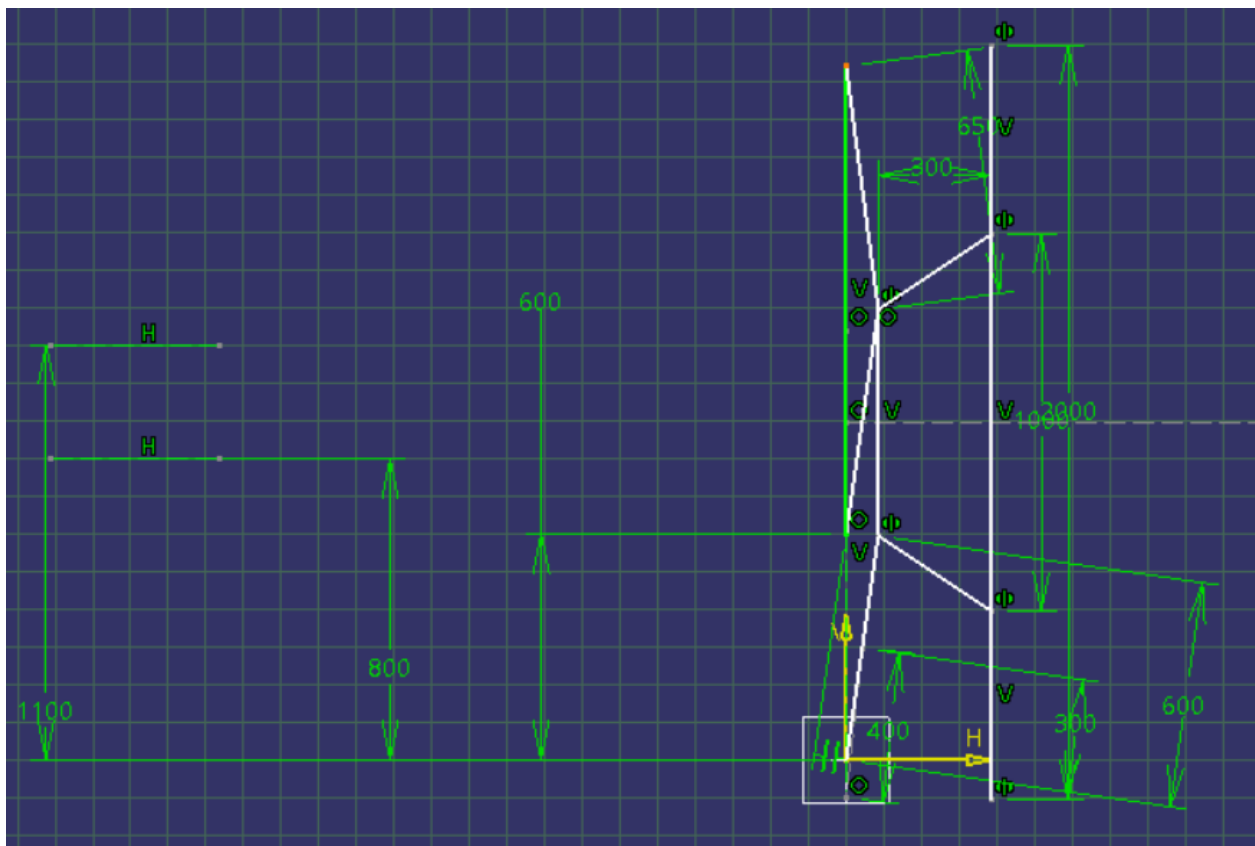
A Tervezés során az első lépés az alapegeometria meghatározása amelyre CAD rendszerben egy kinematikai modell lett létrehozva. Ez alapján került meghatározásra a szélgenerátor tartókarok elrendezése.



1. ábra VAWT kinematikai modell normál állás

A cél az, hogy a generátor szárnylapátjai mozgathatók legyenek, így azokat az emelőkar segítségével felfelé mozgatva csökkenthető az átmérő. Az átmérő ezek alapján 2 m-ről 60-70 cm-re csökkenthető, ami lehetővé teszi, hogy a hasznos szélsőbesség tartomány felső határát kitoljuk, növelve a generátor által termelt villamos energia mennyiségét.

Az ábrák a két végállást mutatják.



2. ábra VAWT kinematikai modell felső állás

A két végállás között a vezérlés és a lineáris aktuátoros megoldás szabályozza majd a fokozatos átmenetet, miközben a nyomaték és a fordulatszám folyamatos monitorozása alapján a legjobb hatásfokra, a legtöbb kivehető teljesítményre törekszünk.

Az alapadatok tisztázása után a következő lépés a VAWT tervezésének megvalósítása, amely a fenti mechanizmus prototípusának megtervezését jelenti. Több lehetőség felmerült a megvalósításra, így lehetőleg lenne akár röpsúlyos passzív megoldásra is, de vélhetően ez jelentős mechanikai veszteségeket okozna.

Az aktív megoldások között szerepel a lapátok lapáttartó-karokon való merőleges mozgatása motorral (3. ábra), aminek különböző változatai elterjedtek

A WT Vawt egy központi mozgató rudazattal ellátott mozgató mechanizmust használ, amely csak egy mozgató motort igényel, amely így jóval egyszerűbb, nagyobb rendelkezésre állású kialakítást tesz lehetővé.

