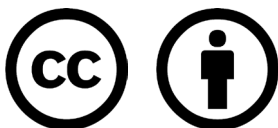


Tämän teoksen ensimmäinen painos, julkaistu 2020

Teoksen sisältö on lisensoitu Creative Commons Nimeä 4.0
Kansainvälinen-lisenssillä



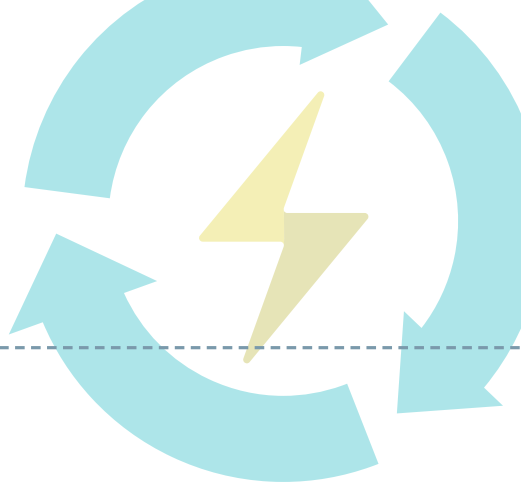
Tämä teos on suunniteltu inspiroimaan ja motivoimaan
lukijoitaan.

Julkaisija tai yksittäiset tekijät eivät ole vastuussa mistään fyysisestä, psykologisesta, emotionaalisesta, taloudellisesta tai kaupallisesta vahingosta, mukaan lukien, mutta ei rajoittuen erityisiin, sattumanvaraisiin, tahallisiin tai muihin vahinkoihin. Lukija on itse vastuussa omista valinnoistaan, toimistaan ja toimensa tuloksista.

Julkaisu ja sen sisältö on tulosta LEADER-rahoitteisen
Off-Grid DIY Renewable Energy for Rural Development-
hankkeen toiminnasta ja hankekumppanien
vapaaehtoisesta panostuksesta.



The European Agricultural Fund
for Rural Development: Europe
investing in rural areas



1a.

1.Johdanto

2.Hankekumppanien esittelyt

3. Käsitteet ja termit

4. Johdanto energiakouluun

5. Tekniset ratkaisut- Esimerkkien laajat kuvaukset

Aurinkosähkö

Biomeileri

Rakettiiuuni

Tuulivoimala

tuotanto ja varastointi

lämmintä vettä kompostista

lämmitys & ruoanlaitto

Opetuspienoismalli

6. Tekniset ratkaisut -Lyhyet esittelyt

TrianS

Puukaasutus

aurinkosähköllä toimiva rakennus

yhdistetty sähkön ja lämmön

tuotanto hätätapauksiin

1.Johdanto

Tervetuloa painetun loppujulkaisumme pariin, joka on yksi LEADER- rahoituksella toimineen Off Grid DIY-hankkeen tuloksista. Otsikko ehkä antaakin jo alustavan kuvan sisällöstä, mutta ensimmäisissä luvuissa pyrimme toki parhaamme mukaan tarkemmin kuvailemaan sekä avaamaan käytettyjä käsitteitä ja projektia itseään

Hankkeen tausta ja sisällön kuvaus

Off-Grid DIY- hanke toteutettiin vuosina 2018-2021 kun eri toimijat ja kumppanit Baltian meren ympärysmaista tapasivat toisiaan ja vaihtoivat kokemuksia ja tietoa työpajoissa ja suunnittelutapaamisissa. Näillä toimijoilla on ollut mielenkiintoa niin vaihtaa ja jakaa omia kokemuksiaan ja kokeilujaan energiaratkaisujen saralla, kuin myös oppia muilta heidän kokemuksistaan.

Hanke on rahoitettu Euroopan Maaseuturahastosta paikallisten LEADER-toimintaryhmien kautta Ruotsissa, Suomessa, Virossa, Latviassa ja Liettuassa. Toivottavasti tulevaisuudessa projekti voi rahoituksen turvin kasvaa ja ottaa mukaan lisää maita, toimijoita ja toimenpiteitä.

Tavoitteet

Päätavoitteena ei ole ollut ainoastaan luoda kerran painettavaa kirjaa jonka sisältö jää päivittämättä maailmassa joka on jatkuvassa muutoksessa. Sen sijaan tavoitteena on ollut luoda verkkosivu ja online-alusta, jossa teknisiä ratkaisuja voi jakaa. Näitä voi edelleen kehittää ja optimoida sitä mukaa, kun uusia versioita ja järjestelmiä asennetaan ja niistä karttuu kokemusta meiltä kaikilta.

Kirja, jota kädessäsi pitelet, sisältää kuvaukset vain muutamista näistä ratkaisuista, ja sen tarkoituksena onkin innostaa lukijaa jatkamaan verkkoalustalle tutustumaan niihin lisää.

Toivottavasti saat myös inspiraatiota osallistua yhteisöön, joka on utelias löytämään fiksua keinoja energia-asioihin sekä vähentämään jätettä ja riippuvuutta fossiilisista polttoaineista.

Toivottavasti tapaamme sinut verkkosivullamme pian!
www.off-grid.rocks

Hankekumppanien esittelyt

Ennen kun siirrymme johdantoon energiasta ja teknisistä ratkaisuista, esittelemme hankkeessa mukana olleet paikalliset Leader-ryhmät ja hanketoimijat, heidän tekemänsä toimenpiteet sekä kumppaniorganisaatiot, jotka ovat tuoneet hankkeeseen ratkaisuja ja teknistä osaamista.

2. Hankekumppanien esittelyt

Leader-toimintaryhmän nimi ja maa

Hiiumaa LAG, Viro



Yhteyshenkilö Off Grid-hankkeeseen liittyvissä asioissa
toimintaryhmän alueella:

Ilmi Aksli

ilmi@kogu.hiiumaa.ee

+37253420425

Hankkeen aikana rakennettu ratkaisu-
prototyyppit:

Innovatiivinen aurinkosähkötalo TRIAN-S

Asiantuntija:

Tonis Kasemagi

tonis.kasemagi@gmail.com

+3725017115



Leader-toimintaryhmän nimi ja maa:

Leader Pyhäjärvisseutu ry, Suomi



Pyhäjärvisseutu

Yhteyshenkilö Off Grid-hankkeeseen liittyvissä asioissa
toimintaryhmän alueella:

Elina Haavisto - Leader-toiminnanjohtaja

elina.haavisto@pyhajarvisseutu.fi

Hankkeen aikana rakennettu ratkaisu-
prototyytit:

Biomeileri

Aurinkoilmalämpökeräin

Asiantuntija

Jukka Kontulainen,

ProAgria Länsi-Suomi

jukka.kontulainen@proagria.fi

+358408298135



Leader-toimintaryhmän nimi ja maa

Abulas lauku partnerība, Latvia



Yhteyshenkilö Off Grid-hankkeeseen liittyvissä asioissa toimintaryhmän alueella:

Līga Krūmiņa-Krīgere

liga_krigere@inbox.lv

+371 26555539

Hankkeen aikana rakennettu ratkaisu- prototyypit:

Verkonulkopuolinen / verkkoon kytketty aurinkosähköjärjestelmä

Aurinkolämpökeräin

Poljinenenergia

- > Polkuauto/Polkuriksa (sähköavusteinen)
- > Tavarapolkupyörä
- > Poljettava pyykkikone
- > Poljettava generaattori
- > Poljettava viljamyllly
- > Poljettava vihannesmylly
- > Poljettava vesipumppu

Toimenpiteet hankeaikana (2018-2020):

Työpajat: Verkon ulkopuolinen / verkkoon kytketty tee-se-itse-aurinkopaneelijärjestelmä, Tee-se-itse aurinkolämpökeräin, polkimilla toimivat laitteet

Pienten kotitalouksien uusiutuvan energian konferenssi

Asiantuntijat:

Poljinenergia:

Elgars Felcis

elgars.felcis@gmail.com

Gatis Kreicbergs

gatis8@inbox.lv



Aurinkosähköjärjestelmä

Indrek Roasto

iroasto@gmail.com

Aurinkolämpökeräin:

Andrejs Snegirjovs

dr.snegirjovs@gmail.com



Leader-toimintaryhmän nimi ja maa
Aktion Österbotten Rf, Finland



AKTION ÖSTERBOTTEN

Yhteyshenkilö Off Grid-hankkeeseen liittyvissä asioissa
toimintaryhmän alueella:

Shiva Sharma

Shiva.Sharma@novia.fi

Hankkeen aikana rakennettu ratkaisuprototyypit:

Biomeileri ja lämpimän veden energiavarastointijärjestelmän rakentaminen osaksi monipuolista off grid-ratkaisua paikassa Meteorica, Söderfjärden, Vaasa

Toimenpiteet hankeaikana (2018-2020):

Biomeilerin rakentamistyöpaja paikallisen Sundumin kyläläisten kanssa.

Off grid-järjestelmän ja biomeilerin esittely paikalliselle sanomalehdelle Meteorica.

Asiantuntijat:

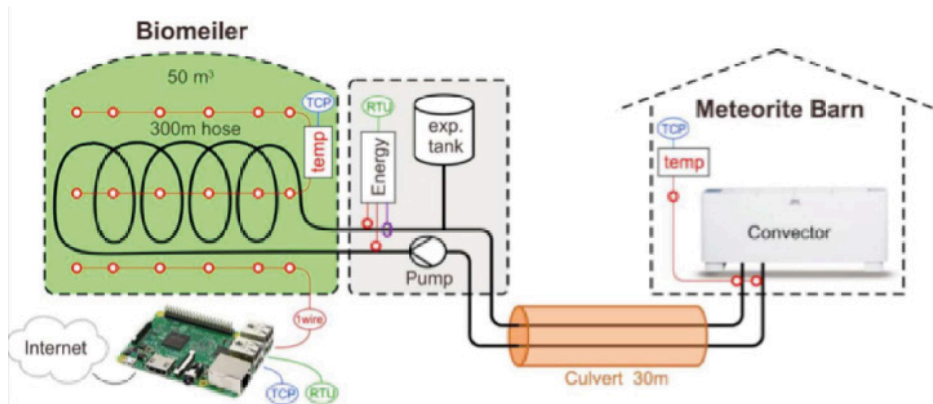
Hans Linden

Jukka Kontulainen

Cynthia Söderbacka

Shiva Sharma





Leader-toimintaryhmän nimi ja maa
Oulujärvi LEADER, Finland



Oulujärvi

Yhteyshenkilö Off Grid-hankkeeseen liittyvissä asioissa
toimintaryhmän alueella:

Mari Korhonen
mari.korhonen@msl.fi

Hankkeen aikana rakennettu ratkaisuprototyytit:

Aurinkosähköjärjestelmä (asentaminen)
aurinkoilmalämpökeräin / "tölkkipökeräin"

Toimenpiteet hankeaikana (2018-2020):

Hanketapaamiseen osallistuminen Latviassa, hanketyöpä-
jan järjestäminen Säkylässä, Suomessa syyskuussa 2019.
Aurinko-ilmalämpökeräinpäivän järjestäminen

Asiantuntijat:

Jukka Kontulainen,
ProAgria Länsi-Suomi
jukka.kontulainen@proagria.fi
+358408298135
(aurinkoilmalämpökeräin)

JanneKäpylehto
(aurinkosähkö)

Hankkeen toteuttaja

Maaseudun Sivistysliitto ry /
Union of Rural Culture and
Education



MAASEUDUN
SIVISTYSLIITTO

Leader-toimintaryhmän nimi ja maa
Pärnu Lahe Partnerluskogu, Viro



Yhteyshenkilö Off Grid-hankkeeseen liittyvissä asioissa toimintaryhmän alueella:

Kulno Kesküla

kulno.keskula@mail.ee

+372 517 7174

Hankkeen aikana rakennettu ratkaisuprototyypit:

Varautumistilanteen ratkaisu: yhdistetty lämmön ja sähkön tuotannon puukaasujärjestelmä (CHP - combined heat and power)

Toimenpiteet hankeaikana (2018-2020):

Ruokopelletin esittely biodiversiteettipäivillä

Off Grid DIY-hankkeen esittely yhteisöenergia- ja bioenergiatapahtumissa

Työpaja puukaasu-varavoimageneraattorin rakentamisesta

Stirling-moottorin tutkiminen ja ratkaisun edistäminen

Tutkimus ja raportti energian varastointiratkaisuista (saatavissa verkosta)

Asiantuntijat:

Kulno Kesküla

Peeter Viik

Ken Flight

ken@kuultkukkunud.ee



Leader-toimintaryhmän nimi ja maa:

Association Kaišiadorys district LAG, Liettuva



Yhteyshenkilö Off Grid-hankkeeseen liittyvissä asioissa
toimintaryhmän alueella:

Auksė Lebeckienė

kaisiadorysvvg@gmail.com

+370 607 63800

Hankkeen aikana rakennettu ratkaisuprototyypit:

Aurinkokeräinjärjestelmän asennus ja periaatteet

Aurinkovoimalan asennus ja periaatteet

Käytännön työpaja lapsille „Tuulihaaste“

Käytännön työpaja lapsille „Auringonpistos“

Toimenpiteet hankeaikana (2018-2020):

Hankekumppaneiden tapaaminen Latviassa, Suomessa ja Virossa.

Osallistujamatkat Suomeen ja Viroon.

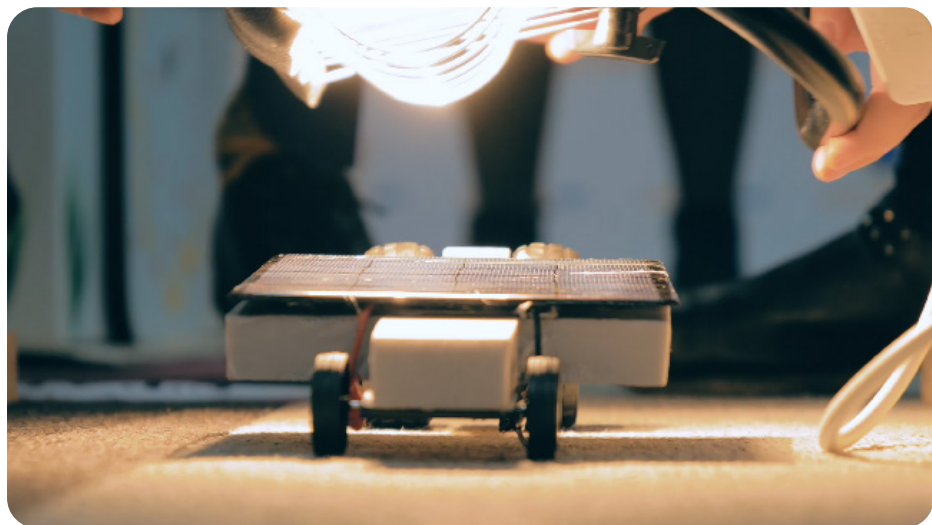
Neljän opetusvideon kuvaaminen työpajoissa ja julkaisuF-Konferenssi „Uusiutuva energia maaseudun kehittämisessä“ 2020.

