

SÄHKÖÄ TUOTTAVAN TUULIMYLLYN RAKENNUSOHJEET

Ohjekirja kertoo omista kolmea tuulimyllyä käsittelevistä tuulivoimakokemuksistani pitkältä ajalta. Kirjassa on esitetty täydelliset 6-siipisen (Ø 4m) ja 3-siipisen (Ø 7m) tuulimyllyn piirustukset sekä rakenteilla olevan 5 –siipisen (Ø 8 m) piirustukset. Rakennetut tuulimyllyt ovat olleet jatkuvassa käytössä jo vuosia. 6-siipinen tuulimylly on toiminut vuodesta 2002, suurempi 3-siipinen tuulimylly vuoden 2004 alusta ja pieni mökkilaturi 2009 alusta. Kirjan mitoitusohjeiden avulla voi myös muuttaa rakennettujen tuulimyllyjen mittakaavaa ja siten tehoa ja kokoa. Ohjekirjassa on kerrottu siipien valmistaminen käytetyllä menetelmällä ja tuulimyllyn suunnittelun perusteet, jotka jokaisen rakentajan tulisi tuntea.

Ohjekirja on luottamuksellinen ja sitä ei ole tarkoitettu julkiseen lainaukseen (omakustanne).

- Tuulimyllyjen mekaaninen rakenne ja rakentaminen
- Yksinkertainen menetelmä siipien valmistamiseksi pellistä ja myrskysuojaus
- Kuvaus tuulimyllyjen sähköverkkojärjestelmistä (DC 36 V ja AC 230 V)
- Kuvaus käytetyistä generaattoreista ja muista generaattorivaihtoehdoista
- Käyttö- ja huoltokokemukset käyttönotosta saakka
- Vertailu kahden tuulimyllytyypin ominaisuuksien välillä

Vesa Mikkonen
Haukimäentie 419
74595 RUNNI
050 – 5987 382
vesa.mikkonen(at)ekomobiili.fi

Ohjekirja on A4 – kokoinen ja siinä on 166 sivua. Ohjekirjan piirustukset kuvaavat suoraan alla olevien kansikuvien mukaisia tuulimyllyjä.



Tämän teoksen tarkoituksena on jakaa omat kokemukseni pienen omavalmisteisen sähköä tuottavan tuulimyllyn rakentamisesta ja käytöstä sähkövoiman tuottamiseen. Rakennetuista tuulimyllyistä on esitetty täydelliset piirustukset ja mitoitusohjeet tuulimyllyn rakentamiseksi noin 5 kW:n kokoluokkaan saakka sekä kolmesiipisenä että monisiipisenä rakenteena. Usein tuulimyllyn rakenteeseen liittyy tulkkoja mieltymyksiä siipien lukumäärästä ja toimintatavasta. Omakohtaisiin kokemuksiini perustuen, molemmista perusrakenteista on löydettävissä omat hyvät ja huonot puolensa. Lopullisen toteutuksen kannalta on oleellista löytää sellaiset tekniset ratkaisut, jotka tuottavat kohtuullisesti voimaa ja ovat käytännössä kestäviä sekä luotettavia.

Vallittavan usein tuulimyllyn rakentamisinto hiipuu jo heti alkuinnostuksen jälkeen. Tuulimyllyn rakentamiseen ei kannata suunnitella käytettäväksi tekniikkaa, joka ei ole enää harrastajan itsensä hallinnassa, sillä samalla pääsääntöisesti katoavat myös hankkeen taloudelliset perusteet. Tässä teoksessa kuvatut tuulimyllyt on rakennettu kokonaan menetelmillä, jotka ovat kädentaitoisen harrastajan itse toteutettavissa. Toivottavasti omat kokemukseni rohkaisevat muitakin ryhtymään tuumasta toimeen ja rakentamaan omannäköisensä hyödyllisen pihan koristuksen, joka kirjaimellisesti valaisee päivää.