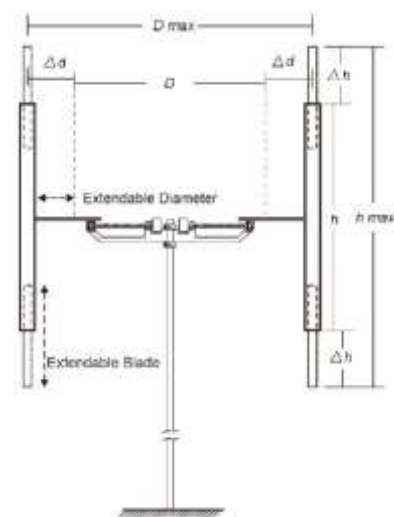
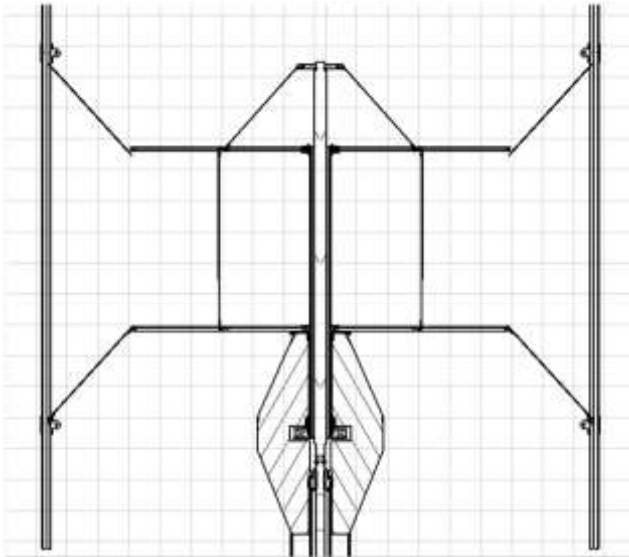


Figure 3. Variable Swept Area of VAWT

3. ábra Átmérő állító mechanizmus  
DOI:10.1109/isit.2017.8124083



4. ábra Az WT WAVT kiterített rajza

#### A piaci alkatrészek kiválasztása

A gyártmánytervek elkészítése előtt (az áramlástan elővizsgálatok és a koncepciótervek birtokában) meg kell keresni azokat a piacon kapható alkatrészeket, amelyeknek a geometriai kialakítását figyelembe kell venni a tervezéskor. Így a szárnyprofil és a generátor alapvető tényezők, de emellett a rendelkezésre álló csapágyméreteket és a hajtás alkatrészeit is figyelembe kell venni.

Az egész szerkezetet mozgó aktuator már nem annyira tervezési sarokpont, mivel ezek a lineáris aktuatorok többnyire hasonló kialakításúak, így rögzítésükhöz később is lehet igazodni.

#### A SZÁRNYPROFIL

Az 1kW-os VAWT NACA 015 profillal lett megtervezve, mert az előzetes számítások alapján 175-200 mm-es húrhosszal el lehet érni a kívánt teljesítményt. A szárnyprofil gyártása megoldható házon belül, de nem szükségszerű, mert számos gyártó van jelen a piacon hasonló termékkel. Elsődlegesen a szálerősítésű kompozit anyagok kerülnek szóba, mivel ezek tömege jóval kisebb mint a fémből készült lapátok. Az alábbiakban az elérhető gyártók termékeit elemezzük, amelyek szóba jöhetnek a beszerzésnél. Amennyiben nagyobb húrhosszúsággal rendelkező profilt lehet beszerezni, úgy a generátor egyéb méretei lesznek ehhez az adottsághoz igazítva.

#### Üvegszál profilk

fibrolux - van egy 25cm-es húrhosszúságú profilhoz szerszámjuk, elvileg tudják gyártani. Fel kell venni velük a kapcsolatot, ez nekünk elsore tökéletes lenne. (van magyar képviselő is)

[https://fibrolux.com/fileadmin/user\\_upload/Katalog\\_FLX\\_2018\\_8mb.pdf](https://fibrolux.com/fileadmin/user_upload/Katalog_FLX_2018_8mb.pdf)

Osztrák gyártó, sok éves tapasztalattal, az internetes keresések alapján már sokféle generátorhoz gyártottak lapátot, így várhatóan több szerszámmal is rendelkeznek:

<https://www.exelcomposites.com/en-us/english/products/profiles.aspx> Ausztria, Kapfenberg

Itt is szerepel szárnyprofil a katalógusban: [https://www.roechling-industrial.com/fileadmin/downloads/Roechling\\_Industrial/Brochures/EN/Durostone/Durostone-Composite\\_Profiles-DE-EN-FR.pdf](https://www.roechling-industrial.com/fileadmin/downloads/Roechling_Industrial/Brochures/EN/Durostone/Durostone-Composite_Profiles-DE-EN-FR.pdf)

Olasz gyártó:

<https://www.topglass.it/en/home-en/>

AVIUS szárnyprofil

Aluminium szárnyprofilok

Az aluminium lapátok előnye a könnyebb rögzíthetőség, a vibrációknak ellenállóbb anyag és a szálerősített műanyaghoz képest nem nagy többlet-tömeg.