Asiantuntijat:

Mantas Marciukaitis, Uusiutuvan energian ja energiatehokkuuden laboratorion johtaja

marciukaitis@gmail.com

+37068915388



Leader-toimintaryhmän nimi ja maa

LEADER Gute, Ruotsi



Yhteyshenkilö Off Grid-hankkeeseen liittyvissä asioissa
toimintaryhmän alueella:

Mikael Håkansson

mikael.hakansson@leadergute.se

Hankkeen aikana rakennettu ratkaisuprototyypit:

Puxin-biokaasulaitos

Rakettiuunilämmitin

Piggott-tuuliturbiini

Toimenpiteet hankeaikana (2018-2020):

Jalkauttamisseminaarit eri ratkaisuihin ja uusiutuvasta energiasta, kokemuksen vaihtoa alueiden kesken.

Tuotosten tuottaminen (verkkoon, painettuna, videolla)

Off-Grid DIY -hankkeelle alihankkija RELEARN Suderbyn:in avulla.

Yllämainittuihin ratkaisuihin liittyvät työpajat ja asennukset hankekumppani RELEARN Suderbyn:in kautta.

Toimenpiteet ja Off-Grid -kehitystyötä Austerland Energylle Gotlannissa, Ruotsissa.

Asiantuntijat:

Martin Ahlström, RELEARN Suderbyn
martin.ahlstrom@gmail.com
+46735154298
(rakettiunit, Puxin biokaasu)

RELEARN



SUDERBYN

Robert Hall, RELEARN Suderbyn
lystopad19@yahoo.se
(Puxin biokaasu)

Simon Goess, SG Consult
simon.goess@gmail.com
(Piggott-tuuliturbiini)



3. Käsitteet ja terminologia

Vaikka aiemmin esitellyt käsitteet saattavat olla sinulle jo tuttuja, haluamme aloittaa selkeyttämällä kuinka käytämme niitä tässä julkaisussa.

Off-Grid (verkon ulkopuolinen) on usein kotitalous- tai kylämittakaavan ratkaisu esim. sähköverkkoon kytkemättömän kodin tai muun rakennuksen lämmön tuotantoon tai vesi- ja jätevesihuoltoon. Se tarkoittaa usein myös pyrkimystä olla jotakuinkin omavarainen näiden tarpeiden suhteen. Samalla on mahdollista, että jotkut näistä ratkaisuista voi kytkeä myös verkkoon. Näin voidaan toimia esimerkiksi, jotta ylimääräistä sähköntuotantoa voi jakaa toisille käyttäjille, samalla kun voi halutessaan olla sähköverkosta irti. Verkko voi olla myös pienempi, paikallistason verkko, jossa toimijat jakavat resurssit ja investoinnit keskenään. Tämä voi toisinaan olla parempi vaihtoehto verrattuna siihen, että kaikki maaseudun asukkaat rakentaisivat oman järjestelmänsä itse, toki olosuhteista riippuen.



DIY on lyhenne sanoista "Do It Yourself" (Tee-Se-Itse), joka usein tarkoittaa, että jotain voi tehdä ilman erikoisosaamista, ammattilaistaustaa tai tutkintoja. Kuten joidenkin ratkaisujen kohdalta on selitetty, tämä ei kuitenkaan aina pidä paikkaansa ja jotkut ratkaisut, riippuen paikallisesta lainsäädännöstä ja muista säännöksistä, voivat vaatia ammattitutkintoa tai toimilupia (esim. sähkötyöt tai kaasuasennukset).



Varmista aina, että olet tietoinen paikallisista säännöksistä, ja aseta turvallisuus aina etusijalle työkalujen ja laitteiden käytössä ja ratkaisuja rakentaessa.



Jos et osaa tai halua tehdä työtä itse

Ehkä haluat jonkin näistä ratkaisuista valmiina ja asennettuna jonkun toisen toimesta?

Toivomme voivamme yhdistää ihmisiä verkkoalustan ja yhteisön kautta, joten seuraa verkkoalustan päivityksiä, niin voit löytää apuvoimia omalta alueeltasi.



Uusiutuva energia on energiantuotannon käsite, joka ei perustu fossiilisten polttoaineiden käyttöön energianlähteenä (esim. öljy, bensiini, kivihiili tai maakaasu). Tämä energia voi olla joko sähköä, lämpöä, mekaanista energiaa ja sen lähteitä voivat olla esimerkiksi aurinko, tuuli, vesi (meri, joet tai tekoaltaat) sekä biomassa (puu, biojätteet) tai biokaasu. Uusiutuvasta energiasta sen teknisistä ratkaisuista puhuttaessa meidän tulisi olla tietoisia, että ne voivat myös olla haitallisia ekosysteemille ja tuottaa saasteita. Tämä voi esimerkiksi tapahtua jos niiden tuotannossa (materiaalit tai osat) tai käytössä (infrastruktuuri ja kuljetus) tai käytöstä poistossa syntyy kasvihuonekaasupäästöjä. Nämä ratkaisut voivat olla myös haitallisia paikallisille ekosysteemeille (esim. tuulivoimalat) tai synnyttää saasteita ellei niitä kierrätetä vastuullisesti käytön jälkeen.

Tekemällä elinkaarianalyysin (LCA – Life Cycle Assessment/Analysis) kullekin ratkaisulle ja siihen liitettylle järjestelmälle, ymmärrämme paremmin mitkä valinnat ja ratkaisut ovat viisaita ja mikä niiden ekologinen jalanjälki on.



4. Johdanto energiakouluun

Joskus saatamme nähdä itsemme opettajan roolissa, mutta yhtälailla jokaisen meistä lienee syytä samaistua myös oppilaan rooliin kun opimme luomaan ja elämään maailmassa, joka on vähemmän riippuvainen fossiilisista energianlähteistä?

Energiakoulu on kasvava osa verkkoalustaa, josta löytyy ja missä voi jakaa taustatietoa ja eri näkökulmia teknisiin ratkaisuihin. Toivottavasti se auttaa meitä ymmärtämään miksi jotkut ratkaisut ja valinnat voivat olla fiksumpia kuin toiset. Tässä joitakin esimerkkejä aihealueista, joita verkkoalustalta löytyy:

Energia

- > Johdanto energiaan
- > Energian historia - Kuinka sitä on käytetty?
- > Lämpöenergia- Kuinka kuuma ja kylmä käyttäytyvät?
- > Sähkö - Kuinka sitä tuotetaan ja käytetään?
- > Uusiutuva energia
- > Energian varastointi
- > Energiaa kotiin - suunnittelu ja rakentaminen.
- > Nykyistä ja tulevaa kehitystä

Kestävyys

- > Johdanto kestävyYTEEN
- > Elinkaarianalyysi (LCA - Life Cycle Assessment)
- > Jäte - mitä se on ja kuinka sen voi minimoida?
- > Suljettu kierto - Paikallisjärjestelmät ilman jätettä
- > Kiertotalous

Johdatus energiaan

Meillä kaikilla on erilainen suhde energian käsitteeseen, riippuen kokemuksistamme koulussa, työssä ja muilla elämänaloilla. Puhuessamme energiasta tarkoitamme tässä yhteydessä jotain millä on kyky tehdä työtä ja parantaa elämänlaatuamme. Tähän voi sisältyä kotimme lämmittäminen, ruoan valmistuksessa tarvittava energia, sähköä eri laitteiden ja koneiden käyttöön. Siihen voi kenties jopa sisältyä ruoan kasvattaminen, sillä ravinto pitää meidät liikkeellä ja on yksi oleellisimmista perustarpeistamme?

Paikallisen uusiutuvan energian ratkaisun suunnittelu ja rakentaminen on usein tärkeä aloittaa kartoittamalla tarpeet sekä se, mitä paikalliset olosuhteet voivat tarjota, ennen rakennettavan ratkaisun ja rakennustavan valintaa. Tällä tavoin selviää oikea tarvittavien resurssien määrä (aika, raha, materiaalit), sen sijaan että päätyisi rakentamaan jotain mikä ei riitä tyydyttämään energian tarvettamme tai on kerrassaan liian iso (tai kallis) niihin nähden.

Näin ollen, ensimmäinen neuvo, ja kenties kaikista tärkein off grid-ratkaisuja tehdessä, on käyttää aikaa havainnointiin, suunnitteluun ja valmisteluun. Sen avulla voimme minimoida resurssien tuhlaamisen ja käyttää ne asioihin jotka tuovat eniten lisäarvoa.

Tuotanto ja varastointi

(Erityisesti off-grid- järjestelmiin perustuvan) uusiutuvan energian tuotanto ja varastointi (biomassaan ja akkuihin) ovat molemmat yhtälailla tärkeitä. Tutkimus ja kehitys näillä osa-alueilla lisääntyy koko ajan ja sen seurauksena mahdollisuutemme elää näiden järjestelmien varassa mukavasti vuoden ympäri kasvavat sitä mukaa.



Energiatehokkuus ja häviöt

Missä tahansa energijärjestelmässä on aina hävikkiä, mikä tarkoittaa, että osaa tuotetusta tai varastoidusta energiasta ei käytetä hyödyksi. Korkean tehokkuuden järjestelmässä on vähän hävikkiä ja päinvastoin.

Pyrimme ratkaisuihin, jotka ovat tehokkaita, mutta hävikkiä tapahtuu aina. Hävikkikohtien ymmärtäminen ja niiden minimointi on myös yksi tärkeä osa-alue, kun rakennamme järjestelmiä, jotka ylläpitävät hyvinvointiamme samalla minimoiden jätteen määrän ja optimoiden resurssien käytön.

Thermodynamiikka - Miten lämpö käyttäytyy?

Yksi energiankäytön perustavanlaatuinen muoto, joka on ollut käytössämme kauan ennen sähköä, on lämpö. Lämmön käyttäytymistä kuvaava tekninen termi on nimeltään lämpöoppi/termodynamiikka, ja sen perusteiden ymmärtäminen auttaa meitä todennäköisesti lisäämään mukavuustasoamme. Se voi esimerkiksi vaikuttaa kotimme suunnittelu- ja rakennustapavalintoihin, jotta minimoisimme hävikin ja maksimoisimme asumismukavuuden.

Lämpöoppi kertoo meille, että lämpöenergia siirtyy aina lämpimämmästä materiaalista kylmempään, ja että tämä voi tapahtua neljällä eri tavalla: johtumisen, kulkeutumisen, säteilemisen tai olomuodon muutoksen kautta.

Kun ymmärrät mitä tämä tarkoittaa, sinulla on erinomaiset perustiedot ja ymmärrys energian ja energiaratkaisujen kanssa elämiseen fiksusti ja tehokkaasti.

Tutustu tarkemmin lämpöoppiin, suljettuihin kiertoihin ym verkkoalustaltamme löytyvässä Energiakoulussa ja siellä esiteltyjen energiaratkaisuiden avulla.

5. Tekniset ratkaisut - kattava kuvaus neljästä esimerkistä

Aurinkosähkö

Aurinkosähkön tuotanto ja
varastointi

Biomeileri

Veden lämmitys kompostilla

Rakettiuuni

Lämmitys ja ruoanlaitto

Tuuliturbiinin
pienoismalli

Opetusaktiviteetti





Off-grid aurinkosähköjärjestelmä

Lyhyt johdanto

Tavoitteena on rakentaa yksinkertainen sähköverkkoon kuulumaton aurinkopanelijärjestelmä edullisin kustannuksin. Aurinkopanelit tekevät auringon energiasta sähköä. Off grid tarkoittaa, että järjestelmä toimii ilman kytkentää valtakunnan sähköverkkoon. Kaikki tarvittava energia tuotetaan auringolla. Off grid-aurinkosähköjärjestelmä koostuu aurinkopaneleista, lataussäätimestä, invertteristä ja akuista. Aurinkopanelit muuttavat auringon säteet sähköksi, lataus säädin lataa akut ja purkaa latauksen kuorman (käytön) mukaan. Ylijäävä sähkö varastoidaan myöhempää käyttöä varten akkuihin.

Vaikeustaso

- Rakentaminen ja käyttö
Keskitaso (osin tee-se-itse, keskitason vaativuus huollon ja käytön suhteen)
- Kustannukset
Korkea (>500 EUR)

Taidot, työkalut ja materiaalit

Taidot

On välttämätöntä ymmärtää sähköön, jännitteeseen, virtaan ja resistanssiin liittyvät perusasiat. Tehon ja kuorman laskemista varten tulisi ymmärtää Ohmin laki. Teorian perusasiat on helppo oppia internetistä.



TÄRKEÄÄ! Tutustu huolellisesti paikallisiin sähkötoita koskeviin säädöksiin sekä lakiin ja toimi aina turvallisesti!!

Linkki "Voltage, Current, Resistance, and Ohm's Law"

<https://learn.sparkfun.com/tutorials/voltage-current-resistance-and-ohms-law/all>,

Linkki

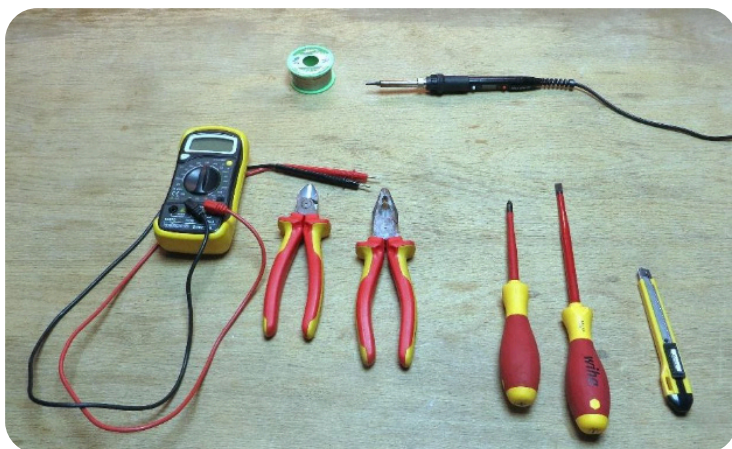
"Electricity Basics"

<https://www.altestore.com/howto/electricity-basics-a18/>.



Työkalut

Tähän tehtävään tarvitaan seuraavia työkaluja: (Kuva 1, alkaen vasemmalta): yleismittari (mittaa tasavirtajännitettä ja virtaa), linjapihdit, kärkipihdit, ruuvimeisseleitä, mattoveitsi (kätevä eristysten poistoon johdoista), kolvi ja juotostinaa.



