



# Mikrovõrgud ehk elektrienergia tootmine hoonetes

Argo Rosin, D.Sc.Eng  
Energeetikateaduskond  
Tallinna Tehnikaülikool



# Lokaalse energiatootmise võimalused

- PV-paneelid
- Päikesekollektorid
- Tuulegeneraatorid
- Koostootmisjaamad
- Gaasiturbiinid
- Hübriidlahendused





# PV-paneelid linnas





# PV-paneelide eelised ja puudused

- Tootmine langeb kokku büroohoonete tarbimisega
- PV-süsteem silub tarbimise tipud
- Talvel ja suvel energia tootlikkuses sõltuvalt kaldenurgast ja päikese järgitavusest 20...50 kordne vahe
- Suvine soojus suurendab ja talvine jahedus vähendab kadusid,
- Väikese kaldenurgaga paneelidel talvine hoolduskulu suurem ja energiatootlikkus väikesem
- Eestis hajutatud kiirguse osakaal suur – järgivajamite tasuvus küsitav
- Kasutegurid vahemikus 5...20%



# Päikese järgimisest ja paneelide kaldest saadav võit

- Suvel kuni 50% ja talvel kuni 300%. Absoluutväärtustes on suvine võit suurem
- Kesk-Euroopa laiuskraadidel on PV-paneelidel kaheteljelise järgivajamiga saadav võit kuni 30% ning üheteljelise järgivajamiga 20%
- Kesk-Euroopa laiuskraadidel on terve aasta kasutatavatel statsionaarsete PV-paneelide kalle 30° suunaga lõunasse. Suvel 10°...20°, talvel 60°...70°. Lähtudes tootlikkusest on soovituslik kalle Eestis ca 40°.
- Optimaalseim pinnaühiku kasutus oleks siis kui paneelid paigaldatakse kaldega 30°.
- Suurema kiirgusega regioonides on paneelide kallutamise mõju oluliselt väiksem kui väiksema kiirgusega regioonides