[www.creativepultrusions.com](http://www.creativepultrusions.com)

<https://www.thebackshed.com/Windmill/Trade/AlBladeOrders.asp>

<http://www.aluminumextrusion-profiles.com/sale-9660194-anodizing-aluminium-fan-blades-airfoil-extruded-aluminum-louvers.html>

<https://www.royalwindandsolar.com/wind>

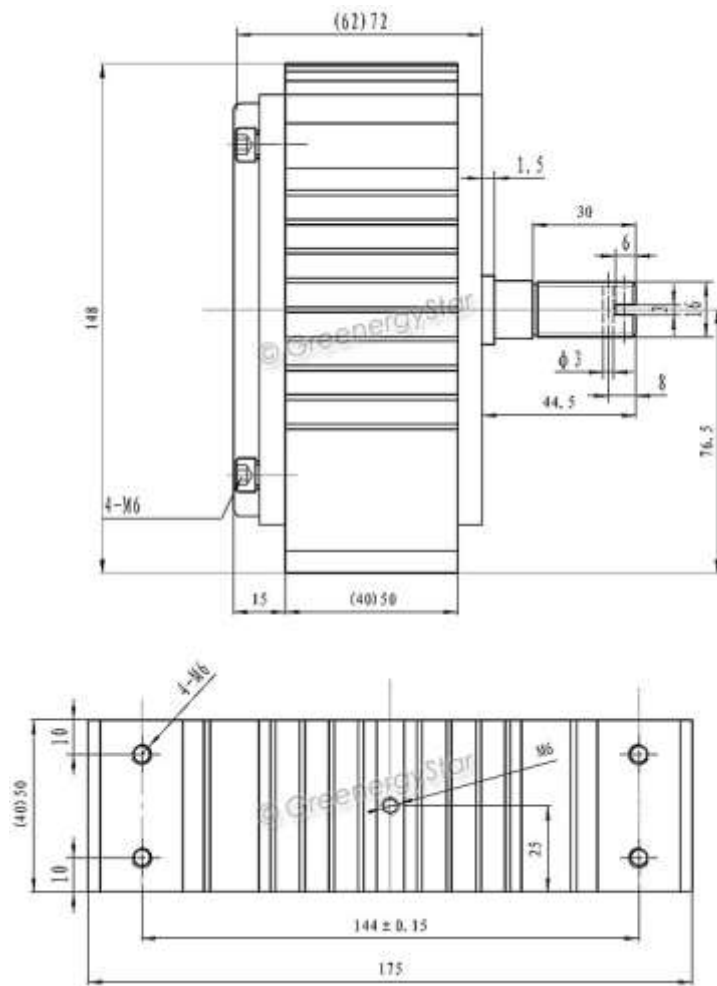
<http://www.ozwindengineering.com/Products.php?Cat=Blades>

### Generátor kiválasztása

A generátor kiválasztást a piaci szereplők elemzése előzte meg.

Potenciális 1000W-os generátorok

<http://www.greenergystar.com/shop/turbine-nose-cone-hubturbine-blade/41-10cm-16mm-hub.html>





1500 W / 4000 RPM

148 mm átmérő, 72 mm magasság, 44,5 mm tengelyhossz

Ebből van 3000 W-os is a honlapon, ugyanaz a méret.

<https://detail.en.china.cn/provide/p111760063.html>

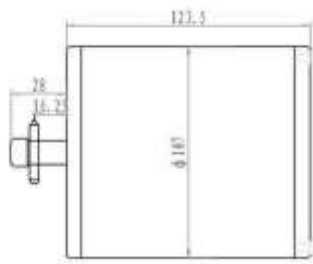
Effsun márka 600W/560RPM névleges, de felmegy 1000-ig. 9kg 144 mm átmérő, kb 200 mm mélység



36 V

++ EFFSUN TFY-1-56 - 1KW / 500 RPM -56V – ez lenne jó. van 2 és 3 kw is – levél ment

<https://www.motiondynamics.com.au/brushless-48v-1000w-motor-controller.html>



1000 W / 4500 RPM 48V

107 mm átmérő, 123,5 mm mélység, 28 mm tengelyhossz

Van 2000 W-os is! Egyenes tekercselésű motor, kétirányú kontrollerral

<http://www.hydrogenappliances.com/powercorepmas.html>



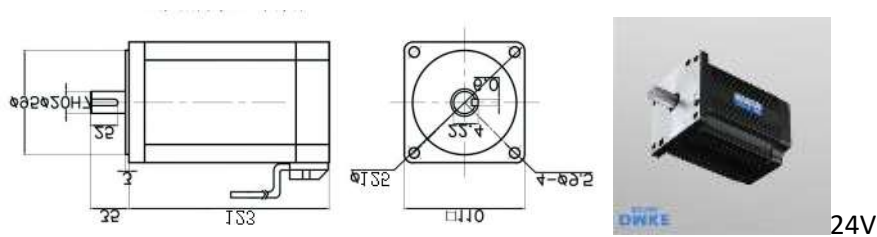
166 mm átmérő

120mm mélység+17mm tengely

<https://www.dmkmotor.com/index.php?m=content&c=index&a=show&catid=18&id=120>

[https://www.alibaba.com/product-detail/Custom-10-nm-12v-24v-dc\\_60783233704.html](https://www.alibaba.com/product-detail/Custom-10-nm-12v-24v-dc_60783233704.html)