Kuva. 1. Tarvittavat työkalut



Kuva 2. Sähkönkulutusmittari.

Suunnitteluvaiheessa suositellaan sähkönkulutuksen mittaamista kulutusmittarilla (kuva 2) luotettavien kulutuslukemien saamiseksi. Tosin, kuten jäljempänä näkyy, voi kulutuksen selvittää myös laskemalla, joten sen hankkiminen ei ole pakollista.

Esimerkkitapauksessa käytetyt materiaalit

Järjestelmän tärkeä osa on aurinkopaneeli.

Tässä tapauksessa käytettiin kahta 275 W kiinalaista aurinkopaneelia (CSUN275-60M – kts kuva 3).

Sen tekniset ominaisuudet näkyvät taulukossa 1.

Linkki <https://napssolar.ee/>, accessed 27.06.2020

Taulukko 1. Aurinkopaneelin CSUN275-60M tekniset tiedot

Nimellisteho P_{max}	275 W
Tehollinen jännite – U_{oc}	38.5 V
Oikosulkuvirta - I_{sc}	9.13 A
Jännite huipputehon kohdalla - U_{mpp}	31.3 V

Virta huipputehon kohdalla - Imp	8.79 A
Hyötysuhde	16.93
Hinta	112 €

Akkujen lataamiseen aurinkosähköllä sekä aurinkopane-
lien tuoton maksimoimiseksi tarvitaan MPPT (maximum
power point tracking, maksimitehopisteen seuranta) tek-
niikalla varustettu lataussäädin. Tässä tapauksessa käytetti-
in Victron MPPT 150/35 lataussäädintä (kuva 4). Tekniset
tiedot taulukossa 2.

Link "victron mppt 150/35"

<https://www.amazon.de/>, accessed 27.06.2020

Taulukko 2. Victron MPPT 150/35 lataussäätimen tekniset
tiedot

Akun jännite	12 / 24 / 48V automaattinen valinta
Maksimi akkuvirta	35A
Nimellinen PV-teho	1000 W, 24 V
Maksimi oikosulkuvirta	40 A
Huippuhyötysuhde	98 %
Käyttölämpötila	-30...+60 °C



Kuva 3. Aurinkopaneeli



Kuva 4. Victron MPPT 150/35



Kuva 6. Deep cycle lyijyaku

Hinta	330 €

Off-grid- puhdas vaihtovirtainvertteri tarvitaan muuntaamaan akkujännite (DC) verkkovirraksi (AC). On tärkeä valita vaihtovirta (ei tasavirta) invertteri. Tämä tarkoittaa, että invertterin tuottaa puhdasta siniaaltojännitettä 230 VAC joka käy kaikkiin kodin laitteisiin.

[Link](https://www.aliexpress.com/) "Pure Sine Wave Power Inverter 24 V" (fig.5)
<https://www.aliexpress.com/>

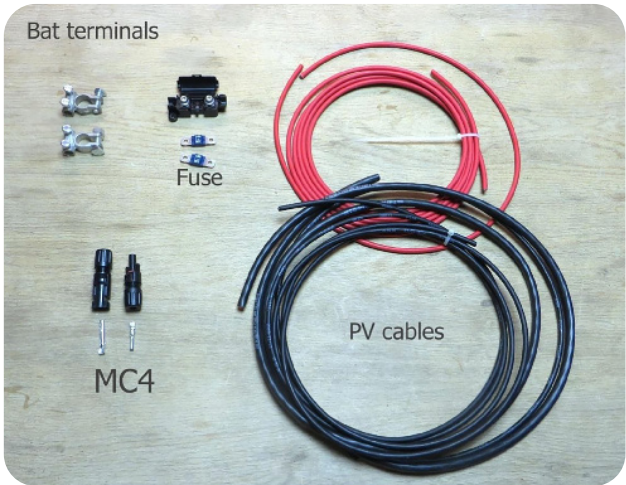
Taulukko 3. Vaihtovirtainvertterin tekniset tiedot

Sisääntulojännite	24 Vdc
Ulostulojännite	220 Vac
Max. teho	4000 W
Ulostulotaajuus	50 Hz
Alijännitesuojaus	20 Vdc
Hyötysuhde	>93 %
Hinta	130 €

Ylijäämäenergian varastointiin ja järjestelmän käyttöön myös yöaikaan tarvitaan akkuja. Tässä esimerkissä käytettiin deep cycle -lyijyakkuja (Kuva 6).

Taulukko 4. Akun tekniset tiedot

Jännite	12 V
Kapasiteetti C20 (vastaa 20 h purkautumisaikaa)	100 Ah
Energiamäärä	1200 Wh



Kuva 7 : Kaapelit, liittimet ja navat

Tyyppi	Lyijyakku (deep cycle)
Latausvirta	10-30 % kapasiteetista
Hinta	100 €

Kuva 7. Sähkökytkentöihin tarvittavia osia ja kaapeleita. Aurinkopaneelit kytketään lataussäätimeen erityisillä aurinkosähkökaapeleilla. Paneelit kytketään MC4-liittimillä ja akut napojen kautta. Akut tulee kytkeä sulakkeen kautta. Tähän tarkoitukseen käy oikean kokoinen auton sulake.

Johtopäätökset ja vältettävät virheet

Ennen kun ostat mitään järjestelmän osia, perehdy sähköopin perusasioihin. Tee sitten tarvittavat laskelmat ja ota selvää montako paneelia ja kuinka tehokkaan invertterin tarvitset, minkä tyyppiset akut ja montako kappaletta jne. Suunnittele järjestelmä ensin paperilla ja aloita rakentaminen vasta sitten. Jos järjestelmä on hyvin suunniteltu ja analysoitu paperilla, sen rakentaminen on helppoa ja nopeaa. Ennen kun kytket akut järjestelmään, varmista, että sulakkeet ovat paikallaan. Kytke aina ensin lataussäädin akkuihin ja sitten vasta aurinkopaneeleihin. Lataussäädin saa virtansa akun puolelta, eikä toimi kunnolla ainoastaan aurinkopaneeleihin kytkettynä.

Tarkista ja uudelleen tarkista napaisuus ja lataussäätimen sallittu akkujännite. Älä vaihda plus- ja miinusnapojen paikkoja. Lue lataussäätimen käyttöohjeesta yksityiskohtaisemat ohjeet ennen sen kytkentää. Väärin kytkettynä se vaurioituu herkästi. Huomaa, että akun navat voivat kipinöidä pienesti kytkennän hetkellä. Tämä on normaalia ja tarkoittaa että lataus lähtee päälle.

Invertteri ei ole yhtä herkkä kuin lataussäädin. Seuraa silti näitä askelia kun yhdistät sen. Kytke ensin akut ja kytke kuorma päälle vasta sen jälkeen. Huomaa, että akun navat voivat kipinöidä pienesti kytkennän hetkellä. Tämä on normaalia ja tarkoittaa että lataus lähtee päälle. Älä koskaan yhdistä kahta off grid-invertteriä rinnakkain äläkä yhdistä niitä sähköverkkoon, se tuhoaa invertterin välittömästi.

Kustannukset ja elinkaarianalyysi

Yllä kuvaillun aurinkosähköjärjestelmän kokonaiskustannus on arviolta 700e ja 1300e välillä, mutta se riippuu mistä komponenteista järjestelmä koostuu. Järjestelmän kallein ja lyhytikäisin osa on akku. Esimerkkitapauksena käytetyn järjestelmän kokonaiskustannus oli n 900e. Summaa voisi pienentää valitsemalla edullisemman lataussäätimen.

Järjestelmän käyttöajanodotetta rajoittaa akun käyttöikä. Nykyisin käytössäolevat lyijyakut kestävät alle 1000 lataus/purkusykliä siinä missä litiumakut pääsevät yli 2000 sykliin. Tämän johdosta käyttöiänodote on n 5-15 vuotta.

Aurinkopaneelien tehontuotto saa pienentyä 1% vuodessa. Tämä tarkoittaa, että 20 vuoden jälkeen paneelin tuottaa edelleen 80% nimellistehostaan. Nykyajan paneelien paremmalla tekniikalla ja valmistusmenetelmillä tehontuoton pienentymä on alle 0,4% vuodessa, mikä tarkoittaa, että tänään valmistettu paneeli tuottaa 20 vuoden kuluttua 92% alkuperäisestä nimellistehostaan. Yleisesti ottaen aurinkopaneelin käyttöikä on n. 30-40 vuotta. Näin ollen paneelit ovat aurinkosähköjärjestelmän kestävin osa.

Invertterin käyttöikä on välillä 10-20 vuotta, jonka jälkeen kondensaattorit täytyy vaihtaa. Teoriassa osan voi vaihtaa kuka tahansa joka osaa kolvata.

[Link](https://www.engineering.com/DesignerEdge/DesignerEdgeArticles/ArticleID/7475/What-Is-the-Lifespan-of-a-Solar-Panel.aspx) "What Is the Lifespan of a Solar Panel",
<https://www.engineering.com/DesignerEdge/DesignerEdgeArticles/ArticleID/7475/What-Is-the-Lifespan-of-a-Solar-Panel.aspx> , accessed 27.06.2020.

Jalanjälki

Aurinkopaneelit valmistetaan kaivannaismateriaaleista ja niiden tuotannolla on melko suuri ympäristöjalanjälki. Ne

ovat myös haitallisia ekosysteemeille mikäli niitä ei käytön jälkeen hävitetä vastuullisesti. Aurinkopaneelien tehokas kierrätys on yleistymässä ja aiempaa saavutettavampaa, ja niiden kierrättämisen tulisi olla luonnonmukainen valinta käytöstä poistamisen jälkeen. Paneelien useimmat osat ja materiaalit voi kierrättää ja uudelleenkäyttää kun ne käsitellään asiaan erikoistuneissa laitoksissa.

Myös akut tehdään usein kaivannaismateriaaleista, niiden jalanjälki on melkoisen suuri, ja ne ovat ekosysteemeille haitallisia ellei niitä kierrätetä. Aiemmin muussa käytössä olleita akkuja voi uudelleenkäyttää ja uusien kestävämpien akkujen tekniikan kehityksen vauhti kiihtyy koko ajan, sillä ne ovat uusiutuvan energian järjestelmien keskeisiä osia

Vaiheittainen rakennusohje

1. Laskelmat ja suunnittelu

Ennen rakentamisen aloittamista aurinkosähköjärjestelmä on suunniteltava huolellisesti. Vaikka aurinkosähköjärjestelmän voi rakentaa itse, järjestelmän osat pitää hankkia ostamalla, ja suunnittelematta rakentaminen voi johtaa kalliisiin virheisiin. Aurinkosähköjärjestelmän suunnitteluun on eri menetelmiä, tässä esimerkkitaupauksen vaiheet:

1. Arvioi paikalliset aurinko-olosuhteet
2. Arvioi kuorma ja kulutus
3. Valitse energian varastointitapa
4. Valitse invertteri
5. Valitse paneelien teho ja jännite
6. Valitse lataussäädin
7. Valitse kaapelit

Arvioi paikalliset aurinko-olosuhteet

Ennen kun alkaa edes harkitsemaan aurinkosähköjärjes-

telmän rakentamista, on tärkeää tietää paljonko auringon energiaa kohteessa on saatavilla. Tähän tarkoitukseen EU on luonut PVGIS (photovoltaic geographical information system) online-työkalun.

Lähde: Photovoltaic Geographical Information System", https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/en/tools.html#PVP, katsottu 28.06.2020.

Sitä voi käyttää maksutta. PVGIS:illä voi mallintaa sekä verkkoon kytkettyä että verkon ulkopuolista järjestelmää. Aurinkopaneelien optimaalisen kallistuskulman löytämiseksi tee ensin verkkoon kytketty mallinnus. Täytä seuraavat kentät:

- 1.Osoitteesi
- 2.Asennuksen nimellisteho – käytä alustavaa arviota siitä kuinka monta paneelia aiot asentaa.
- 3.Arvioitu hävikki, yleensä 10-20%.
- 4.Asennuksen sijainti – ”free standing” (erillinen, maassa) tai ”building integrated” (rakennuksen yhteyteen – seinälle tai katolle asennettu)
- 5.Paneelien asennuskulma – mikäli et tiedä optimaalista arvoa, jätä kenttä tyhjäksi ja lisää täppä oikealla olevaan ”optimize slope” – laatikkoon, jonka jälkeen PVGIS laskee sijaintiisi sopivan optimaalisen asennuskulman.

Napsauta visualize results ja tutustu tuloksiin (Simulation outputs). PVGIS antaa sinulle optimaalisen asennuskulman, vuosittaisen aurinkoenergian tuoton ja näyttää sen jakautumisen kuukausittain kuvaajassa. . Voit tehdä PVGIS off grid-mallinnuksen myöhemmin kun olet laskenut tarkat aurinkosähköparametrit, esim. akun koon, tehon tason ja paneelien lukumäärän. PVGIS off grid-mallinnus näyttää, kuinka paljon aurinkoenergiaa järjestelmäsi voi kerätä ja paljonko siitä menee hukkaan. Nyt voit hienosäätää off grid-aurinkosähköjärjestelmäsi lisäämällä energian varasto-

intia akkuihin tai vähentämällä paneelien määrää.

Kuorman ja kulutuksen arviointi

Toinen askel minkä tahansa aurinkosähköjärjestelmän tapauksessa on kuorman ja kulutuksen arviointi. Kun tiedät kuorman, tarvitun tehon ja aurinkopaneelien määrän, saat selville tarvitun energian määrän. Helpoin tapa arvioida kuorma on tehdä joitakin mittauksia energiankulutusmittarilla. (Kuva 2).

Kytke energiamittariin kaikki laitteet joita aiot käyttää off grid-järjestelmässäsi ja mittaa energian ja tehon lukemat muutaman päivän (1-5pv) ajalta.

Mikäli sinulla ei ole sähköjä tai energiankulutusmittaria, voit myös laskea tarvittavan sähköenergian määrän.

Ensiksi, listaa laitteet joita haluat käyttää.

Yleensä kaikissa kodin sähkölaitteissa on merkintä teknisistä tiedoista. Mikäli et löydä sitä, voit tehdä internet-haun tyypillisten kodin laitteiden lukemista (Watteina).

Lähde "Power Ratings (Typical) for Common Appliances"

<https://www.altestore.com/howto/power-ratings-typical-for-common-appliances-a21/>, accessed 28.06.2020.

Voit käyttää näitä tietoja apuna arvioidessasi kuinka monta wattituntia uusiutuvan energian järjestelmäsi tulee tuottaa keskivertopäivänä. Käytetyn energian määrän tietyn ajanjakson aikana voi laskea tehoon perustuen seuraavasti:

$$E = P \times t,$$

missä E on energia, P on kuorman teho ja t on kuorman käyttöaika.