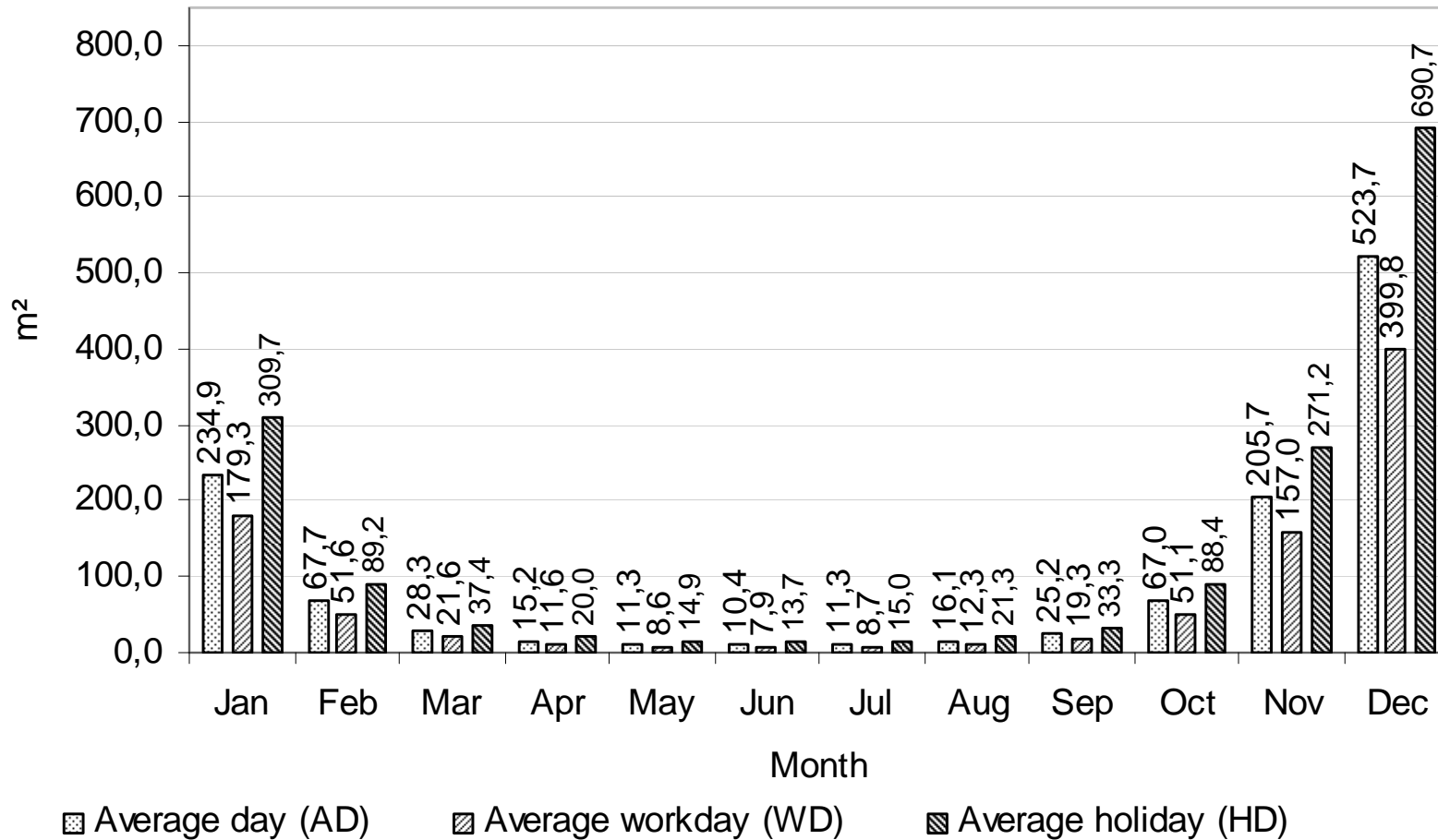


# Paneelide kalde ja asimuudi mõju tootlikkusele

- Tootlikkus võrreldes 40 kraadise kaldega paneelidega väheneb ligikaudu 1%, kuid kasutatav pind suureneb 5 % võrra, mistõttu suurema arvu paneelide installeerimisest tulenev summaarne aastane tootlikkus suureneb teoreetiliselt 10%.
- Paneelide paigaldusel kaldega 30° tuleb arvestada mustumisest tingitud kadudega 2...10%, väiksema kaldega paigaldamisel suurenevad mustumisest tingitud kaod märgatavalt
- Päikese kiirgus pinnaühikule ei muutu kui PV-paneeli pöörata lääne või ida suunal 15 kraadi.
- Kui paneelid on pööratud lõuna suhtes 15...25 kraadi, siis toob see kaasa ca 1% päikese kiirguse languse pinnaühikule sh ka samaväärse tootlikkuse languse.



Horisontaalselt paigaldatud PV paneelide (kasuteguriga 20%) pindala keskmisele, puhkepäeva ja tööpäeva tarbimisele. (Tarbimine: keskmine - 0.5 kWh/h, puhkepäev - 0.66 kWh/h, tööpäev - 0.38 kWh/h) [2]

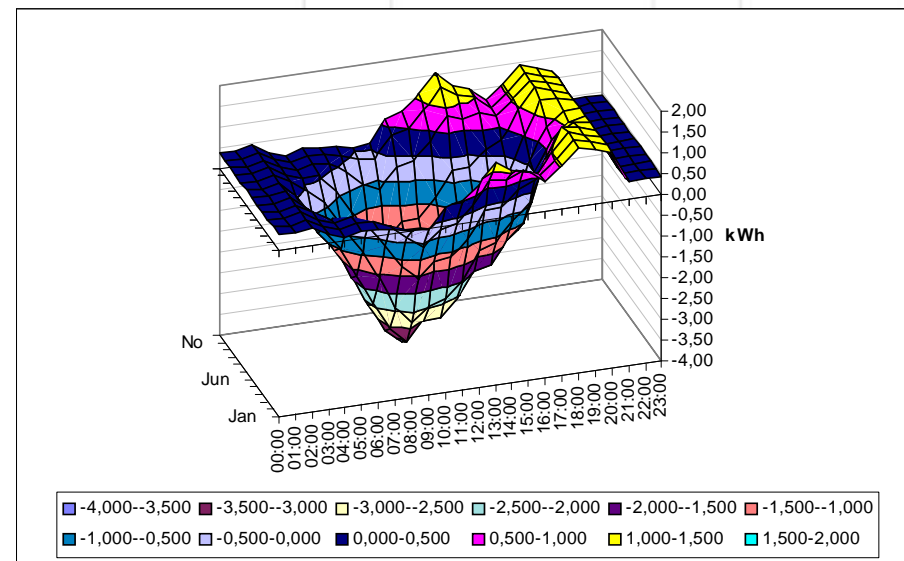
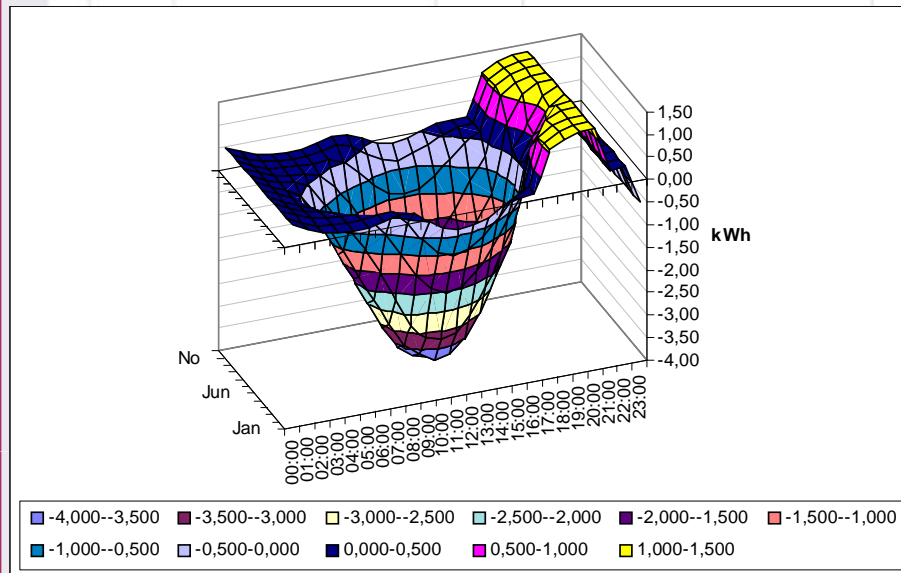