Inkább motor, mint generátor



<https://www.globalsources.com/gsol/I/Generator-replacement/p/sm/1153976350.htm>

1000 W-os generátor (1000 W / 500 rpm)



190 mm átmérő, 20 kg

Egyéb:

<http://www.pmgenerators.com/products/product-matrix/> legjobb ez lenne, de túl nagy átmérőjű

innotec power – pmgenerators.com – level ment

<https://www.goldenmotor.com/frame-bldcmotor.htm> - DC hajtásokhoz; van 1500 és 3000 W-os

SHUILISHI JF1000Y – dieselhez illeszthető generator (nagy, nehéz)

A lapátok tartókarjai egyedi gyártásúak, de a lemez hajlítást elkerülendő U-profil is alkalmazható, amelyet például a következő gyártó is kínál:

sín anyag mozgatókarhoz (nincs használva) - [https://www.mibim.hu/c\\_sin\\_3440](https://www.mibim.hu/c_sin_3440)

### Tengely generátor kapcsolat

szíjtárcsa típusok (jelenleg ez van a modellben) - <https://www.powerbelt.hu/htd-8m-profil-p1545>

Ehhez a szíjhoz a cég kínálja a szíjtárcsáit is, melyből a tengelyre egy 62 fogas tárcsa kapcsolódik, míg a generátor tengelyén egy 22 fogas tárcsa kapott helyet. Ez majdnem 3-szoros áttétel, mely által a generátor tengelye gyorsabban forog, így jobb hatásfokkal több energiát lehet termelni.

### A lineáris aktuátor:

<https://www.powerbelt.hu/szervomotoros-linearis-aktuator-p2150>

[https://www.powerbelt.hu/uploads/source/catalogs/pnce\\_actuator\\_catalogue.pdf](https://www.powerbelt.hu/uploads/source/catalogs/pnce_actuator_catalogue.pdf)

a unimotion honlapjáról van letöltve a modell 500 mm-es lökethosszal

<https://unimotion.eu/en/index/products/cid/304>

esetleg ugyanitt van egy napelemes mozgatóhoz ajánlott modell 300 mm-es lökethosszal, aminek a terhelési adatai jobban megfelelhetnek.

### Tartókarok

A lapátok tartói a tengelyhez kapcsolódnak a szintén egyedi gyártású tartókar befogóval. A lapátok a tengelyt forgatják, melyről az erőátvitelt bordásszíjon keresztül tervezzük, melyet a következő forrásból lehet beszerezni:

### Tengely

A további szerkezeti elemek:

a húzott acél cső és a belső mozgó köracél itt rendelhető:

<http://www.koenigfrankstahl.hu/27.koracel/hu>

[http://www.koenigfrankstahl.hu/16.huzott\\_varratnelkuli\\_acelcso/hu](http://www.koenigfrankstahl.hu/16.huzott_varratnelkuli_acelcso/hu)

anyagminőségben az S355 is elérhető, a köracélból van felületcsiszolt is.

### Csapágyazás

a belső csapágyazás

[https://www.csapagy.hu/index.php?route=filter&filter=furat\\_atmero|27/kulso\\_atmero|67](https://www.csapagy.hu/index.php?route=filter&filter=furat_atmero|27/kulso_atmero|67)

a külső csapágyazás NK60/25

[https://www.csapagy.hu/index.php?route=filter&filter=furat\\_atmero|32/kulso\\_atmero|45](https://www.csapagy.hu/index.php?route=filter&filter=furat_atmero|32/kulso_atmero|45)

modell az SKF honlapjáról:

<https://www.skf.com/group/products/bearings-units-housings/ball-bearings/insert-bearings/insert-bearings/index.html?designation=NK%2060%2F25%20TN>

toronycsapággy

egyelőre nincs kiválasztva, de lehetséges ez:

[https://www.csapagy.hu/index.php?route=filter&filter=category|325/furat\\_atmero|26](https://www.csapagy.hu/index.php?route=filter&filter=category|325/furat_atmero|26)

csap 10x40 mm acél (karok rögzítése)

<https://www.conrad.hu/hu/toolcraft-csap-din-1444-10x40-mm-acel-galvanikusan-horganyzott-10-db-135895.html>