Tässä esimerkkitapauksessa kuorma koostui vesipumpusta ja jääkaapista. Jos 300 W pumppu käy 3,7 tuntia vuorokaudesta, se kuluttaa 1100 Wh energiaa. 200W jääkaappi käy oletettavasti noin 4,5 tuntia päivässä ja kuluttaa 900 Wh energiaa. Energian kokonaistarve on siis 2000 Wh päivässä.

Järjestelmän maksimiteho on 500W.

Akun valinta

Perussääntönä voi pitää ajatusta ”isompi on parempi”. Off grid- aurinkosähköjärjestelmässä varastointikapasiteetin määrä on vahvasti sidoksissa elämän mukavuuteen. Pienempi akusto yksinkertaisesti tarkoittaa pienempää määrää energiaa varastoituna yötä tai pilvistä päivää varten. Samalla energian varasto (akku) on järjestelmän hinnakkain osa. Näin ollen akuston koon valinta on tasapainottelua kustannusten ja asumismukavuuden välillä.

Ensimmäinen askel on oikean varastointiteknologian valinta. Yleisesti ottaen se tarkoittaa päätöstä lyijy- ja litiumakun väliltä. Lyijyakku on halvempi, mutta sen tehokkuus ja elinkaari ovat huonompia. Litiumakku on kaksi kertaa kalliimpi alkuinvestointi, mutta se kestää kauemmin ja toimii paremalla tehokkuudella. Hyvä opas niiden teknisiin eroihin ja akun valintaan löytyy internetistä.

Link ”Batteries: Lithium-ion vs AGM”

<https://www.victronenergy.com/blog/2015/03/30/batteries-lithium-ion-vs-agm/>, accessed 28.06.2020

Toinen askel on valita sopiva jännite. Korkeampi jännite on parempi, sillä sen ansiosta virta on matalampi ja ohuemmat kaapelit riittävät. Tämän lisäksi monet lataussäätimet toimivat useilla akkujännitteillä. Tuplasti korkeammalla jännitteellä sama lataussäädin voi käsitellä tuplasti korkeampaa tehoa. Käytännössä jännitevalinta riippuu järjestelmän tehosta seuraavasti:

teho < 800 W, akkujännite 12 V

teho < 2000 W, akkujännite 24 V

teho < 6000 W, akkujännite 48 V

Lähde: ”How to connect your batteries to make up a 24V or 48V system”

<https://www.newenergyco-op.co.uk/blog/how-to-connect-your-batteries-to-make-up-a-24v-or-48v-system.html>, accessed 28.06.2020

Useita akkuja voi kytkeä sarjaan korkeamman jännitteen saamiseksi (suositeltu ratkaisu), mutta ne voi myös kytkeä rinnakkain, jotta saadaan enemmän virtaa. Huomaa, että liitännän tyyppi ei vaikuta akuston energiasisältöön (the energy content of the battery pack is not depending on the connection type.) Sen määrittää ainoastaan akkujen sisäinen kemia. Akun energiasisältö E voidaan laskea seuraavasti: $E = U_{\text{bat}} \times C_{20}$ jossa U_{bat} on akun nimellisjännite ja C_{20} on akun kapasiteetti 20 tunnin purkautumisajalla ampeeritunteina (Ah) ilmoitettuna.

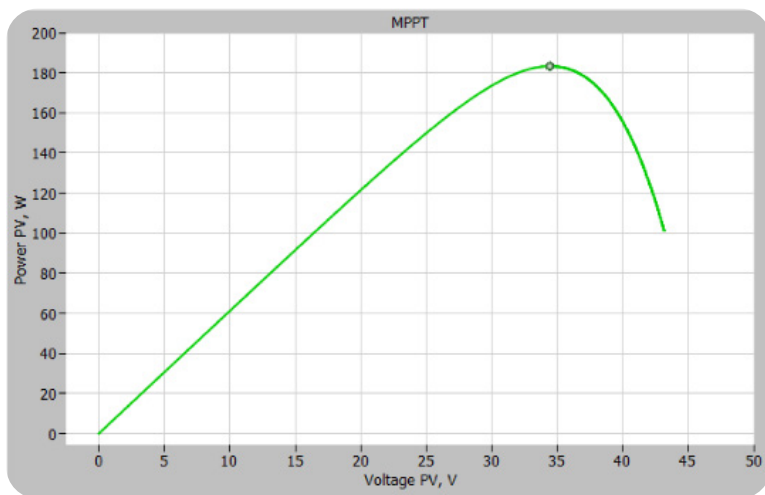
Tässä tapauksessa varastoinnin tulisi kattaa yhden päivän 2000Wh energiankulutus (kts Kuorman ja kulutuksen arviointi) Kustannussyistä valinta kohdistui lyijyakkuihin. Kaks 100 Ah, 12V deep cycle (syväpurkaus) akkua kytkettiin sarjaan jolloin kokonaisenergiasisällöksi saatiin 2400Wh ja jännitteeksi 24 V. Tämä kattaa päivittäisen energiantarpeen.

Invertterin valinta

Invertteri on tehoelektroniikkalaite joka muuttaa akun tasavirtaa verkkovirraksi. Invertteri valitaan kuorman tehon ja akkujännitteen mukaan. Invertterissä on aina oltava jonkinlainen tehoreservi. Se, kuinka suuri tehoreservi tarvitaan, riippuu kuorman tyypistä. Yleissääntönä on valita invertteri, jonka teholumina on kaksin- tai kolminkertainen kuormaan nähden.

Tässä tapauksessa kuorman maksimiteho oli odotettavasti 500W (kts Kuorma ja kulutuksen arviointi) , näin ollen invertterin minimivaatimus on 1000W. Tässä tapauksessa valittiin 4000W invertteri.

Aurinkopaneelin tehon ja jännitteen valinta



Kuva 8. Teho (power) vs. jännite (voltage) - kuvaaja

Aurinkopaneeli on ei-lineaarinen energianlähde jolla ei ole kiinteää jännitettä tai virtaa. Se ei ole oikosulku tai avoin piiri- herkkä. Kummassakaan tapauksessa se ei vaan tuota sähköä.

Tehon maksimin piste on jossain avoimen piirin (open circuit – ei kuormaa) ja oikosulun (ylikuormitus) välillä, kuten kuva 8 osoittaa. Lataussäädin seuraa jatkuvasti niin sanottua MMP:tä (maximum power point, maksimitehopistettä).

Aurinkopaneelien määrä riippuu sähkökuormasta. Aurinkopaneelin huipputehon tulisi saavuttaa vähintään kuorman taso, esim 1kW kuorma vaatii vähintään 1kW aurinkopaneelitehoa. Aurinkopaneelien tuotto riippuu kuitenkin suuresti säästä ja pienenee merkittävästi pilvisissä oloissa. Näin ollen on yleistä asentaa 10-20% kuorman vaatimaa määrää enemmän aurinkopaneelitehoa. Suurempi määrä aurinkopaneeleja kompensoi huonon sään vaikutusta. Tämä johtuu siitä, että useimmat markkinoilla olevat lataussäätimet ovat step-down-muuntajia (step-down converters) eli ne eivät

kykene kasvattamaan jännitettä. Jos MPP-jännite (V_{mpp}) on pienempi kuin akun jännite, lataussäädin ei missään tilanteessa kykene saamaan aurinkopaneeleista irti niiden maksimitehoa.

Tässä esimerkkitapauksessa kuorman maksimiteho on 500W. Järjestelmään valittiin kaksi teholtaan 275W panelia.

MPP-jännitteen minimivaatimus on $U_{bat} + 10 = 34$ V. CS-UN275-60M aurinkopaneelin U_{mpp} on 31.3 V (taul 1), joka on minimivaatimusta matalampi. Näin ollen paneelit piti kytkeä sarjaan, jonka seurauksena uusi MPP-jännite $31.3 \times 2 = 62.6$ V. Johtopäätöksenä, tässä esimerkkitapauksessa aurinkopaneeleita ei olisi voinut kytkeä rinnakkain liian alhaisen U_{mpp} :n vuoksi.

Lataussäätimen valinta

Lataussäätimiä on kahdenlaisia: MPPT säätimiä and PWM säätimiä. PWM lataussäädin on matalan kustannustason vaihtoehto, joka sopii parhaiten pieniin aurinkosähköjärjestelmiin kohtuullisissa tai korkeissa lämpötiloissa (45-75 °C). Pohjoismaissa, missä auringon säteilyn määrä vaihtelee ja keskilämpötilat ovat matalia, MPPT-säädin on parempi ratkaisu.

Lähde: White paper: "Which solar charge controller: PWM or MPPT?", <https://www.victronenergy.com/upload/documents/White-paper-Which-solar-charge-controller-PWM-or-MPPT.pdf>, accessed 28.06.2020.

Seuraava huomioonotettava tekijä on aurinkopaneelien teho, avoimen piirin jännite (U_{oc}), akun jännite ja lataus virta. Esimerkkikohteen paneeliteho oli 550W, $U_{oc} = 2 \times 38.5 = 77$ V (taul 1), $U_{bat} = 24$ V, latausvirran maksimi $P_{pv}/U_{bat} = 550/24 = 23$ A. Tämän datan perusteella valittiin Victron energy MPPT lataussäädin (Taul 2). Victron MPPT 150/35 lataussäätimen maksimi paneelijännite on 150 V and maksimi latausteho 35 A.

Rakentaminen

1. Rungon rakentaminen

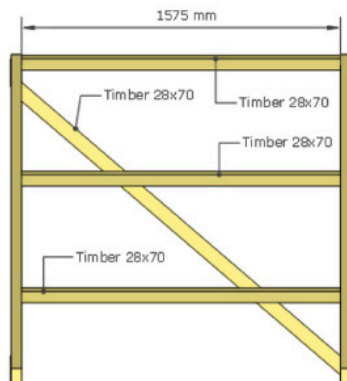
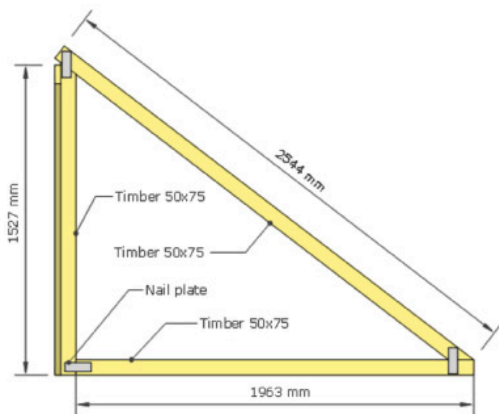
Runko johon paneelit kiinnitetään, voidaan rakentaa puutavarasta (kts kuva 9). Rakenteen mitat ja piirustukset esitetty alla.



Kuva 9. Puurunko aurinkopaneelille

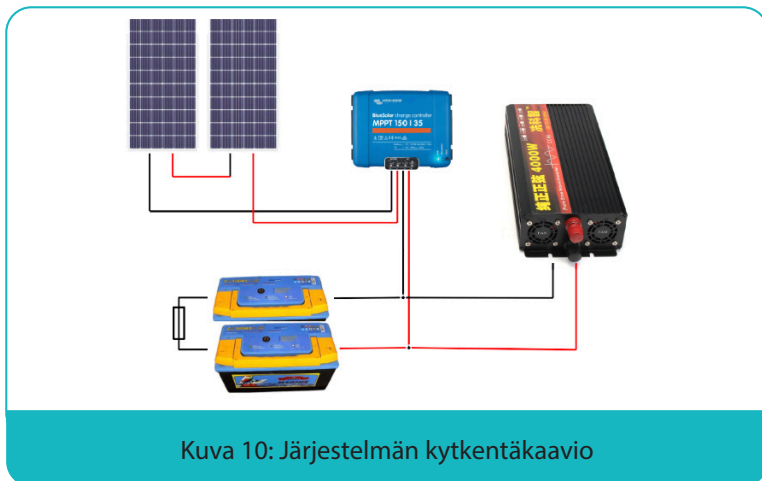
Puutavara ja mitat:

- 50x75x2400 mm, 2 kpl;
- 50x75x1500 mm, 2 kpl;
- 50x75x1800 mm, 2 kpl;
- 28x70x1300 mm, 3 kpl;
- 22x150x1300 mm, 3 kpl.



Sähkökytkennät

Kytkentäkaavio kuvassa 10. Järjestelmä koostuu kahdesta aurinkopaneelista, lataussäätimestä, kahdesta sarjaan kytketystä lyijyakusta sekä invertteristä. Kuormat kytketään suoraan invertteriin.



Kuva. 11. Valmis off-grid aurinkosähköjärjestelmä

Videot

<https://www.youtube.com/playlist?list=PLk7r5FyAZw9mo-KacHwVa8mIEwRr-spznP>

Tekijä

Indrek Roasto

KATEGORIAT



KIERTOESI-
LÄMMITYS



KOMPOSTI
MAANPARANNUS

Biomeileri/Jean Pain-komposti lämmönvaihtimella

Lyhyt johdanto

Biomeileri on lämpökomposti, joka sisältää puuhakkeesta (n. 70%) ja lannasta (20-30%) koostuvan biomassaseoksen. Sisältöön lisätään täytön aikana tasaisesti vettä, jotta saavutetaan kompostoitumiselle sopiva kosteus.

Biomeileri voi lämmitä 50-60 C asteeseen 2-7 päivässä, tosin ulkolämpötila vaikuttaa asiaan ja lämpeneminen voi kestää kauemminkin. Syntynyt lämpö voidaan ottaa talteet biomeilerin sisään asennetussa letkussa kiertävän veden avulla.

N. 10 m³ kokoinen biomeileri voi tuottaa 1 kW lämpöä. Luku riippuu esim. käytetystä lannasta. Biomeilerin toiminta-aika on 6-24 kk jonka jälkeen sen tilavuus on pienentynyt



n. 40%. Materiaalin vajoaminen tulisi ottaa huomioon letkua asennettaessa.

Vaikeustaso

- Rakentaminen ja käyttö
Matala (osin DIY, ylläpito ja käyttö keskitasoa)
Kustannus
Korkea (konetyö vaatii taitoa, käyttö ja ylläpitokustannus >500 EUR)

Biomeilerin rakentamiseen tarvitaan traktorityötä ja muutamia ihmisiä. Materiaalikustannukset voivat olla korkeita mikäli puuhake pitää ostaa, sillä hake voi alueesta riippuen olla kallista. Muita tarpeellisia materiaaleja ovat muoviputket, rauditusverkko ym, niitä kaikkia voi tosin käyttää moneen kertaan.

Meteorian esimerkkitapaus, kuten kappaleessa 8 kuvattu, maksoi kokonaisuudessaan 5000-6000€. Tähän kuului uusia uutta oleva online-lämpötilanseurantajärjestelmä.