# Kodutarbimise katmine PV-ga töö- ja puhkepäeval,

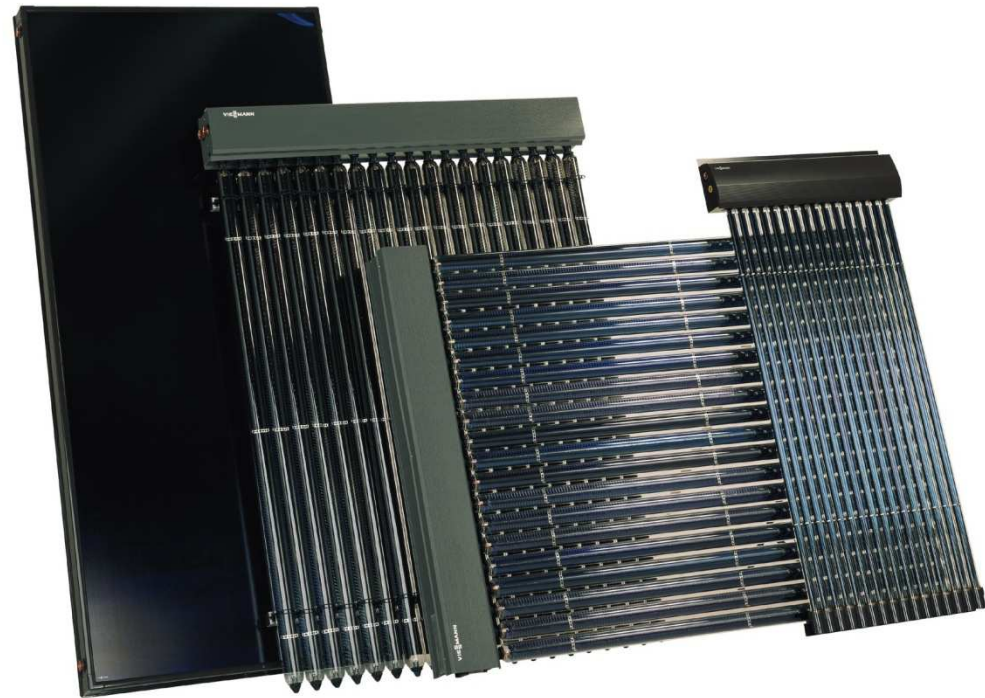
PV – 34m<sup>2</sup>, 20%. TARBIJA – 10kWh/p





# Päikesekollektorid

- Vaakumtorudega päikesekollektorite kasutegur sõltub kõige vähem ümbritsevast temperatuurist
- Vajab suvekuudel soojussalvestite kasutamist





# Kollektorid tarbevee soojendamiseks

## Üldised printsiibid

- Kollektori suurus: 1...1,5 m<sup>2</sup> inimese kohta
- Salvesti suurus: 80...100 l inimese kohta
- Vaakumtorudega kollektorite puhul võib kollektori pindala vähendada ca 30%
- Alla 3...4 m<sup>2</sup> kollektorite puhul kadude osakaal torudes kõrge