KIRJOITTAJAN OMAKUSTANNE

SÄHKÖÄ TUOTTAVAN TUULIMYLLYN RAKENNUSOHJEET

SÄHKÖÄ TUOTTAVAN TUULIMYLLYN RAKENNUSOHJEET

Diplomi-insinööri Vesa Mikkonen



LUOTTAMUKSELLINEN
EI JULKISEEN LAINAUKSEEN

TUULIMYLLYKIRJAN SISÄLLYSLUETTELO (Päivitetty 16.1.2013)

JOHDANTO	9
TUULIMYLLYTYYPIN VALINTA	10
TUULIMYLLY KÄYTTÖTARKOITUKSEN MUKAAN	10
ASENNUSPAIKKA	10
TEHONTARVE	11
SÄHKÖ ON TEHOKKAIN TAPA SIIRTÄÄ ENERGIAA	11
KORISTEKÄYTTÖ	12
TUULIMYLLYN PERUSSUUNNITTELU JA HYÖTYSUHDE	13
TEOREETTINEN HYÖTYSUHDE JA TEHO	13
ODOTETTAVISSA OLEVA ENERGIAN TUOTANTO	13
Huono asennuspaikka	13
Välttävä asennuspaikka	14
Tyydyttävä asennuspaikka	14
Hyvä asennuspaikka	14
Erityisen hyvä asennuspaikka	14
Voimalaitostason paikka	14
SIIVIKKOTYYPIN VAIKUTUS TEHOKERTOIMEEN	15
TUULEN SIIPEEN KOHDISTAMAT VOIMAT JA SIIVEN MUOTO	16
GEOMETRINEN KIERTO	18
HELPOSTI VALMISTETTAVAT SIIPIPROFIILIT	18
PYSTYAKSELINEN SAVONIUS -TUULITURBIINI	22
MYRSKYSUOJAUS	23
SUOMESSA TAVATTAVAT MYRSKYTUULET	23
SIIVIKON PYÖRIMISNOPEUS JA KESKIPAKOISVOIMA	23
TUULIKUORMAN MITOITUS	25
VOIMANSIIRRON JA GENERAATTORIN MITOITUS	26
MYRSKYSUOJAUKSEN TEKNISET VAIHTOEHDOT	26
Tuulesta pois kääntö	26
Mekaaninen jarru	27
Siivikon turvallisen lapakulman valinta	28
Kääntyvät lavat	30
Pysäytys sähköisen kuorman avulla	30
Aerodynaamiset jarrut	30
Ravistuksen ja epätasapainon tunnistaminen	30
TUULIMYLLYN PYSTYTYSPAIKKA JA SEN VALINTA	31
ASENNUSKORKEUS	31
MAASTON VAIKUTUS TUULIOLOSUHTEISIIN	31
AURINGON VAIKUTUS TUULIOLOSUHTEISIIN	32
MASTON RAKENTAMINEN	32
MASTO ON MERKITTÄVÄ KUSTANNUS	32
PUUPYLVÄS	33
RAUTAINEN TORNI	33
HARUKSEN ANKKUROINNIN MITOITTAMINEN	33
TEKNINEN KUVAUS RAKENNETUISTA TUULIMYLLYISTÄ	34
PIENI YKSINKERTAINEN LEIKKIMYLLY	34
AKKULATURI MÖKKIKÄYTTÖÖN	35
Suoravetokäyttö on yksinkertaisin	35
Valmiista osista koottava laakerointi ja sähkönsäätö	36
Puhaltimen siivikon säätäminen tuuliturbiiniksi	36
6-SIIPINEN NELJÄMETRINEN TUULIMYLLY	38