Lisää yksityiskohtia ja tekninen kuvaus

Biomeileri on isokokoinen komposti ja kuten tiedämme, kompostoinnissa syntyy lämpöä, joka tässä tapauksessa kerätään talteen halkaisijaltaan 32mm putken muodostamalla vesikierrolla. Lämpimän veden voi kuljettaa rakennukseen tai lämmön voi ottaa talteen lämmönvaihtimen avulla. Komposti sisältää lantaa 20-30%, puuhaketta 70-80% ja sen on oltava sopivan kostea, jonka vuoksi kasaamisvaiheessa voi tarvita lisävettä.

Taidot, työkalut ja materiaalit

Biomeilerin rakentamiseen tarvitaan traktori, käsityökaluja (mm. lapio) sekä 2-3 ihmistä. Muita materiaaleja:

- TUORETTA puuhaketta
- muovipohjalle
- salaojaputki pohjalle liian veden poistoa varten



Biomeilerijärjestelmä

- antibioottivapaata lantaa 20-30% tilavuudesta
- vettä biomassan kostutukseen
- 32mm muoviputkea, n.. 600 metriä (tilavuudesta riippuen)
- rauditusverkkoa ja kanaverkkoa seiniksi

Muita tarpeellisia valmisteluja ja vaatimuksia

Tarkista paikalliset säännökset. Lannan ja veden käsittelyyn voi olla paikallisia säännöksiä mahdollisten pohjavesivaikutusten vuoksi.

Tulokset, kootut opit ja vältettävät virheet

Puuhakkeen on oltava ehdottoman tuoretta ja vastakaadetusta puusta (ei yli 3 vkoa vanhaa) ja kompostiaineksen on oltava riittävän kosteaa. Huolehdi massan kostutuksesta koko rakennusvaiheen ajan.

Kustannukset ja elinkaarianalyysi

Hyvin toimiva biomeileri tuottaa lämpöä n 800-1000kWh/m³, ja sen toiminta-aika on n. 6-24 kk.

Vaiheittainen rakennusohje

1. Kokoa metalliverkosta pyöreä runko ja peitä pohja muovilla. Seinät voi tehdä metalliverkon sijaan myös esimerkiksi olkipaaleista.

1. Aseta pohjalle salaojaputkea jotta ylimääräinen vesi pääsee pois.
2. Täytä biomeileri puuhakkeen ja lannan sekoituksella ja lado väliin 2-3 kerrosta muoviputkea kieppeinä. Varmista, että sekä vesikiertoputken alku- että loppupää ovat biomeilerin ulkopuolella liitoksia varten.
3. Yhdistä lämmityslinja. Eristä olkipaaleilla. Kytke vesikiertopumppu sijoitettuna lämpimään eristettyyn tilaan ja kytke lämpimän veden tulo sinne missä sitä käytetään
4. Valmis komposti on hyvää lannoitetta kasveille.



Meteorian biomeilerin rakentaminen ja mitat



Biomeilerin biomassan tilavuuskapasiteetti on 50m^3 . Tässä biomeilerissä 20% biomassasta on hevosen lantaa sen hitaan hajoamisnopeuden vuoksi. Loput 80% on haketta. Kasausvaiheessa käytettiin n. 10 m^3 vettä, osa laskettiin



kasan päälle ja osa sekoitettiin lisättävään biomassaan ennen täyttöä. Paikalliset asukkaat auttoivat rakentamista talkootyön ja hevosen lannan ym tarvikkeiden lahjoittamisen muodossa (kts kuva 3).

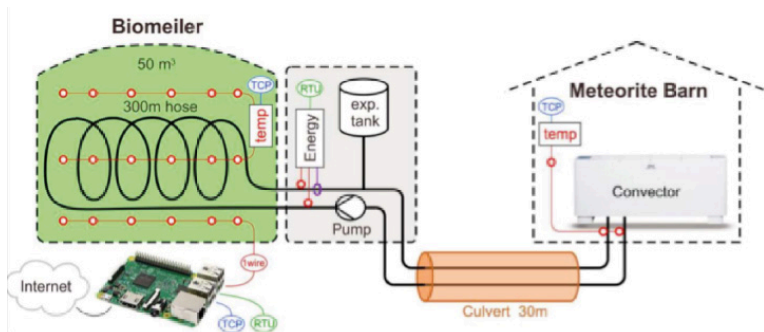


Kuten näkyy, biomeilerin reunoille ei laitettu muovia jotta se saisi ilmaa, eikä ole osoitettu, että muovittomuudella olisi haittavaikutuksia toiminnalle. Rauditusverkko muodosti tukirakenteen ja kanaverkko piti materiaalin sisällä.

Paikallinen prototyyppi

- Vaasa Meteorita Biomeileri

Meteorita Vaasan biomeileri valmistui joulukuussa 2019 ja energian talteenotto alkoi samassa kuussa. Sillä lämmitettiin viereistä yleisötilaa. Kuvassa 1 alla näkyy biomeilerijärjestelmän kaavapiirros, josta käy ilmi sen eri osat.



Kuva.1: Biomeilerijärjestelmän kaavio,
Vaasa, Söderfjärden



Kuva 2: Valmis biomeileri

Lämpötilasensoreita sijoitettiin eri puolille biomeileria. Letkua on kaikkiaan 300m, kolmessa kerroksessa (pohjalla, keskellä ja pinnan tuntumassa) 100m kieppeinä. 24 kpl lämpötilasensoreita sijoitettiin tasaisesti eri kerroksiin, ja ne kytkettiin langattomasti Raspberry Pi:hin. Biomeileri täytettiin 50 m³ tilavuuteen. (Kuva 4)

Biomeileri eristettiin olkipaaleilla (Kuva .5) suojaksi ympäristön lämpötilanvaihtelulta.



Kuva 3: Kyläläiset avustivat biomeilerin rakentamisessa, ensimmäisen putkikerroksen asentaminen menossa.

Lämmön talteenotto

Lämmön talteenotto alkoi joulukuun puolivälissä 2019 ja kuvaajasta näkyy lämmön tuoton aikajanan, kuin myös eri toimet lämmön tuoton parantamiseksi. Kuvan 6 lämpötilat ovat keskiarvoja eri sensoreista eri puolilta biomeileria. Sininen käyrä kuvaa keskiosan sensoreita, oranssi käyrä keskustan ja ulkoreunan välisiä sensoreita, ja harmaa käyrä ulkoreunan tuntuman sensoreita. Lämmön tuottoa voi

seurata joulukuun 2019 pulivälistä maaliskuulle 2020.

Kuvaajasta käy ilmi myös havaintojakson aikana tehdyt toimet. Lämmöntuotannon lisäämiseksi lisättiin tammikuun lopussa 750 litraa lämmintä vettä ja 50 litraa hevosen virtsaa, typpitason nostamiseksi ja kosteuden ylläpitämiseksi.

Olkipaalieriste poistettiin helmikuussa sen vaikutuksen selivillesaamiseksi, ja biomassan kosteuden tarkistamiseksi. Maaliskuun 2020 alussa lisättiin 1500 litraa vettä ja 30 litraa virtsaa. Kuvaajassa ei näy sitä, kun maaliskuun lopussa li-



Kuva 4: Täyttö valmis, 50 m³ täynnä ja eristyksen laitto aluillaan.

sättiin n.1 m³ lehmän lanta- ja virtsasekoitusta. Seos lisättiin kompostin päälle tehtyyn "kraateriin" ja sen annettiin valua sisään omaan tahtiinsa. Huhtikuun alun jälkeen ei dataa ole kerätty laitteistossa ilmenneiden ongelmien johdosta.

Haivainnot ja johtopäätökset lämmön tuotannosta

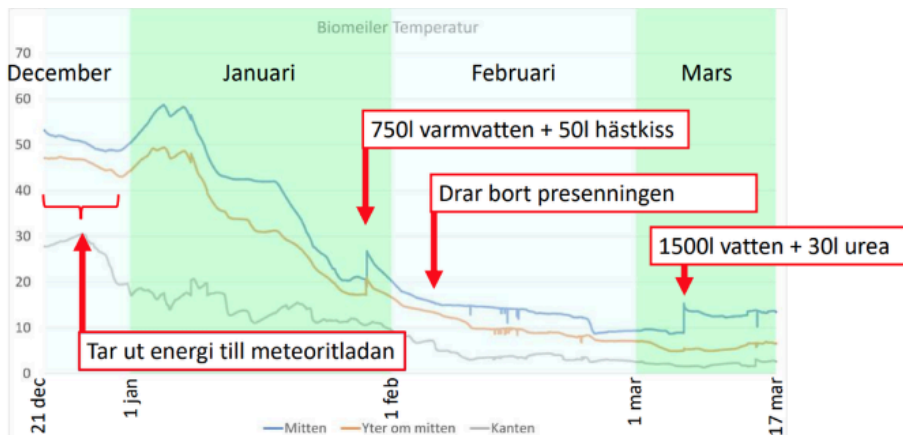
Kuten kuvaajasta näkyy, biomeilerin lämpötila putoaa selkeästi tammikuun puolivälissä huimasta ~60°C :stä alle



Kuva 5: Olkipaalleristys biomeilerin ympärillä

30°C:n samalla kun sensorien välillä on merkittäviä eroja. Sikäli että hevosen lanta hajoaa suhteellisen hitaasti, herää kysymys miten kompostoituminen tapahtui niin nopeasti. Samalla havaittiin, että ulommat sensorit antoivat tasaisesti huomattavasti matalampia lämpötilalukemia, mikä osoittaa ilmajarran vaikutuksen ulkopuolelta. Samalla se osoittaa että prosessi on airobinen ja sai happea ympäröivästä ilmasta. Toinen indikaattori hapen ja kosteuden paikallalosta oli, että kun heinäeristys purettiin, biomassa oli yhä kosteaa ja kaikissa sensoreissa näkyi lämpötilan laskua. .

Typpi on tässä prosessissa tärkeä alkuaine, ja sitä esiintyy virtsassa ja lannassa. Hevosen virtsan lisäämisen jälkeen lämpötilat keskustan ja puolivälin sensoreissa osoittautuivat nousevan n. viidellä celsiusasteella, mutta lämpötilat putosivat heinäeristuksen purkamisen jälkeen. Kun vettä ja virtsaa lisättiin seuraavan kerran, ainoastaan keskiosan



Kuva 6: Lämmön tuotanto ja toimenpiteiden ajoitus
sensoreissa näkyi lämpötilan nousua.

Yksi selitys tälle on, että vesi ja ravinteet eivät jakautuneet tasaisesti kompostin biomassassa vaan ne liikkuvat suorinta tietä alas.

Kuvaajassa ei näy sitä, kun kompostiin lisättiin lehmänlantasekoitusta, ja niillä kerroilla kun lukemia tämän jälkeen havaittiin, ne osoittivat yli 30 °C lämpötiloja. Tähän liittyen tehtiin kuitenkin sama havainto kuin aiemmilla kerroilla, että kokoamisen jälkeen biomeileriin on haastavaa lisätä ravinteita niin että ne jakautuvat tasaisesti. Tämän johdosta sopivanlainen biomassan koostumus alusta alkaen on tärkeää.

Muiden havaintojen pohjalta huomattiin, että biomeileri alkoi siirtyä horrostilaan, kun lämpötilat putosivat alle 20°C:n kuten kuvasta 6 näkyy. Lämpötila alkoi nousta hitaasti mentäessä kohti toukokuun loppua 2020. Suomen vuodenaikojen perusteella biomeilerin "horrosvaihe" osuu yksin talviaikaan, josta voi päätellä, että ulkopuolen eriste ei auttanut asiaa paljoakaan ja lämpötila pääsi laskemaan alle entsyymien toiminnalle ihanteellisen lämpötilan. Selkeämmän johtopäätöksen voi vetää tutkimalla biomeilerin

lämpötiloja pitemmän jakson ajan eri vuodenaikoina.

Kuvan 7 perusteella käy ilmi, että biomeileri saavutti huipulämpötilan joka on säilynyt tasaisena syyskuulle 2020 asti. Biomeilerin live- ja taustadataa voi seurata verkossa http://iot.novia.fi/data/meteorია_biomeiler.html

Tämän biomeilerin pohjalta voi päätellä, että on tarpeen hankkia lisähavaintoja ulkoisten olosuhteiden vaikutuksesta biomeilerin toimintaan. Lisäksi on syytä kysyä oliko typen lisääminen tarpeellista alkuunkaan ja toisaalta, voisiko se olla yksi keino ylläpitää biomeilerin toimintaa talvikaudella.

Prototyypin sijainti

Off Grid DIY-hankkeen aikana rakennettiin biomeileri Meteoriaan, Vaasaan. Lisäksi hanke innoitti toisen biomeileriprojektin toteutuksen Seppälän maaseutuoppilaitoksessa Kajaanissa.

Nämä toimenpiteet perustuvat alunperin Leader-rahoituksella toteutettuun projektiin, jossa laadittiin suomen kielen biomeilerin rakennusopas.

Prototyypin rakentamisen ja hoidon taustaorganisaatio

Meteorია, Vaasa (TBD), Novia Ammattikorkeakoulu

Shiva Sharma, Projektipäällikkö (shiva.sharma@novia.fi)

Hans Linden, Laboratorioinsinööri/projektitutkija

(hans.linden@novia.fi) & Cynthia Söderbacka, Projektitutkija

(cynthia.soderbacka@novia.fi)

Videot

<https://www.youtube.com/watch?v=jPO0CuurUZc>

The video in English:

<https://www.youtube.com/watch?v=gW1Rb33Hjug>

Asiantuntija

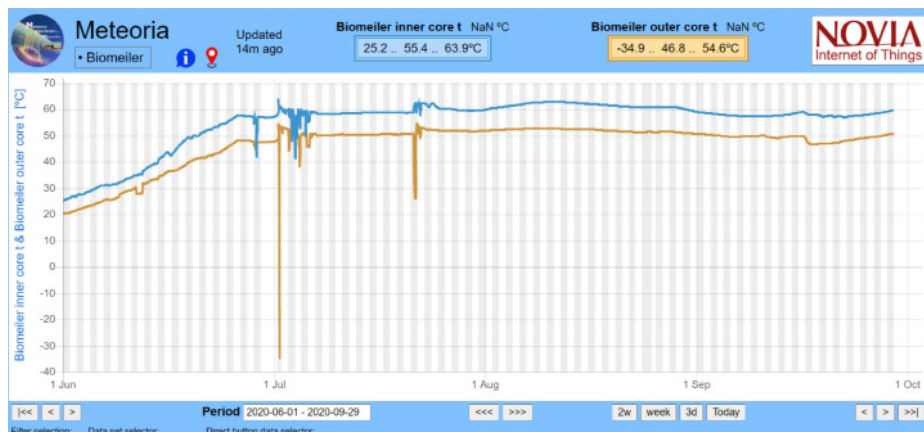
Energia-asiantuntija Jukka Kontulainen

Yhteystiedot ja lisätietoja ratkaisusta sen toteutusmaassa

ProAgria Länsi-Suomi ry/energia-asiantuntija Jukka Kontulainen jukka.kontulainen@proagria.fi

Lähteet

https://lansi-suomi.proagria.fi/sites/default/files/attachment/biomeiler_hanke_esite_a4_032018w.pdf



Kuva 7: Biomeilerin lämmöntuotanto ajalla kesäkuu-syyskuu 2020.