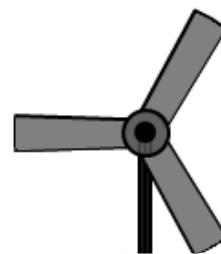
# Tuulikute tüübid ja tuuleenergia



Savonius VAWT

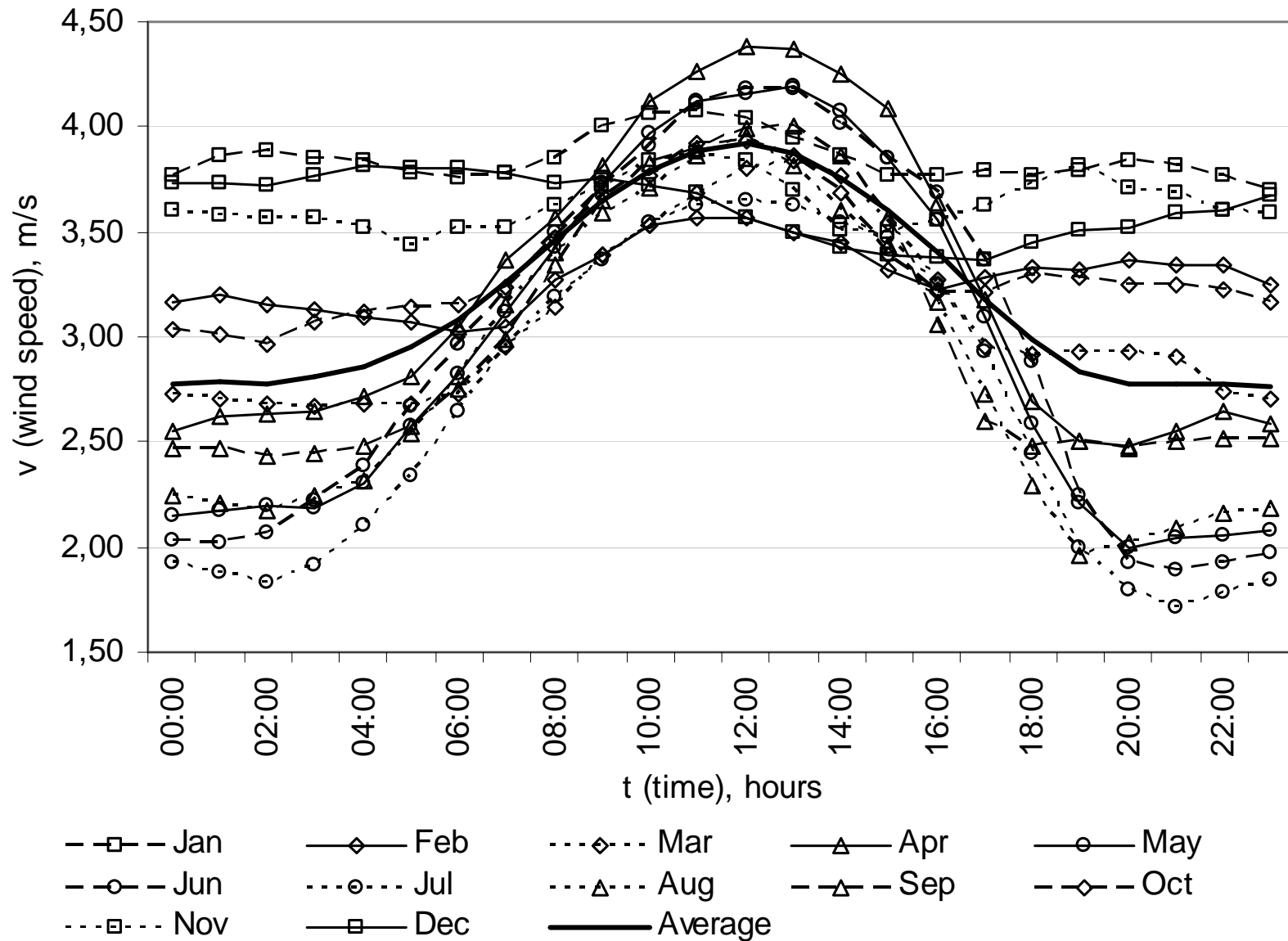


Giromill/Darrieus VAWT



Modern HAWT

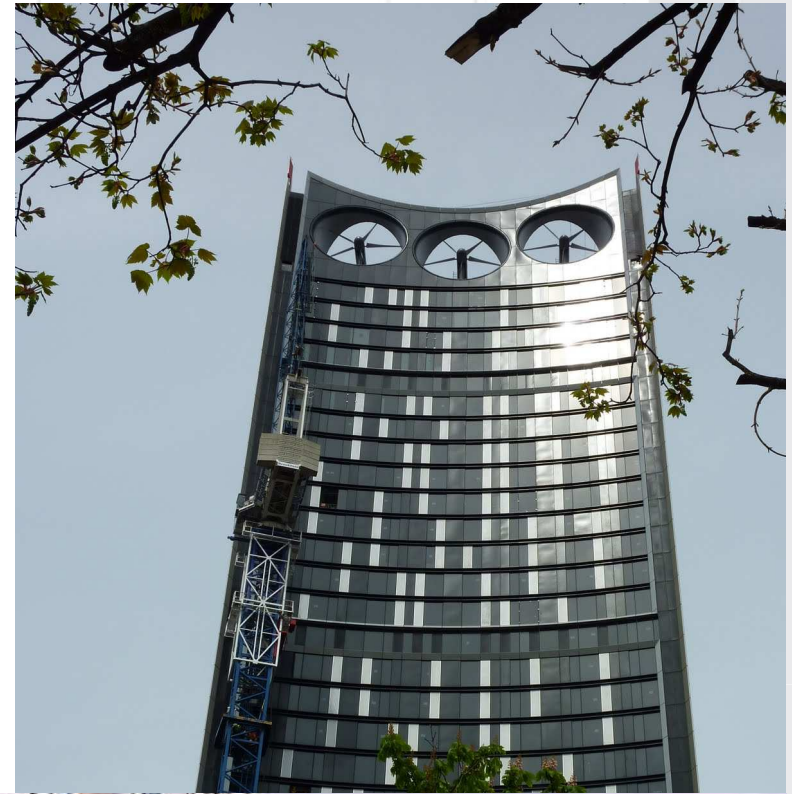
# Keskmine päevane tuulekiirus kuus (Harku 2005-2009)





# Tuulikute eelised ja puudused

- Kõige tõhusamad on horisontaalse rootoriga seadmed
- Vertikaalse rootoriga seadmed ei vaja tuulde suunamist ja reageerivad paremini tuule turbulentsidele
- Savonius-rootori eeliseks on töö väiksematel tuulekiirustel. Puuduseks madal kasutegur - 25%. Kasutatakse väikesevõimsusega turbiinides
- Darrieus-rootori kasutegur on 75% võrreldes horisontaalse rootoriga turbiinidega. H-rootoriga turbiinid on parameetritelt sarnased Darrieus-rootoriga seadmetele
- Hoonele paigaldamise asukoht on väga tähtis
- Tootlikkus sõltub maapinna ebatasasusest.
- Talvel pikemad tuulepausid kui suvel
- Talvel keskmine tootlikkus parem kui suvel