csap 8x40 mm - gyártani, vagy 8-as rozsdamentes csavar

persely 8x10x30 mm

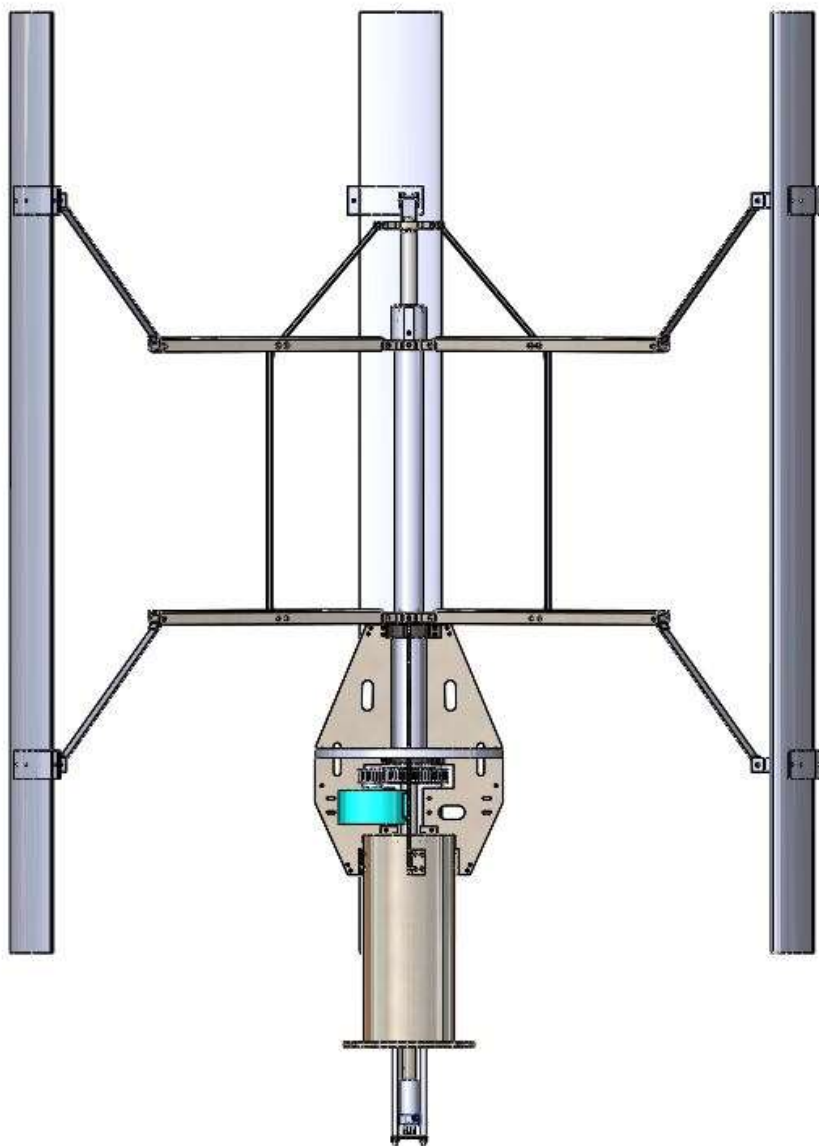
<https://www.essentracomponents.hu/tavtartok-868220>

sín anyag mozgatókarhoz (nincs használva)

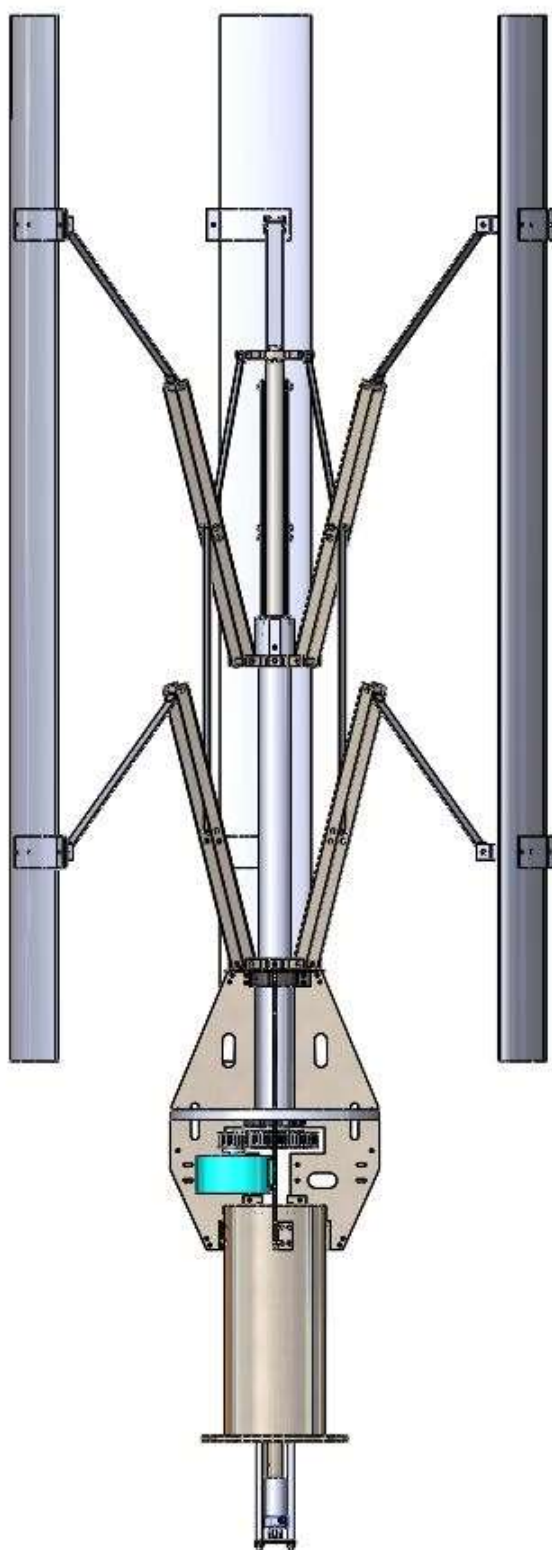
[https://www.mibim.hu/c\\_sin\\_3440](https://www.mibim.hu/c_sin_3440)