Artikkelin sisältö

Cynthia Söderbacka (cynthia.soderbacka@novia.fi)

Shiva Sharma (shiva.sharma@novia.fi)

Jukka Kontulainen (jukka.kontulainen@proagria.fi)

Mari Korhonen (mari.korhonen@msl.fi)



Rakettiliesi

+ uuni, veden ja tilan lämmitin

Vaikeustaso ja kustannukset

- Rakentaminen ja käyttö
Medium (rakentaminen ei vaadi erityistaitoja, helppo huoltaa)
- Kustannukset (rakentaminen ja käyttö)
Matala - keskitaso (rakennuskustannus <50-200 EUR)

Lyhyt johdanto

Rakettiiunitekniikassa on kyse korkean lämpötilan tuottamisesta (700-1100°C) puhtaassa palamisprosessissa (erittäin vähän savua ja kasvihuonekaasuja) minimaalisella polttopuun määrällä. Se on edullinen ja suhteellisen helposti rakennettava lämmitysratkaisu, ja sitä voi käyttää monissa eri tilanteissa joissa tarvitaan lämpöä. Lopputuloksena voi olla liesi, uuni, tilanlämmitin tai veden lämmitin (kytkettynä lämminvesivaraajaan tai vesikiertoiseen lämmityslaitteeseen). Sen tehokkuus on tulosta lämpöopin soveltamisesta ja perustuu oikeiden mittasuhteiden käyttöön uunia rakentaessa.

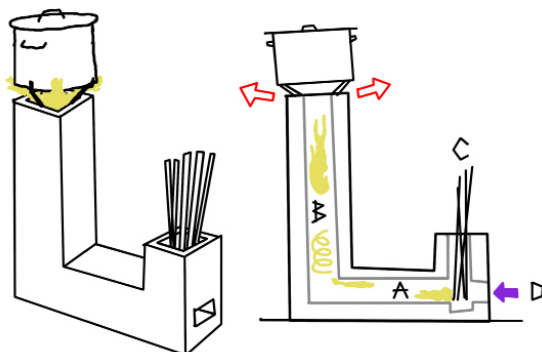
Eräs yksinkertaisimmista rakettiiunin käyttötavoista on käyttää sitä lietenä, asettamalla kattila tai pannu suoraan sen päälle ruoanlaittoa, veden keittämistä tai muuta vastaavaa varten. Toinen, hieman monimutkaisempi versio rakettiiunista, joka löytyy verkkoalustalta, on varaava rakettiiunilämmitin, joka on ehkä tämän tekniikan tehokkain käyttötarkoitus.

Ratkaisun perusajatus

- > polttoainetta tehokkaasti käyttävä lämmönlähde (edullinen kustannusten, ajankäytön ja ympäristön suhteen)
- > mahdollisuus saavuttaa korkeita lämpötiloja
- > voi käyttää polttopuuta joka ei vaadi paljoa prosessointia (oksia, risuja, käpyjä)
- > puhdas palaminen ja vähän palamattomia kaasuja (hyvä terveydelle ja ympäristölle)
- > mahdollinen rakentaa paikallisista materiaaleista usein hyvin kustannustehokkaasti.

Kuinka se toimii

Kun raketti valmistetaan määrättyjen mittasuhteiden mukaan, se mahdollistaa kaksi palamisvaihetta saman järjestelmän sisällä, jolloin saadaan korkeampi lämpötila, puhtaammat "pakokaasut" ja tarvitaan vähemmän polttoainetta. Ensimmäisessä palovaiheessa (A), kaasut vapautuvat polttopuusta (C) ja palavat 300 - 600°C:ssa. Ensimmäisessä vaiheessa palamatta jääneet kaasut saavat mahdollisuuden saavuttaa riittävän korkean lämpötilan, jotta toinen palamisvaihe voi tapahtua tornissa (B), ennen kuin lämpöenergia vapautetaan ja käytetään n 700- 1100 °C lämpötilassa. Kun rakennelma on eristetty ja savuhormin lämpö käytetään hyödyksi, menee vähemmän energiaa hukkaan tavalliseen puuhellaan verrattuna.



Kuva 1: Raketin toimintaperiaate

Taidot, työkalut ja materiaalit

Taidot

Rakettiiuunin rakentaminen ei varsinaisesti vaadi erityistaitoja tai rakennuskokemusta, vaikka toki on aina hyödyksi jos rakentamiseen liittyviä kokemuksia on päässyt karttumaan (esim. luonnonmateriaalien, muuraamisen, metallitöiden tai valutöiden parissa).

Työkalut

Rakettiiuunin rakentamisen alussa on kätevää jos käytössä on perus käsityökalujen valikoima. Siihen mitä työkaluja tarkalleen tarvitaan, vaikuttaa esimerkiksi minkä tyyppisen rakettiiuunin valitset, mistä materiaaleista sen rakennat jne.

Tässä yksi esimerkki yleisen, tulitiilistä rakennetun ja olki-savi-sekoituksella eristetyn mallin rakentamisesta: Tiilien leikkaamiseen kätevä työkalu on kulmahiomakone timanttilaipalla. Varmista, että käytössäsi on tarvittavat turvavarusteet, mm. silmäsuojaus ja visiiri. Metallinleikkauslaippa tarvitaan.

Muuraustyökalut (mm. laastilapio).

- Laastipalju tms astia
- Pressu jonka päällä voi sekoittaa savi/hiekka/vesiseosta olkeen eristysmateriaaliksi
- Mittanauha ja vatupassi

Materiaalit

Rakettiiuunin voi rakentaa monista eri rakennusmateriaaleista ja niiden yhdistelmistä. Materiaalien tärkeä ominaisuus on että se kestää kovaa kuumuutta muuttamatta muotoaan tai haurastumatta, ja että tarvittavissa kohdissa sillä on riittävästi eristeominaisuuksia.

Ilmakuplat (<4mm taskuissa) toimivat hyvänä eristeenä ilman lämmön kulkeutumista materiaalissa.

Tässä muutamia esimerkkejä materiaaleista ja siitä miten ne voi yhdistää:

- Tulitiiliä (rungoksi) ja savi-olki-massaa (eristeeksi)
- Leca-harkkoja täytettynä hiekka-savi-seoksella tai tulenkestävällä laastilla (rungoksi ja eristeeksi)
- Leca-soraa savi-hiekka-seoksessa (rungoksi ja eristeeksi) – valettuna
- Ruostumatonta teräsputkea (rungoksi) ja lämmön kestävä eristys
- Tulenkestävää savea + olkea (rungoksi) ja savi-olki-seosta (eristeeksi)

Mikäli kyseessä on jonkun rakettiiunivariaation rakentaminen, voi siihen tarvita lisäksi muita materiaaleja tapauskohtaisesti. Lisätietoja tästä löydät verkkoalustaltamme missä esitellään muut rakettiiuniratkaisut.

Jos käytät metallia, käytä ruostumatonta terästä. .

Jos ja kun käytät metallia raketin sisässä tai lieden levynä, on tärkeää käyttää lämmönkestävää terästä, sillä kun rakennetaan lopullista mallia (ei prototyypivaiheessa). Tämä tarkoittaa useimmiten, että pitkän käyttöiän saavuttamiseksi tarvitaan ruostumatonta terästä, vaikka se onkin usein melko kallista ja haastavampaa työstää (hitsata tai leikata) eikä sitä löydy niin helposti romumetallina. Vaihtoehtoisesti metallina voi käyttää 3CR12:sta, jonka ominaisuudet ovat samankaltaiset ja hinta puolet halvempi.

Mikäli et käytä ruostumatonta terästä, metalli todennäköisesti ruostuu puhki jossain vaiheessa. Se on ruostumisen muoto, jossa metalli murenee suhteellisen lyhyessä ajassa kuumissa olosuhteissa ($>500^{\circ}\text{C}$) hapekkaassa, vähähiilisessä ympäristössä. Hiili poistuu metallista, jonka seurauksena se hilseilee ja haurastuu. Haurastumiselta voi suojata se, että metallia ei eristä, koska lämmön johtuminen viilentää, mutta siitä seuraa myös lämmönhukkaa. Koska metallia (tai

muita kaivannaisia) tulisi pitää kallisarvoisina luonnonvaroina, olisi meidän kenties syytä pyrkiä välttämään sellaisia malleja, jossa metalli haurastuu ja aiheuttaa päästöjä koska tämä ei ole kaikista viisain toimintatapa. Siitä seuraisi myös lisää työtä ja korjaustarvetta rakettiiuunin käyttöaikana.

Kustannukset ja elinkaarianalyysi

Rakettiiuunin rakentamiseen menevä aika ja kustannukset vaihtelevat suuresti riippuen rakennusmateriaaleista ja niiden paikallisesta hintatasosta. Tulitiilet esimerkiksi ovat paljon edullisempia tietyillä alueilla, jonka vuoksi ne ovat edullisempi vaihtoehto jossain tapauksissa (mikäli käytät savilaastia, ne voi halutessaan käyttää uudelleen. Rakettiiuunin hinta normaalisti lienee n. 40-200e. Käyttökustannus riippuu millä sitä lämmitetään.

Kuten aiemmin mainittiin, rakettiiuunin päästöt ovat alhaiset ja polttoaineen käytön hyötysuhde hyvä, verrattuna useimpiin muihin biomassakattiloihin, liesiin tai uuneihin. Rakettiiuunin käyttöön liittyvä jalanjälki riippuu pääosin siitä, mitä siinä käytetään polttoaineena ja ovatko ne muutoin kiertotalouden mukaisia (muutoin jätteenä pidettäviä).

Rakentamisvaiheeseen liittyvä jalanjälki riippuu käytetyistä rakennusmateriaaleista. Tulitiilet, leca-harkot ja leca-sora valmistetaan kaikki korkeissa lämpötiloissa ja niitä kuljetetaan, josta syntyy jalanjälkeä. Millä tahansa metallilla on myös huomattava jalanjälki, tosin ei niin suuri mikäli materiaali on kierrätettyä tai uusiokäytetään paikallisesti.

Suuret määrät paikallisesti hankittuja ”luonnonmateriaaleja” (savi, hiekka, olki) aiheuttavat rakennusvaiheen pienimmän jalanjäljen.

Energiakapasiteetti ja energiatehokkuus

Kun rakettiiuuni rakennetaan oikein, niin että jälkipalami-

nenkin pääsee tapahtumaan, lämpötilat raketin yläosassa voivat saavuttaa 700-1100°C. Tähän vaikuttavia tekijöitä ovat tornin korkeus, polttoaineen laatu ja kuivuus, polttoaineen määrä ja paloaika. Rakettiiuuneja voi pitää energiatehokkana ratkaisuna, etenkin kun otetaan huomioon polttoaineen (oksat, risut, kävyt) keräämiseen vaadittava vähäinen ajan ja energian määrä. Kokemusten perusteella rakettiliesi käyttää ruoanlaitossa 20-40% vähemmän polttopuuta kuin muut liedet.



Kuva 2 Rakettiliesi rakenteilla tulitiilistä savi-olki-eristyksellä

Polttoaineet

Rakettiuuni toimii parhaiten polttoaineella, jolla on paljon pinta-alaa, esim. risut, oksat, kävyt ja pelletit, verrattuna suurikokoisiin polttopuihin. Lehtipuupohjaisilla polttopuilla syntyy palamisessa vähemmän savua ja nokea kuin havupuupohjaisella polttopuulla niiden korkean pihkapiitoisuuden vuoksi. Tällä ei välttämättä ole suurta merkitystä rakettilieden käytössä, mutta siitä voi seurata ei-toivottua nokeentumista varaavan rakettiuunilämmittimen tai ruoanlaitossa käytettävän rakettiuunin tapauksessa.

Usein metsän alikasvoksesta kerätyt risut kerätään ja poltetaan isoissa rovioissa. Nämä voitaisiin sen sijaan kerätä talteen ja kuivattaa rakettiuunin polttoaineeksi. Lainsäädäntö polttopuiden keräämiseen metsästä vaihtelee maakohtaisesti. Suomessa maahan pudonneita risuja ja käpyjä saa kerätä ilman maanomistajan lupaa.

Puupelletti voi olla hyvä rakettiuunin polttoaine sillä niiden pinta-ala on suuri ja niiden käsittely on helppoa. On myös monia tapoja tehdä automaattisia pelletinsyöttöjärjestelmiä, joko painovoimaan perustuvia tai elektronisesti ohjattuja (syöttöruuvi tms). Automaattinen syöttölaite on monimutkaisempi, mutta haluttu ratkaisu varaavan lämmittimen tai vedenlämmittimen tapauksessa. Tärkeä yksityiskohta on, että palokammio ei saa tukkeutua niin paljon että ilman sisäänotto häiriintyy. Mikäli pelletti valmistetaan sahanpurusta tai muusta paikallisteollisuuden kuten puun haketuksen ”jäte”materiaalista pellettipuristimella, voi sitä pitää kiertotalouden toimintana ja sikäli melko fiksuna ratkaisuna, vaikka se vaatiikin jonkin verran prosessointia.

On aina tärkeää, kuten kaikkea biomassaa poltettaessa, että polttoaine on kuivaa, sillä muutoin lämmön määrä vähenee veden olomuodon muutoksen vaatiessa osan energiasta, jonka lisäksi palamisprosessi ei tällöin ole yhtä puhdas,

saasteita syntyy enemmän tehokkuuden ollessa huonompi.

Turvallisuus

Koska rakettiunit polttavat biomassaa, voi olla terveysriski käyttää sitä avolietenä sisätiloissa joiden ilmanvaihto on huono, tai jossa ei ole erillistä ratkaisua palokaasujen poistoon. Tämä voi rajoittaa rakettilieden käyttöä kylmään vuodenaikaan, sillä sen käyttö vaatii hyvin tuuletetun tilan, esimerkiksi ulkokeittiön. Palamisessa jäljellejäävät kaasut ovat haitallisia hengittää tai ne vähentävät hapen määrää sisäilmassa. Esimerkkejä tästä ovat metaani, häkä ja hiili-dioksidi, vaikka suurin osa vedystä ja metaanista todennäköisesti palaakin rakettiunin lämmitessä 5-10 minuutin jälkeen sytytyksestä. Tässä vaiheessa palamisessa ei tulisi enää syntyä savua tai nokea, jotka ovat yleisimpiä hengitystieongelmien aiheuttajia.