# Eesti jaoks sobimatu lahendus

SlimCity

smart energy

urban wind



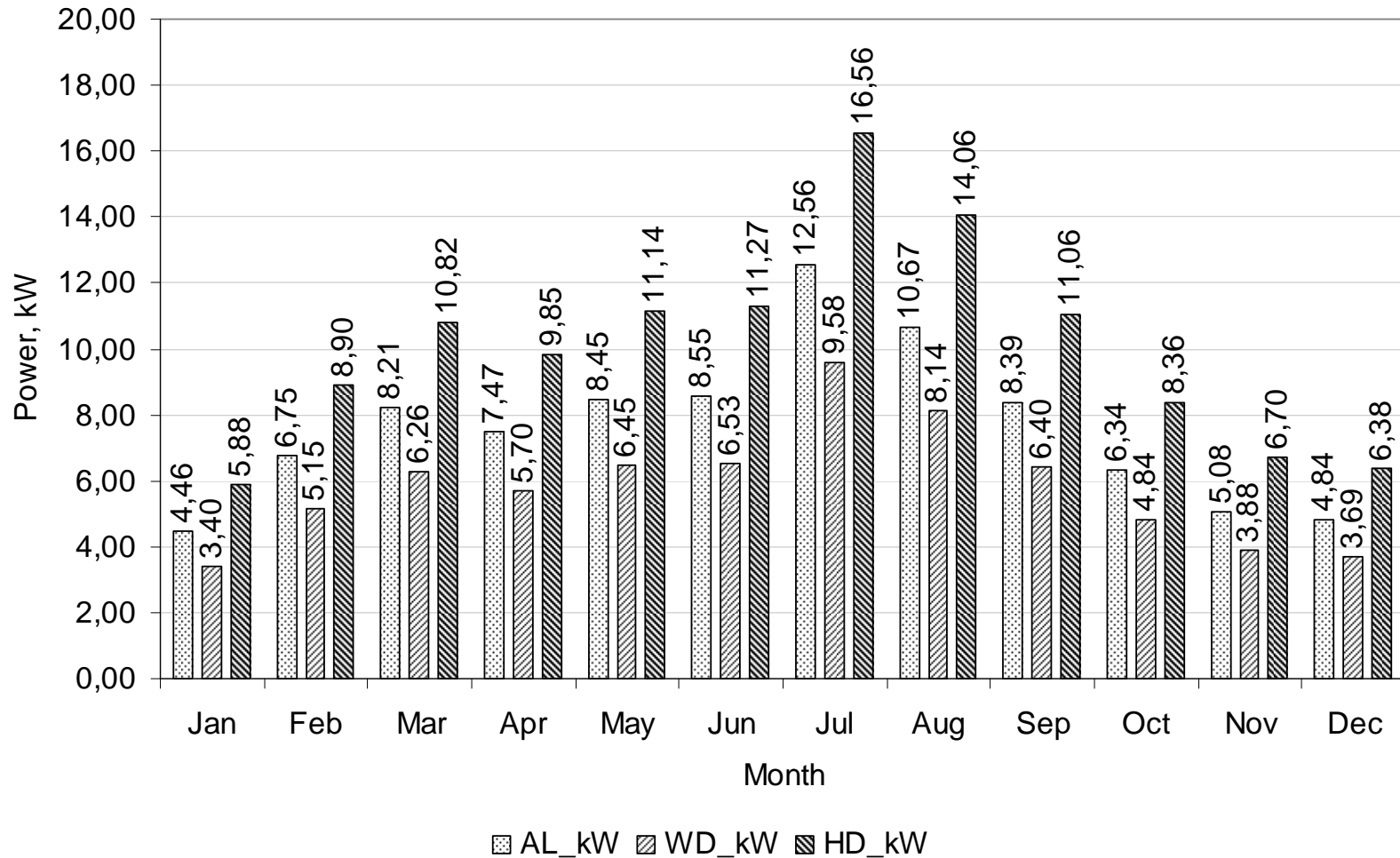
Denmark already achieves 21% of its gross electricity demand from wind power. In the west of the country, this at times rises to over 100%.

Source: Global Wind Energy Council and Greenpeace, Global Wind Energy Outlook 2008, p 16

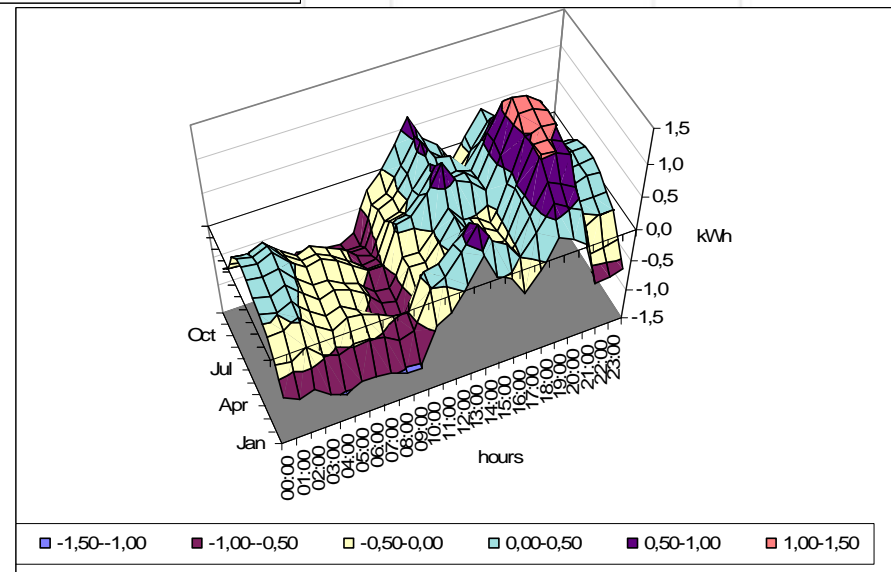
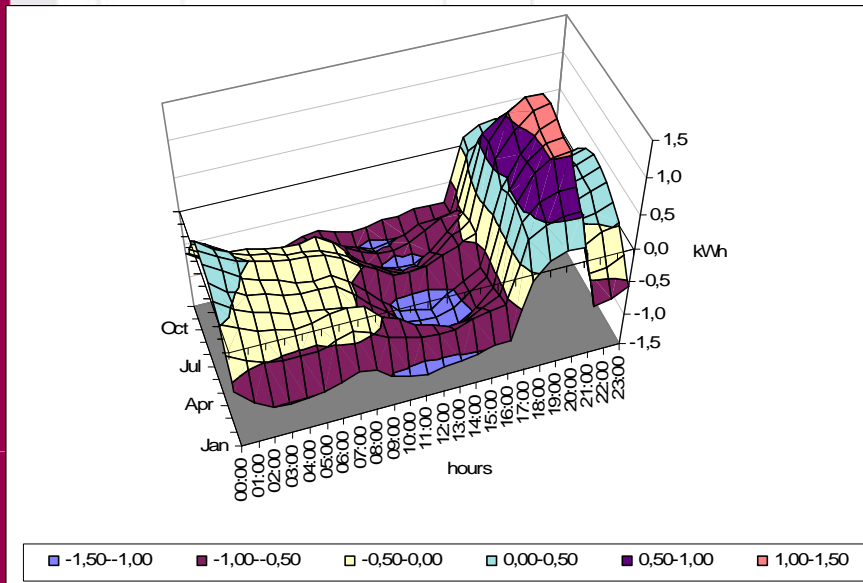