## Szerkezettervezés

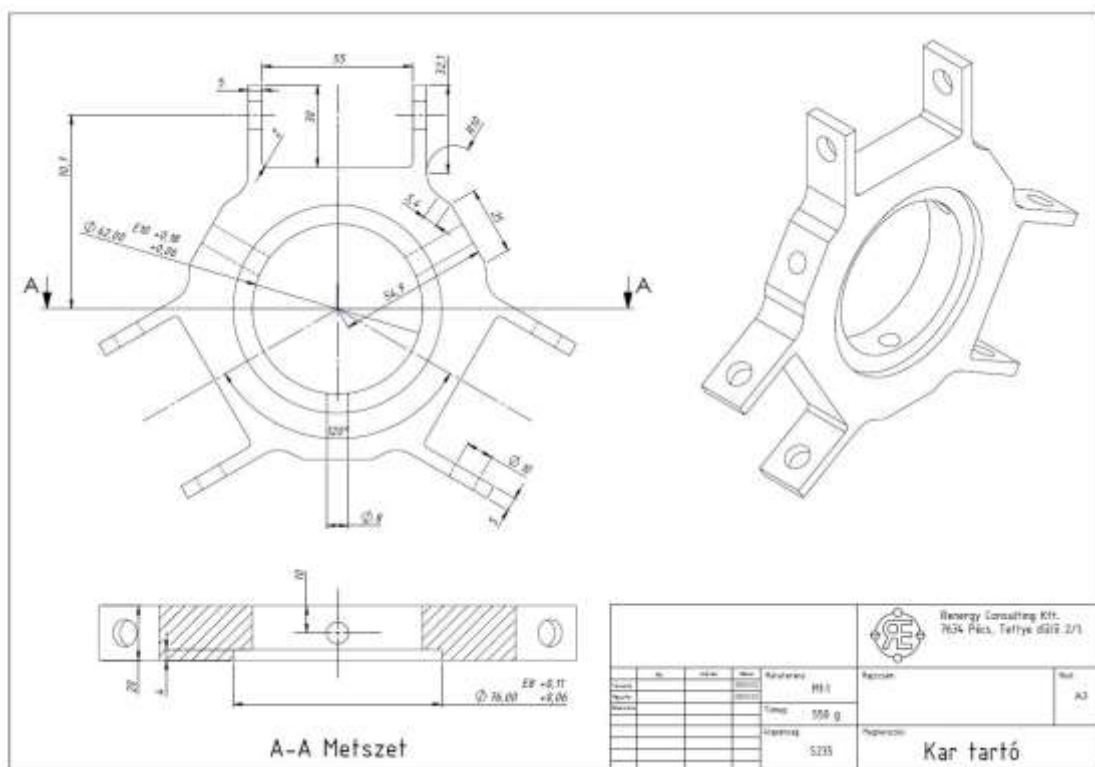
A végállásokat az 5. illetve a 6. számú ábra szemlélteti.



5. ábra Maximális átmérő



6. ábra Minimális átmérő



7. ábra Rajzos dokumentáció

Minden egyedi alkatrész tervezése során kiemelt szerepet kapott a megfelelő tűrés-illesztés előírása. A széles üzemi hőmérséklettartomány és az elvárható magas élettartam biztosítása érdekében a rendszer végeselemes környezetben került vizsgálatra.