VAROITUS! Käytä aina häkävaroitinta kun käytät palamiseen perustuvaa energianlähdettä rajallisesti tuuletetuissa sisätiloissa!



Säädökset ja lakikysymykset

Paikalliset säädökset voivat rajoittaa rakettiunin käyttöä, ja on tärkeä tarkistaa paikallisilta viranomaisilta mikä on mahdollista omalla alueellasi. Kun rakettiuni sijoitetaan ulos, se ei tarvitse savupiippua, jolloin siihen voi kohdistua vähemmän sääntelyä kuin sisätiloihin asennettuna.

Muut ratkaisut, esimerkiksi varaavan rakettiunin käyttö lämmittimenä on suunniteltu sisätiloihin mutta siihen voi silti liittyä tiettyjä säädöksiä tai turvallisuustestausta ennen hyväksyntää. Tämä on erityisen oleellista koska laite rakennetaan paikan päällä, jonka vuoksi siihen ei liity CE-merkin-tää joka usein muutoin on pakollinen. Tarkista asianmukaiset yksityiskohdat paikalliselta savupiippu- ja tulisija-alan toimijalta tai paloviranomaiselta.

Ratkaisun kuvaus

Raketti-uuni on saanut nimensä siitä, että kun se on käytössä ja toimii oikein, töhisee se kuin raketti ilman voimakkaan vedon ansiosta. Mikäli palamisessa ei synny ”rakettin” ääntä, jokin on luultavasti pielessä.

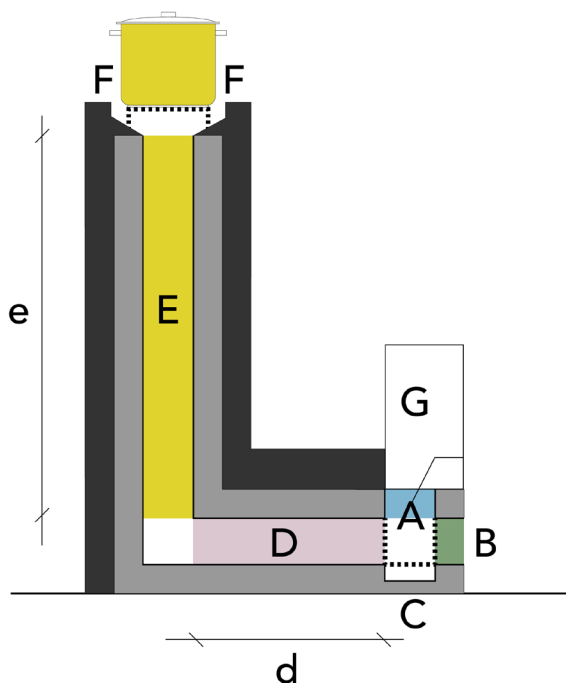
”Pieleen menneen” rakettin tunnistaminen

Rakettiäni ei aina kuitenkaan riitä osoitukseksi siitä, että kaikki mittasuhteet ovat oikein ja raketilla on kaikki odotusten mukaiset ominaisuudet. Internetistä ja muualta löytyy monenlaisia raketti-uunia muistuttavia ratkaisuja ja niiden kuvauksia, jotka eivät kuitenkaan noudata ”rakettisääntöjä”. Tästä on usein tuloksena alhaisempi maksimilämpötila, enemmän energian hukkaa ja enemmän päästöjä. Jos esimerkiksi torniosa vaikuttaa kovin matalalta tai laite on rakennettu eristämättömistä materiaaleista, voimme ajatella, että toiminnan optimaalisten olosuhteiden vaatimat fysiikan lait eivät täysin toteudu eivätkä olosuhteet siis ole parhaat mahdolliset. Tällainenkin ratkaisu voi silti olla melko hyvä, riippuen olosuhteista ja tarpeista, mutta kyseessä ei ole sama raketti-uuni jollaista olemme tässä tekemässä.

Raketin tärkeät mittasuhteet

Itse kunkin raketti-uunin koon määrittää sen torniosan leikkauspinta-ala. Isoissa raketti-uuenissa usein käytetty koko on pyöreän muotoinen 20 cm halkaisijaltaan oleva aukko, joka vastaa mitoiltaan 17,7 x 17,7 cm neliötä (314 cm²).

Jos haluat vähemmän tehokkaan rakettilieden, poikkileikkauksen pinta-alaa tulee pienentää, jonka seurauksena myös tornin korkeus (joka muutoin voisi olla rajoittava tekijä) pienenee. Mukavan ruoanlaiton aikaisen työskentelykorkeuden aikaansaamiseksi voi mittoihin olla tarpeen tehdä pieniä säätöjä (työskentelytason standardikorkeus on 90 cm). Tämän voi saavuttaa joko rakentamalla perustukset lattian tason alapuolelle tai nostamalla lattiaa / maapohjaa.



- A: Syöttöputki
 B: Lisäilmanotto ja nuohousluukku
 C: Tulipesän alla oleva tuhkaluukku
 D: Tulipesä d: pituus $< e/2$
 E: Torni e: korkeus
 F: Savun poisto ja keittolevy
 G: mahdollinen kansi tai polttoaineen ohjuri

Harmaa väri on sisäosan rakennusmateriaali ja musta eriste. Ne voivat olla myös samaa materiaalia, esim. leca-harkkoja, jotka muodostavat sekä rungon rakenteen että eristyksen.

Kuvan mittasuhteet ovat suurin korkeus – poikkileikkaus-suhde. Jos raketin pinta-ala on 314 cm^2 , ”äärimmäinen” keittotason korkeus on n. 160cm, joka on luonnollisesti liian suuri ilman perustuksiin tehtäviä säätöjä, jolloin pienemmät mittasuhteet voivat sopia tilanteeseen paremmin.

Syöttöputki ja ilmanotto (A)

Syöttöputkeen lisätään polttoaineet (oksat, risut, kävyt, pelletit jne). Tässä näkyvä ratkaisu on nimeltään J-putki, mikä tarkoittaa, että polttoainetta ei ole tarpeen työntää palokammioon sitä mukaa kun entinen on palanut, vaan kun polttoaineet syötetään yläkautta, painovoima ruokkii tulta. Epäsäännöllisen muotoiset oksat voivat sotkeutua toisiinsa, joten on suositeltavaa käyttää niin suoria polttoainekappaleita kuin mahdollista. Syöttöputken korkeus on syytä pitää matalana hyvän vedon aikaansaamiseksi, jotta se ei muodosta savupiippua ja käännä vetoa väärin päin. Lisävarusteet (G) voi lisätä polttoaineputken päälle jotta ilma ja liekit eivät pääse liikkumaan ylöspäin ja/tai tukemaan pitkiä polttoainekappaleita, tai syöttämään pellettiä.

Lisäilmanotto (B)

Koska syöttöputki voi täyttyä, jonka seurauksena ilman virtaus hidastuu, saatetaan tarvita lisäilman ottoa. Tämä aukko voi olla myös kätevä tulipesän tuhkien ja muun kuonan poistamiseen. Lisäilma-aukkoa voi tarvita myös sisätiloihin asennettuun rakettiin, jolloin ilmanoton voi järjestää ulkoa kanavan avulla sen sijaan että syntyisi kylmän ilman vetoa huonetilaan.

Ilmanoton kokonaismitat ovat raketille tärkeitä, ja usein oikeiden mittasuhteiden selvittämiseksi on tarpeen tehdä kokeiluja esim. leikatuilla tiilenpaloilla. Yksi sisäänoton ja torniosan mittasuhteluku on 1:1,5 mikä tarkoittaa, että sisäänoton pinta-ala (mukaan lukien avoin syöttöputki) on n. 65% torniosan poikkileikkauksen pinta-alasta. Tämä minimoi sisääntulevan ilman jäähdyttävyyden.

Tuhkaluukku (C)

Kun syöttöputken pohjalle tekee oman, metalliarinalla erotetun osaston, suurin osa tuhkasta ja palamatta jääneestä tavarasta kerääntyy sinne ja on helppo siivota pois.

Tulipesä – Poikkipinta-ala, muoto ja pituus (D ja d)

Joidenkin rakentajien mielestä tulipesän pituus on sopivimmillaan, kun se on puolet torniosan pituudesta, mutta kokemukset osoittavat, että siitä voi seurata liikaa lämmönhukkaa. Tässä kohdassa lämpötila alkaa nousta, joten on tärkeää, että se on hyvin eristetty, kaiken häviön minimoimiseksi ennen torniosaa. Kokemuksiemme perusteella tulipesän pituus saisi olla alle puolet torniosan korkeudesta.

On tärkeää, että tulipesän suun poikkileikkauksen pinta-ala on kooltaan pienin kaikista järjestelmän kohdista, jotta veto saadaan toimimaan oikein. On myös yleistä että tulipesä on vaakatasossa olevan nelikulmion muotoinen, ennemmin kuin pysty-nelikulmio tai neliö (matalampi kuin pitkä).

Torni (E)

Torni on yksi järjestelmän tärkeimmistä osista ja sen muoto vaikuttaa kaasujen virtaukseen ja saavutettuun lämpötilaan. Pyöreää muotoa pidetään tehokkaimpana, seuraavana kahdeksankulmio, sitten neliö. Käytetyistä materiaaleista riippuen, kunkin muodon voi saada aikaiseksi helpommin tai monimutkaisemmin. Jos esim. käytät tulitiiliä tai leca-harkkoja, nelikulmainen muoto voi vaikuttaa houkuttavammalta rakentaa, vaikka muutkin muodot voi saada aikaiseksi pienellä lisävaivalla. Jos sen sijaan käytät ruostumatonta teräsputkea, pyöreä muoto on luonnollinen valinta.

On erittäin tärkeää että torni on pystyasennossa (ei kallellaan, sillä se haittaa liekkiä kulkua) ja että pinnat ovat sileitä ja ilman epäsäännöllisyyksiä. Käytä vatupassia tornia rakentaessasi.

Poikkileikkauspinta-alan suhde sen korkeuteen (E ja e).

Kuvassa esitetyt mittasuhteet edustavat suurimmalla tornin poikkipinta-alan (tässä 314 cm²) ja sen korkeuden (132cm) kokosuhtetta. Monien rakettiiunin rakentajien mielestä

hyväksyttävä korkeus vaihtelee 88-132 cm välillä niin, että mitkä korkeampi, sen kuumemmaksi se lämpenee ja puh-
taammin palaa.

$$132/314=0.42 \quad 88/314=0.28$$

Korkeus-pinta-ala-suhde: 0.28-0.42

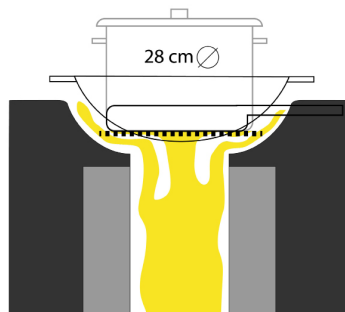
Jos taas poikkileikkauspinta-ala on 196 cm² (14x14cm),
tornin korkeus olisi 55-82 cm.

Pinta-ala-korkeus-laskelma: $196 \times 0.42 = 82 \text{ cm}$ $196 \times 0.28 = 55 \text{ cm}$

Tornin yläpää (F)

Tornin huipulla lämpötilan on tarkoitus olla korkeimmillaan ja siellä haluamme myös käyttää lämmön tai energian. On erittäin tärkeää, että aukon poikkipinta-ala (A kuvassa 4), silloinkaan, kun sen päällä on esimerkiksi kattila, ei koskaan ole pienempi kuin tulipesän suuaukko.

Rakettilieden tapauksessa on tarkoituksena myös laatia sopiva ratkaisu kattiloiden ja paistinpannujen käyttöä ajatellen, mieluiten niin että lämpötilaa voisi säätää. Tämä toteutetaan usein kasvattamalla raketin yläaukon ja pannun tai kattilan pohjan pidikkeen välimatkaa, ja siihen löytyy monia luovia ratkaisuja. Tässä olisi syytä ottaa huomioon ilman pyörteily suuaukon (A) tuntumassa, ja sovittaa aukon koko pannuihin ja kattiloihin, sekä ottaa huomioon esimerkiksi ulokkeiset kahvat, esim paistinpannussa.



Kuva 4: Piirros tornin suuaukon muokkaus turbulenssin vähentämiseksi

Tulokset, opit ja vältettävät virheet

Jos raketti rakennetaan oikeiden mittasuhteiden mukaan, ei virheitä pitäisi juuri ilmetä ja vaikutukset saattavat tuntua ainoastaan ihanteellisessa toiminnassa. Rakettia voi muokata monin eri tavoin, esimerkiksi lisäämällä turbulenssia tulipesässä ja tornissa (mikä synnyttää kitkaa), mutta on sinun käsissäsi löytää sinulle sopiva rakettimalli tai ottaa oppia muilta rakentajilta, mikäli haluat tehdä muokkauksia.

Jos jotain voi sattua, niin mikäli tulipesän tai tornin materiaalit eivät kestä kuumuutta, niihin voi syntyä halkeamia. Silloin voit joutua rappaamaan pinnan niin, että ilmaa ei pääse sisään vääristä paikoista, tai savua ulos. Mikäli halkeamat vaarantavat rakenteen yhtenäisyyden, varmista että rakennelma ei ole vaarassa sortua, sillä se on vakava turvallisuusriski.

Vaiheittainen rakennusohje

Valmistelut

1. Määritä tarpeisiisi sopiva raaketin koko. Tee piirustukset mittojen kera.
2. Määrittele mitä materiaaleja ja menetelmiä aiot käyttää rakentamiseen. Jos päätät käyttää valmiita osia, kuten tulitiliä tai leca-harkkoja, laske montako kappaletta rakentamiseen tarvitaan, ja lisää muutama varakappale virheiden tai säätöjen varalle. Mikäli käytät valumuottia, luonnostele muotin osat ja laadi valamisen aikataulusuunnitelma.
3. Valmistele rakennuspaikka raketin mittasuhteiden mukaan. Mikäli käyttämäsi malli vaatii perustusten teon maan/lattian pinnan alapuolelle, aloita valmistelemalla maapohjan salaojitus perustan ympärille.

Varmista, että pohja on tukeva, joko suurten kivien tai tiiviin saven päällä.

4. Varmista, että raketillasi ja rakennustyömaallasi on katto pään päällä sateen suojana, etenkin mikäli käytät rakennukseen savea, sillä se ei kestä vesisadetta.