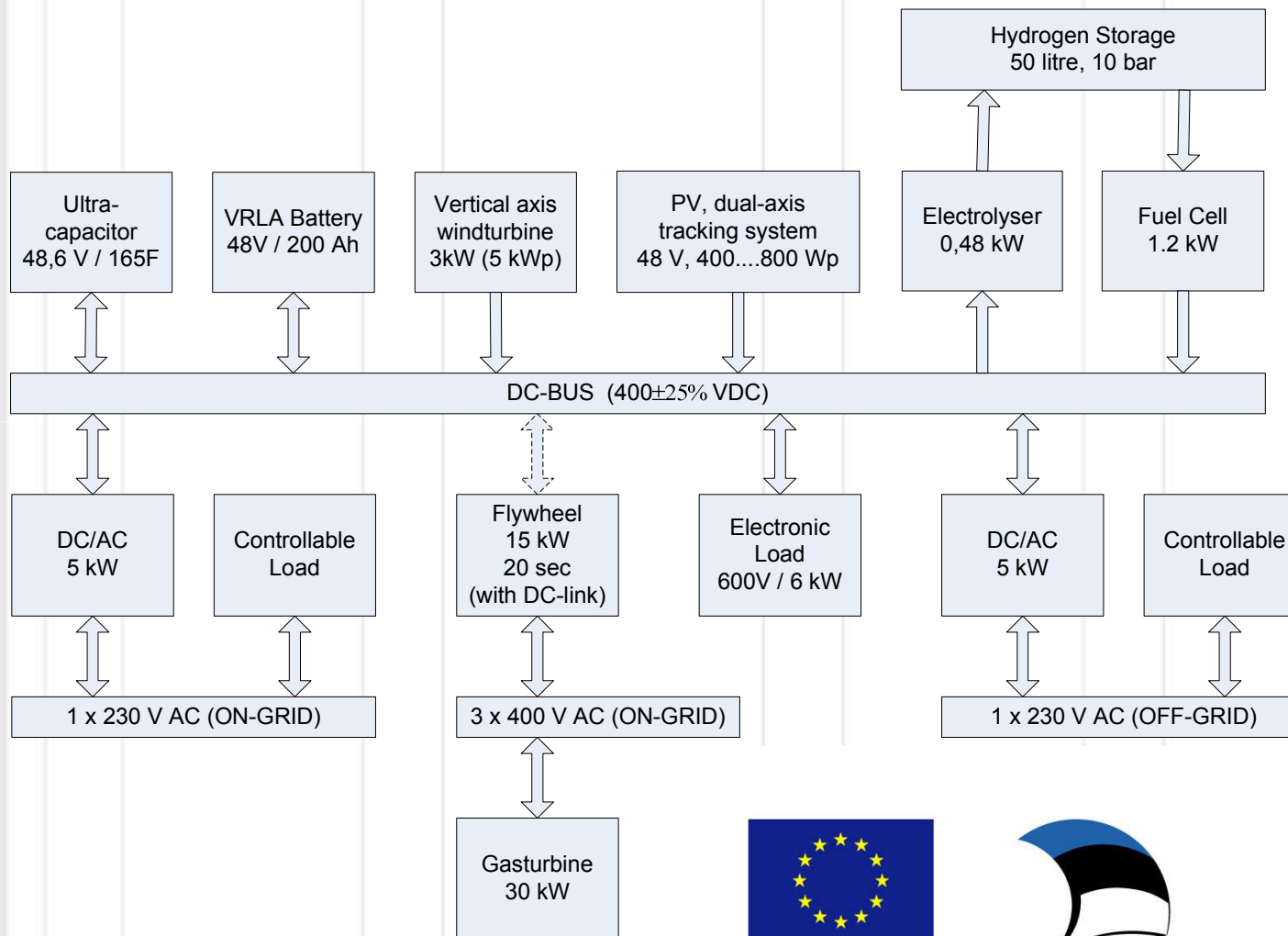
Horisontaalse rootoriga tuuleturbiini installeeritav võimsus keskmisele, puhkepäeva ja tööpäeva tarbimisele (Tarbimine: keskmine - 0.5 kWh/h, puhkepäev - 0.66 kWh/h, tööpäev - 0.38 kWh/h) [2]