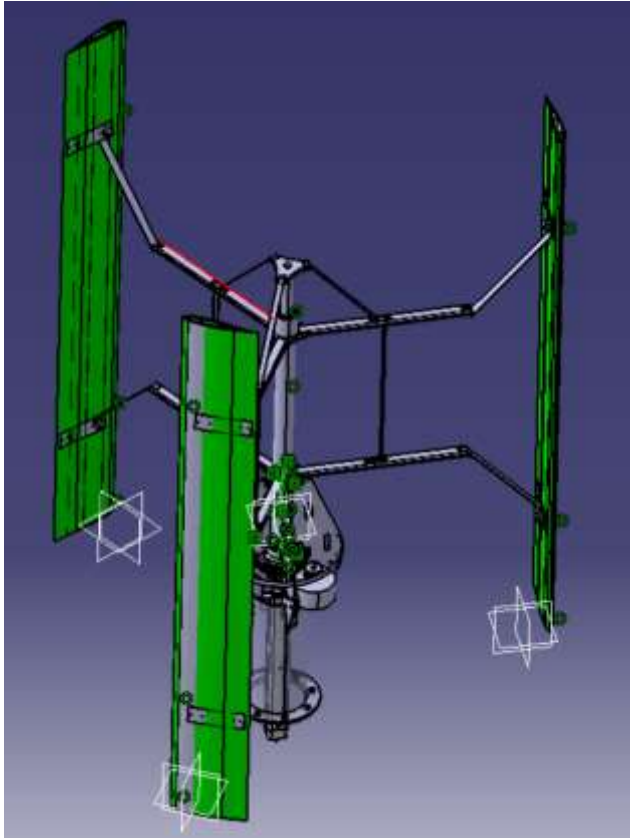
### Megvalósítás



8. ábra Alapmodell a hálózattal

## Wind Transformer V1 áramlástanai vizsgálatok

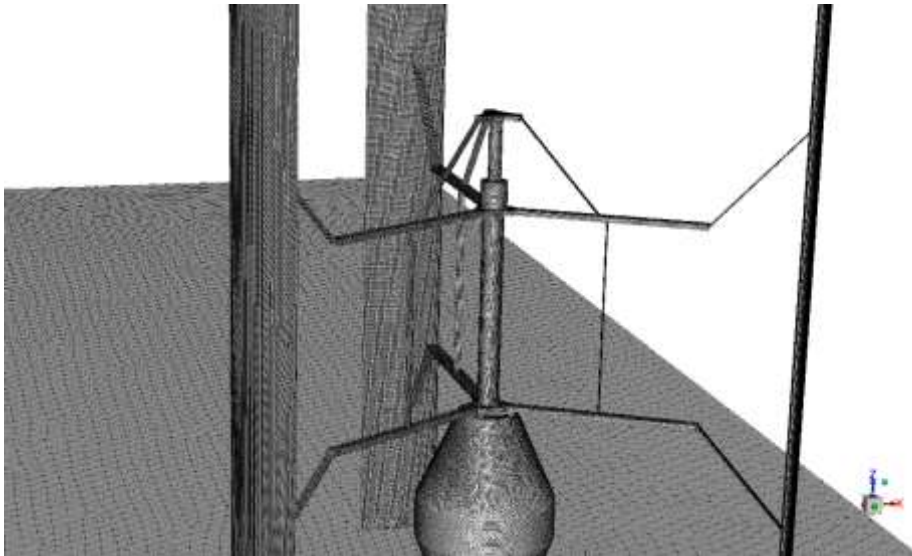
Az előzetes számítások és a koncepciótervek alapján a Technoorg-Linda Kft. elkészítette az állítható átmérőjű függőleges tengelyű szélgenerátor gyártmányterveit, amely alapján az áramlástanai modell elkészült, a végleges tervek ellenőrzése céljából.



A koncepció egy mozgatómechanizmuson alapul, amely a szárnytartó profilok emelésével, süllyesztésével változtatja a szélgenerátor átmérőjét. Ez egy komplex mechanizmust eredményezett, amelyben a mechanikai veszteségek nagyobbak egy hagyományos VAWT-nál, de a kihasználható széltartomány így nagyobb mint egy hagyományos VAWT esetében.

Első lépésben a végeleemes háló elkészítése történt meg, háromszög elemekkel többszöri lépésben finomítva, hogy a lapátokon pontosabb integrálás történhessen.



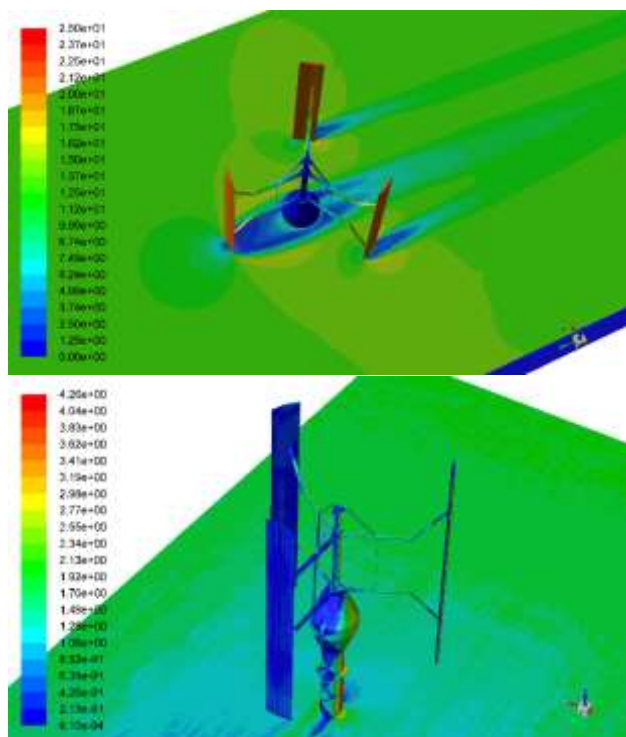


A számítás peremfeltételei a korábbiakkal azonosak, az összehasonlíthatóság érdekében:

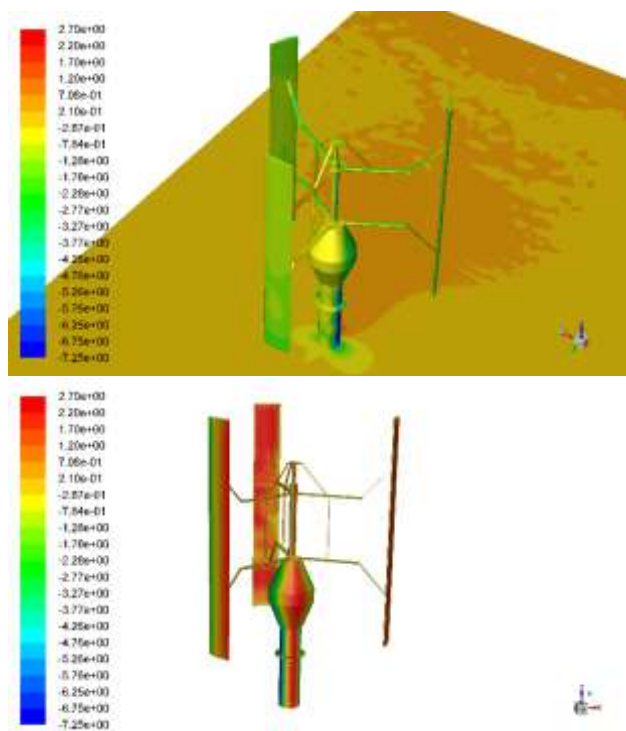
- 3 m/s majd 13 m/s szélesség,
- 101325 Pascal légköri nyomás,
- Levegő sűrűség 1,204 kg/m<sup>3</sup>,
- Hidraulikai átmérő: 6 m,
- A környezet határolófelületei „simmetry” típusúak, hogy ne legyen felületi letapadás,
- A szárnyak „wall” típusúak.

A számítások eredményeit a következő képek szemléltetik:

Szélesség a VAWT körül:



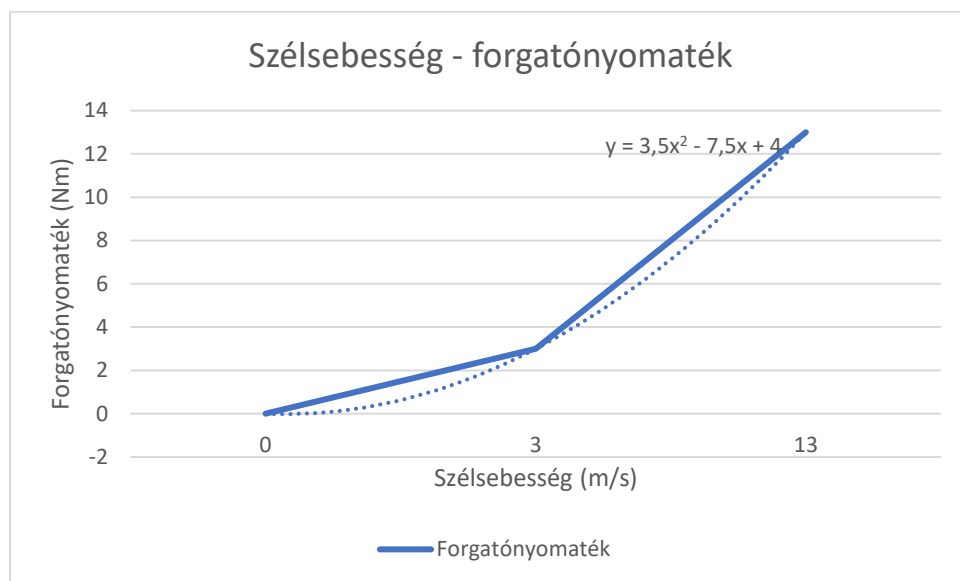
Nyomásviszonyok az áramlási térben:



A számítások eredményeként meghatározásra került a forgatónyomaték a különböző széltartományokra:

AVIUS-GOE Profil	
------------------	--

Szélesség	3	13	m/s
Forgatónyomaték	-0,5	-12,3	Nm



A számítások alapján, a Wind Transformer VAWT az 1,8 m-es átmérővel, a 2 m-es lapáthosszal és a 25 cm-es szárnyprofil húrhosszal 1,5 kW névleges teljesítménnyel rendelkezik 10 m/s-os szélesség környékén. A generátorveszteségeket beleszámolva az átlagos villamos teljesítmény 1,2 kW körül fog alakulni, amely az összecsuikással visszazabályozható a magasabb széltartományban való működéshez.

**Jelenlegi fejlesztés (ek) értékelése:**

Az áramlástanai tesztek elvégzése után megkezdődhetett a szélgenerátor tervezési fázisa. Meghatározásra került az alapeometria, és a tartókarok elrendezése. Számításokat végeztünk a legjobb teljesítmény elérése érdekében. Végeredményül olyan megoldás született, melyben egy lineáris aktuátor használata vált megoldássá. Megtörténtek a piacról beszerezhető alkatrészek kiválasztásai. Törekedtünk ezeket úgy számba venni, hogy a majdani gyártásnál, az esetlegesen előforduló anomáliákra is legyen megoldás, alternatíva. Megkezdődött a szerkezettervezés. A projekt az általunk előre tervezett ek szerint halad.

**A következő időszak várható fejlesztéseinek rövid leírása:**

Az első prototípus tervének teljes elkészítése. A szükséges alkatrészek, alapanyagok beszerzése. Prototípus gyártásának megkezdése. Az elkészült berendezés tesztelése, fejlesztése. Lehetőség szerint minél több változat elkészítése, mellyel elősegítjük, hogy a piaci bevezetés előtt álló modellek már hibátlan, és teljes körű működésre képesek legyenek.