Käyttökokemukset vuodesta 2002	38
Siivikon rakenne	39
Generaattori ja sähköjärjestelmä	41
MONISIIPINEN TUULIMYLLY	43
Siivikon keskiönavan valmistaminen	43
Monisiipisen siivikon toiminta	44
Hitaasti pyörivän siiven valmistus	45
Nopeammin pyörivän siiven valmistus	47
Kaarevuuspoikkeaman laskenta ja korjaus	48
Tukirenkaan valmistus	50
3-SIIPINEN Ø 6,9 METRINEN TUULIMYLLY	51
Yleistä	51
Siiven valmistaminen alumiinilevystä ilman hitsauksia	51
Siivikon keskiön kokoaminen	54
TUULIMYLLYN PYSTYTYS	55
PYSTYTTÄMINEN VINSSILLÄ VETÄMÄLLÄ	55
PYSTYTTÄMINEN NOSTURILLA	57
LAAKEROINNIT	59
LAAKEREIDEN KÄYTTÖIKÄ	59
LAAKEROINNIN RAKENTAMINEN	60
PÄÄSTÖ JA VÄSYMISLUJUUDEN PARANTAMINEN	60
SIIVIKON KYTKEMINEN LAAKEROINTIIN	61
VOIMANOTTO PÄÄAKSELILTA	62
TUULIMYLLYN KIINNITTÄMINEN MASTON PÄÄHÄN	63
VOIMANSIIRTO JA GENERAATTORI	64
TUULEEN OHJAUS	66
PERÄSIN	66
TUULEEN OHJAUKSEN MUUT VAIHTOEHDOT	66
TUULIMITTARI	67
TURVALLISUUS YLLÄPIDOSSA	68
PUTOAMISVAARAN ELIMINOINTI	68
KIIPEÄMINEN	68
HUOLTOTASANNE	69
SORMIEN LITISTYMISSVAARA	70
MUITA VÄLTETTÄVIÄ VAARANPAIKKOJA	70
SÄHKÖISET JÄRJESTELMÄT	71
VERKKOON KYTKENTÄ	71
SÄHKÖN KÄYTTÖ OMASSA, ERILLISESSÄ VERKOSSA	71
YKSINKERTAINEN DIODI JÄNNITTEENSÄÄTÄJÄ TASAVIRTA KÄYTTÖÖN	72
GENERAATTORIVAIHTOEHDOT	73
Valmiit edulliset generaattorit	73
Kestomagnetoidut moottorit	73
Oikosulkumoottorin muuntaminen kestopagnetoiduksi generaattoriksi	74
Oikosulkumoottorin muuntaminen magnetoitavaksi tahtigeneraattoriksi	74
Oikosulkumoottorin eli voimavirtamoottorin kytkeminen suoraan generaattoriksi	74
Ajoneuvojen laturit	76
Kestomagnetoidun generaattorin rakentaminen romusta	77
SÄHKÖN PERUSKÄSITTEITÄ	77
VAIHTOVIRTA	77
Vaihtovirran jännite	77