# Kodutarbimise katmine tuulikuga töö- ja puhkepäeval, TUULIK – 2 x 5kW. TARBIJA – 10kWh/p



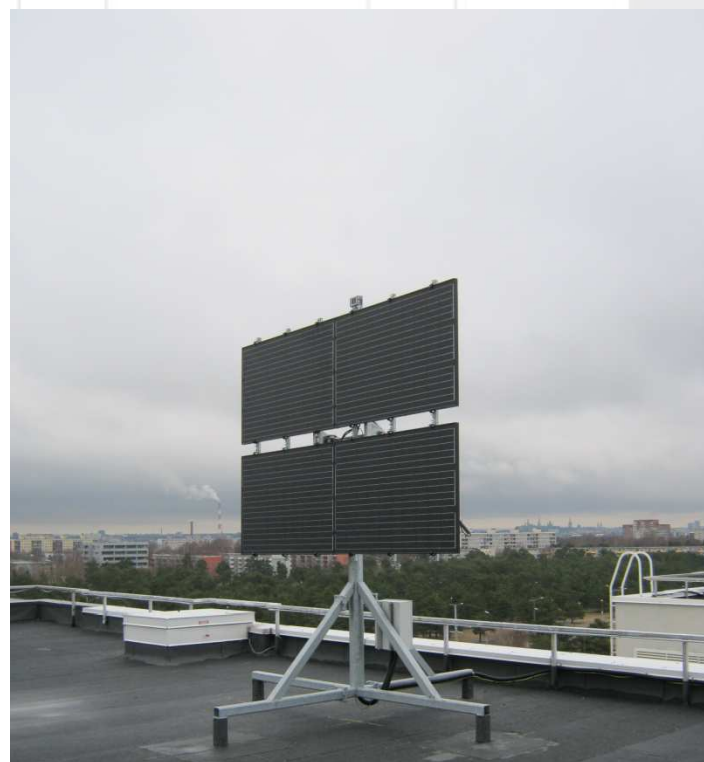
# NÄIDISLAHENDUS UURINGUTEKS TTÜ energeetikateaduskonna mikrovõrk



Euroopa Liit  
Euroopa  
Regionaalarengu Fond



Eesti tuleviku heaks









- **Päikesepaneel:**
  - U/I- ja P/I-tunnusjooned (curves),
- Kasutegur,
- järgivajami kasutamisel,
- Spektraaltundlikkus,
- Toodangu sõltuvus paneelide temperatuurist.
- **Tuulegeneraator:**
  - U/I- ja P/I-tunnusjooned
- energiatoodang ja selle kõikumine, *sh tuulekiiruse mõju*
- kasutegur,
- optimaalsed koormusgraafikud,
- tuuleenergia salvestamise karakteristikud
- Päikese- ja tuuleenergiast vesiniku tootmise karakteristikud
- **Komponentide võimalikud konfiguratsioonid:**
  - talitusviisid ja – strateegiad,
- **Kütuseelement:**
  - U/I tunnusjoon , *sõltuvus temperatuurist ja niiskusest,*
- kasutegur erinevatel koormustel ja voolutihedustel,
- vesinikutarve, salvesti dimensioneerimine, energiavaru.
- **Ülikondensaator- ja akusalvesti:**
  - laadimis- tühjenemiskõverate ülesvõtmine,
- Kasutegur,
- salvesti omadused:
  - salvede eripärad tühjenemisel ja laadimisel,
  - Ohutus ,
  - mahutavuse ja laetuse määramine ,
  - salvesti dimensioneerimine
- **Energiasaare pikaajaline töö jälgimine**
- **Koostöö võrgust sõltuvalt**
- **Tasuvusarvutused.**