Vaihtovirran teho	78
Vaihtovirtapiirin vastus	79
LYIJJAKUN HOITO JA VARAUSTILAN MITTAAMINEN	80
TASAVIRTA	81
TASAVIRTAAN LIITTYVIÄ ONGELMIA	81
CATERPILLARIN SIIVIKOSTA VALMISTETTU LEIKKIMYLLY	84
6-SIIPINEN Ø 4 METRINEN TUULIMYLLY	84
3-SIIPISEN Ø 6,9 m TUULIMYLLYN KUORMANTASAUUS JA JÄNNITTEENSÄÄTÖ	86
PIENJÄNNITTEEN TUOTTAMINEN VALAISTUKSEEN	89
AUTOMAATTINEN SÄHKÖINEN PYSÄYTIN	92
AKKULATURI MÖKKI KÄYTTÖÖN	95
PYSTYLAAKERointi	95
RUNKORAUDAT JA TURBIININ KIINNITYS AKSELIIN	96
6-SIIPISEN TUULIMYLLYN PIIRUSTUKSET	97
PERUSMITOITUS JA OSALUETTELO	97
6 -SIIPINEN KOKONAISUUS SIVULTA	99
RUNKO	100
6-SIIPINEN SIIVIKKO JA SEN MITOITUS	101
HITAASTI PYÖRIVÄ MONISIIPINEN SIIPI	102
NOPEAMMIN PYÖRIVÄ MONISIIPINEN SIIPI JA SEN VALMISTUS	103
RAUTAISEN JUURILAVAN JA SIIVEN VARSIIEN VALMISTUS JA MITOITUS	104
SIIVIKON NAPA JA MITOITUS	107
PYSTYAKSELIN LAAKERointi TUULIMYLLYN KÄÄNTYMISELLE	108
VINSSILLÄ PYSTYTETTÄVÄN PUUPAALUN JALUSTA	109
LAAKERointiYKSIKKÖ Ø 40 MM AKSELILLA Ø 3-4 METRISELLE TUULIMYLLYLLE	110
LAAKERIYKSIKKÖ Ø 60 MM AKSELILLA Ø 5 – 6 METRISELLE TUULIMYLLYLLE	111
KUORMANTASAUUSRELEISTÖ	112
LAPAKULMA JA KIEROUS 6 –SIIPISELLE SIIVIKOLLE	113
5-SIIPINEN Ø 8-METRINEN YLÖSNOUSEVA TUULIMYLLY	118
KOKOONPANO JA MITTASUHTEET	118
RUNKO	119
ÖLJYVOIDeltu LAAKERIYKSIKKÖ Ø 8 METRISELLE SIIVIKOLLE	120
SIVUTTAISKÄÄNTÖ JA PYSTYYN KÄÄNNÖN LAAKERointi	124
SIIVET 5-SIIPISEEN TUULIMYLLYYN	126
TUKIRENKAAN KIINNIKKEET SIIVEN VARTEEN	127
PERÄSIN	130
LAPAKULMAT JA MUOTO Ø 8,0 METRISELLE 5-SIIPISELLE SIIVIKOLLE	133
3-SIIPISEN TUULIMYLLYN PIIRUSTUKSET	134
OSALUETTELO	135
6,9 –METRISEN TUULIMYLLYN MITTASUHTEET	136
GEOMETRISEN KIERRON VALMISTAMINEN SIIPIIN	137
MASTON RAKENNE JA PERUSTUKSET	138
SIIVIKON LAAKERointi	139
PYSTYAKSELIN LAAKERointi	141
SIIVIKON NAVAN JA SIIVENTYNGIEN KOKOAMINEN	142
SIIVEN KIERTOLIITIN JA LAPAKULMAN SÄÄTÖ	143
SIIVIKON KESKIÖN KOKOAMINEN	146
RUNGON PÄÄMITAT	148
LIUKURENKAAT SÄHKÖN SIIRTÄMISEKSI ALAS	149
JOUSTAVA KIINNITYS MASTON PÄÄHÄN JA HUOLTOLUKKO	152
SAATAVA TEHO JA JÄNNITTEEN SÄÄTÖ	153
AUTOMAATTINEN SÄHKÖINEN PYSÄYTIN JA MOOTTORIN MUUNNOSKÄÄMITYS	155
KUORMANOHOJAUSRELEIDEN KYTKENTÄ	156
HIHNAKÄYTTÖINEN JARRU	158

Kirjan takakannen teksti

Tämän teoksen tarkoituksena on jakaa omat kokemukseni pienen omavalmisteisen sähköä tuottavan tuulimyllyn rakentamisesta ja käytöstä sähkövoiman tuottamiseen. Rakennetuista tuulimyllyistä on esitetty täydelliset piirustukset ja mitoitusohjeet tuulimyllyn rakentamiseksi noin 5 kW:n kokoluokkaan saakka sekä kolmesiipisenä että monisiipisenä rakenteena. Usein tuulimyllyn rakenteeseen liittyy tiukkoja mieltymyksiä siipien lukumäärästä ja toimintavasta. Omakohtaisiin useiden vuosien kokemuksiini perustuen molemmista perusrakenteista on löydettävissä omat hyvät puolensa. Lopullisen toteutuksen kannalta oleellista on löytää sellaiset tekniset ratkaisut, jotka paitsi tuottavat kohtuullisesti voimaa, ovat myös toteuttamiskelpoisia ja käytännössä kestäviä ja luotettavia.

Valitettavan usein tuulimyllyn rakentamisinto hiipuu jo heti alkuinnostuksen jälkeen. Tuulimyllyn rakentamiseen ei kannata suunnitella käytettäväksi tekniikkaan, joka ei ole enää harrastajan itsensä hallinnassa, sillä samalla pääsääntöisesti katoavat myös hankkeen taloudelliset perusteet. Tässä teoksessa kuvatut tuulimyllyt on rakennettu kokonaan menetelmillä, jotka ovat kädentaitoisen harrastajien itse toteutettavissa. Toivottavasti omat kokemukseni rohkaisevat muitakin ryhtymään tuumasta toimeen ja rakentamaan oman näköisensä hyödyllisen pihan koristuksen, joka kirjaimellisesti valaisee päivän.