- KOGU SÜSTEEM
- PÄIKESEPANEELID
- TUULETURBIIN
- KÜTUSELEMENT
- ÜLIKONDENSAATOR
- JUHTIMIS- JA ANALÜÜSI-KOMPLEKS



Euroopa Liit  
Euroopa  
Regionaalarengu Fond

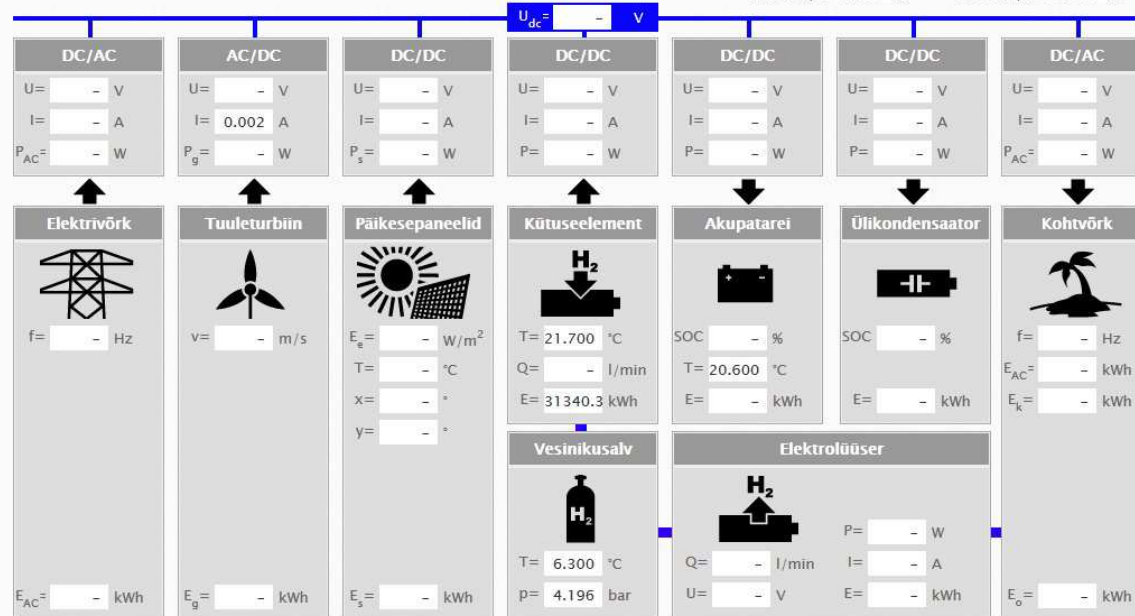


Eesti tuleviku heaks



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

VälisTEMP.= 6.200 °C Sisetemp.= 23.000 °C



- KOGU SÜSTEEM
- PÄIKESEPANEELID
- TUULETURBIIN
- KÜTUSELEMENT
- ÜLIKONDENSAATOR
- JUHTIMIS- JA ANALÜÜSI-KOMPLEKS



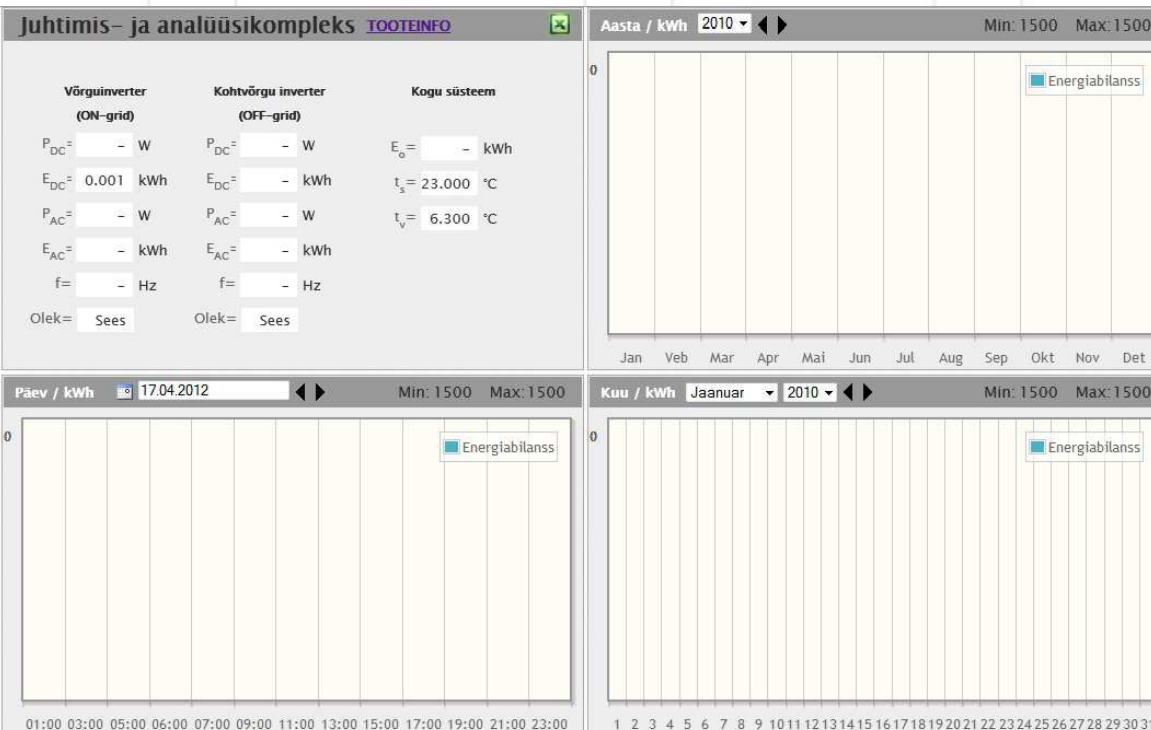
Euroopa Liit  
Euroopa  
Regionaalarengu Fond



Eesti tuleviku heaks



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
TALLINN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY







# Mida arvesse võtta süsteemide projekteerimisel?!

- Elektritarbimise ja -tootmise kõverate kokkulangevust
- ON-grid lahendusel lisaks hinna ja tootmise kõverate kokkulangevust
- Ehitus- ja elektrotehnilisi aspekte (nt olemasolevate konstruktsioonide vastupidavus, temperatuuri mõjud tootlikkusele, tootmiskõverad, salvestusvajadused jpm)
- Keskkonnaaspekte (nt. müra, valgusvärelus, valguse peegeldus, vibratsioon jne)
- Ohutusaspekte (nt. vastupidavus lumele, tuulele, temperatuurile, niiskusele jne)
- Majandusaspekte
- Esteetilisi aspekte
- Protsesside võimalikku dünaamikat



# Kasutatud kirjandus

1. Quaschnig, Volker. Regenerative Energiesysteme, Technologie – Berechnung – Simulation. 6., neu bearbeitete und erweiterte Auflage. Hanser Verlag München. 2009. 397 s. ISBN 978-3-446-42151-6.
2. Rosin, A.; Hõimoja, H.; Möller, T.; Lehtla, M.; , "Residential electricity consumption and loads pattern analysis," Electric Power Quality and Supply Reliability Conference (PQ), 2010 , vol., no., pp.111-116, 16-18 June 2010, 10.1109/PQ.2010.5550009
3. Rosin, A.; Rosin, K.; Auväärt, A.; Strzelecki, R. (2012). Dimensioning of household electricity storage for PV-systems and load scheduling based on Nord Pool Spot prices. Przegląd Elektrotechniczny, 88(4b), 294 - 299.
4. Russak, Viivi; Kallis, Ain. Handbook of Estonian Solar Radiation Climate. Eesti Meteoroloogia ja Hüdroloogia Instituut. Printed by AS ILOPRINT. Tallinn 2003.



Täna tähelepanu eest!