Raketin rakentaminen:

Nämä vaiheet vaihtelevat sen mukaan mitä materiaaleja ja tekniikoita päätät käyttää. Seuraavat vaiheet ovat oleellisia mikäli käytät tulitiiliä ja savi-olki-eristystä. Lado tiilet ensin ilman laastia, jotta löydät hyvän asetelman jolla saa oikeat mittasuhteet syöttöputkelle, tulipesälle ja tornille (sinun ei tarvitse rakentaa koko tornia, ainoastaan pari ensimmäistä kerrosta).

1. Aloita tekemällä tasainen pohjakerros. Käytä tiiliä sopiva määrä rakettisi kokoon ja käyttämäsi mallin mittoihin nähden. Sekoita hienosta hiekasta ja savesta laasti (2:1) veteen sekoitettuna tiilien kiinnittämistä varten (koostumuksen pitäisi muistuttaa löysää pannukakkutaikinaa). Kasta tiilien reunat savi/hiekka-seoksessa ja käytä apuna harjaa kolojen täyttämiseksi. Tulitiilien pinnat voi joutua kastelemaan ennen saveen kastamista, jotta ne eivät ime laastin nestettä liian nopeasti. Pidä käten ulottuvilla kuivaa savi-hiekkaseosta saumojen täyttöön ja muotoiluun (koostumuksen tulisi olla sellainen, että voit muotoilla laastista golf-pallon kokoisen pallon, heittää sen metrin korkeudelle ilmaan ja ottaa sen kiinni avokämmenelle ilman että se muuttuu isommin muotoaan).

Raaputa ja puhdista ylimääräinen laasti pinnoilta. Tavoitteena on tehdä niistä tasaiset ja sileät, niin että tiilen päällykset muodostavat tulipesän pinnan.

2. Rakenna loput rakenteesta. Varmista että toisiinsa kiinnittyvien tiilien päät on kastettu lastissa jotta ne "liimautuvat" hyvin yhteen. Varmista, että tulipesän ja tornin pinnat ovat suoria ja sileitä, eikä niissä ole ylimääräistä laastia. On myös tärkeää, että niissä ei ole reikiä tai rakoja joista ilma pääsee läpi.
3. Kun runko on rakennettu ja se on päässyt kuivahamaan, tarkista että se tuntuu tukevalta eikä liiku missään suunnassa.
4. Tee uusi, kuivempi hiekka-savi-sekoitus (3:1 tilavuuden mukaan) veteen ja sekoita tähän laastiin olkea samassa suhteessa tilavuuden mukaan. Voi olla kätevää käyttää sekoituksen alustana pressua. Ennen hiekan lisäämistä savea ja olkea aletaan laittaa tiilien ympärille, edeten alhaalta ylöspäin. Varmista, että tiilet on kostutettu ensin. Tämä parantaa sekoituksen kiinnittymistä tiiliin. Rakenna kaikessa rauhassa ajan kanssa kerros, joka voi olla 10-15 cm paksu. Älä silottele ulkopintaa liiaksi, sillä karkeutta tarvitaan loppusilaukskerroksen laittoon.
5. Kun ensimmäinen kerros on hieman kuivunut, lisää viimeistelykerros. Kostuta pohjakerroksen pinta samoin kun teit tiilille. Sekoita hiekka ja savi (3:1) veteen. Koostumuksen tulisi olla sama kuin vaiheen 1 lopussa. Voit käyttää palanutta hevosenlantaa tämän kerroksen vahvistamiseen (pienet ruohokuidut lujittavat seosta mutta se ei toimi jos lanta on alkuperäisessä muodossaan kikkareina). Lisää raketin pintaan 2-4 cm:n kerros tätä seosta. Silottele pinta tai muotoile siihen kuvioita kaunistukseksi.
6. Valmista ja sovita metalliosat paikoilleen, esimerkiksi polttoainestoppari syöttöputken pohjalla tai kattil-

anpidike (voi olla säädettävä) lieden päällä. .

7. Suojaa rakettia sateelta ja anna sen kuivua muutamia päiviä, riippuen ilmastosta (lämpötila ja tuuli) ennen sen käyttöönottoa. Mikäli se kuumennetaan täysillä liian aikaisin, ulkokerroksilla on halkeamisvaara. On siis tärkeä että raketin päällä on katto.

Lieden sytyttäminen

Kun sytytät tulet, lisää käyttämäsi polttoaine sytykkeiden päälle syöttöputkeen. Sytytä pieni pala puuta, tuohta tai paperia ja laita se raketin yläsuuaukosta tornin sisään tai laske pidikkeen avulla kynttilä torniin yläkautta. Tämä auttaa vedon käyntiin niin, että savu ja liekit liikkuvat haluttuun suuntaan. Sytytä syöttöputken pohjalla olevat puut. Liekkien ja savun pitäisi nyt edetä vedon mukana suoraan torniin. Kestää n. 5-10 minuuttia ennen kun raketti-ilmiö käynnistyy kunnolla (ensimmäisillä kerroilla voi mennä pidempään jos rakenteessa on yhä kosteutta). Älä anna sen kuumua liiaksi ensimmäisellä poltolla, joten sulje ilmanotto n. 10 minuutin jälkeen ja anna sen jäähtyä.

Toista sama uudestaan, jäähtymisen jälkeen (siihen voi mennä muutama tunti), mutta 20 minuutin ajan. Tee kokeilija ilmanottoaukkojen koolla supistamalla niitä esim. tiilen tai leca-harkon paloilla.

Havainnoi toimiiko raketti hyvin ja onko palaminen puhdasta. Havainnoi ulkopintaa halkeilun varalta. Pyri täyttämään halkeamat hiekka-savilaastilla (2:1). Voit toimia näin myös myöhemmin ilmaantuvien halkeamien kanssa.

Jos kaikki vaikuttaa toimivan hyvin, ota raketti käyttöön. Voit aina tehdä myöhemmin lisäsäätöjä, esim. vedon parantamiseksi hellan yläpäässä kattiloiden ja pannujen mukaan, tai tehdä apuvälineitä pannujen ja tulen välisen välimatkan säätöön.

Prototyypin rakentamisen ja hoidon taustaorganisaatio
Suderbyn Ecovillage, Sweden

Asiantuntija

Martin Ahlström

martin.ahlstrom@gmail.com

Lähteet

- > Permies.com - Energy Link: <https://permies.com/c/7>
- > Rocket Mass Heaters: Superefficient Woodstoves YOU Can Build (2006) - Ianto Evans
- > <http://permaconstruccion.org/wp-content/uploads/2017/07/A-computational-model-for-a-rocket-mass-heater.pdf>

Artikkelin tekijä

Martin Ahlström



Tuulivoimalan pienoismalli Opetuksellinen energianlähde hyvin pieniin tarpeisiin

Lyhyt johdanto

Tuuliturbiinin pienoismalli on toimiva laite joka esittelee tuuliturbiinin toimintaperiaatteita. Se on helposti rakennettava turbiini jossa on optimaaliseksi suunnitellut tehokkaat siivet, joilla voi valaista LED-valon pienen pöytätuulettimen avulla. Se tehdään tuulivoimalan perusosista (perustukset, runko, moottori, naselli (konehuone), napa ja lavat) ja se voi tuottaa tietyn määrän energiaa. Tuuliturbiinin pienoismalli pyörii tuulettimesta tulevan ilmvirtauksen vaikutuksesta ja generaattoriin yhdistettynä se tuottaa sähköä.

Maksimi tuotantojännite - 2,4 V, virta - 20 mA asti, tehokapasiteetti - 48 mW asti.

Rakentamisen ja käytön vaikeustaso, kustannukset

Matala

Pienoismalli voidaan koota valmiista osista muutamassa minuutissa. Lapojen tekeminen voi viedä enemmän aikaa, koska käyttäjä tekee ne itse pahvista, palsapuusta tai muovista.

Tämän mallin materiaalikustannukset voivat nousta 50 euroon.



Ratkaisun kuvaus

Tuuliturbiinin pienoismallin muoto muistuttaa oikeaa tuuliturbiinia, mutta se ei ole minkään tietyn turbiinimallin pöytäversio. Se toimii opetusapuvälineenä ja tarjoaa mahdollisuuden tuulivoima-aiheiseen tutkimustehtävään peruskoulu- tai lukiotasolla.

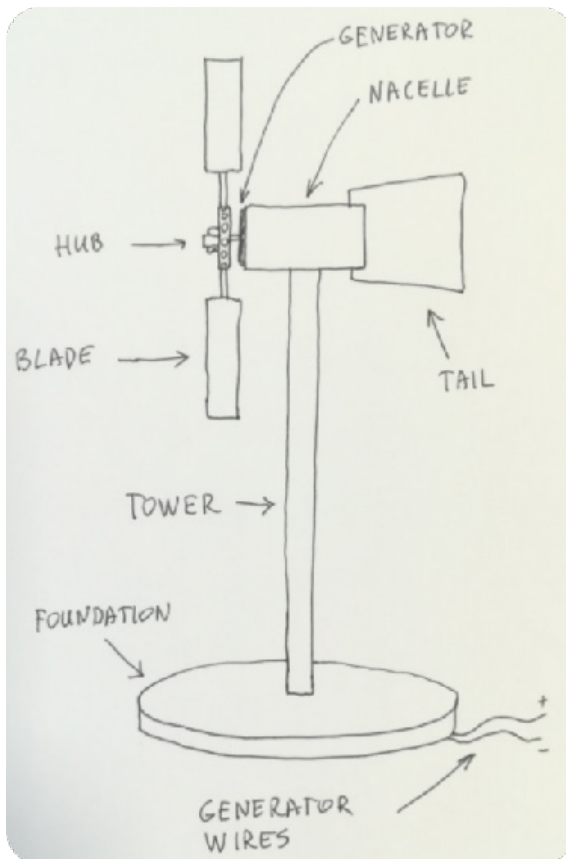
Pienoismallin avulla oppilaat voivat tutustua tuulisähkön tuotantoon ja lapojen suunnittelun muuttujiin kuten kallistuskulmaan, pinta-alaan, painoon, määrään ja materiaaliin pienen pöytätuulettimen avulla.

Kaikki osat voi ostaa käyttövalmiina, mutta ne voi myös rakentaa itse erikoisliikkeen tarvikkeista.

Perustukset voi tehdä pyöröpuusta tai vanerilevystä (halkaisija 150 mm), tornia varten on sen keskelle porattava reikä. Torni tehdään alumiiniputkesta.

Kuvan konehuone on ostettu valmiina, mutta tämän hie-
non version voi korvata pätkällä muoviputkea jonka sisälle
mahtuu tiukasti pieni tasavirtageneraattori.

Tuulivoimalan pyrstö (pieni muovin pala) voi kiinnittää
konehuoneeseen. Napa on vaikein valmistaa itse ja se kan-
nattaakin ostaa erikseen. Lavat tehdään 7mm paksuisesta
puutikusta ja nelikulmaisesta pahvin tai ohuen muovin
palasta.



Tarvittavat materiaalit, taidot ja työkalut

Tämän tuulivoimalan valmistaminen kotona vaatii jotain yksinkertaisia materiaaleja ja välineitä (lukuunottamatta ostettavia osia).

- pyöreä puulevy
(10-20 mm paksu, halkaisija 150-200 mm);
- alumiiniputkea
(pituus n. 350 mm, ulkohalkaisija 15-20 mm);
- muoviputkea (pituus 50-70 mm, sisähalkaisija 32 mm);
- muovilevy (30x80 mm, 2 mm paksu);
- generaattori
(ulostulojännite: 0-10 V, ulostulovirta: 0-0,3 A, halkaisija: 31,75 mm, akselin halkaisija: 2 mm);
- napa
(saatavilla <https://www.vernier.com/product/kidwind-wind-turbine-hub-3-pack/>);
- puutikkuja
(halkaisija 7 mm, pituus 120 mm)
- kartongin tai muovin pala
(80x200 mm, n. 3 mm paksu)

Tulokset, opit ja vältettävät virheet

Pienoismallin pääosassa ovat lavat, niillä on valtava vaikutus turbiinin toimintaan. Joitakin kokeita tulisi suorittaa jotta selviää millaiset lavat toimivat parhaiten. Jotain lapojen testattavia muuttujia ovat pituus, muoto, lukumäärä, kallistuskulma ja paino. Tässä jotain pikavinkkejä lapojen paranteluun:

- Lyhennä lapoja. Vaikka tosielämässä pitempilapaiset voimalat tuottavat paremmin energiaa, tässä tapauksessa pitkät lavat lisäävät ilmanvastusta. Lapojen lyhentäminen muutamalla sentillä voi parantaa pyörimisnopeutta merkittävästi.

- Muuta kallistuskulmaa. Se vaikuttaa dramaattisesti virran tuotantoon. Usein oppilaat asettivat kallistuskulman alkuun 45 asteeseen. Lisäkokeet eri kulmilla paljastavat kehityskulun. Jos lavat on kiinnitetty mutta ne eivät pyöri, tarkista niiden kulma.
- Vähennä lapojen määrää. Ilmanvastus pienenee kun lapa-ja on vähemmän.
- Käytä kevyempää materiaalia. Lapojen keventämiseksi on hyödyllistä käyttää vähemmän tai kevyempää materiaalia.
- Käytä jäykempää materiaalia. Jos lavat taipuvat tuulessa tai tuulen osuessa niihin, tarvitset jäykempää materiaalia.
- Sileät pinnat. Sileämpään pintaan kohdistuu vähemmän ilmanvastusta. Lapa, jossa on paljon teippiä ja jonka reunat ovat karheat, kokee enemmän ilmanvastusta.
- Lisää tuulen nopeutta. Tuulivoimalan pienoismallia liikuttaa pöytätuulettimen ilmavirta. Varmista, että käytät riittävän tehokasta tuuletinta pienoismallin pyörittämiseen.
- Lavat vastaan tuuletin. Lavat eivät ehkä pyöri nopeasti jos ne ovat tuuletinta suurempia. Tämä voi olla ongelma, mikäli lapojen kärjet eivät saa tuulta vaan aiheuttavat pelkästään ilmanvastusta.
- Lavan muoto. Lavan kärjet liikkuvat paljon nopeampaa kuin tyvet. Tämä voi auttaa ratkaisemaan pyörimisongelmia, sillä leveät kärjet lisäävät ilmanvastusta.

Aktiviteetti-ideoita

Tätä pienoismallia voi käyttää hauskoihin kokeisiin, eri

muuttujien tutkimiseen ja mallin parantamiseen. Tuotetun sähkön määrän voi mitata yleismittarilla (ja mitä tehoon tulee, parilla sellaisella) tai muulla hienommalla laitteella. Teho lasketaan kertomalla jännite (voltteina) virralla (ampeereina).

Lapojen määrää, kulmaa ja muotoa muuttamalla voi määrittellä mikä roottorimalli on kaikista tehokkain, sillä kaikki nämä muuttujat vaikuttavat pyörimisnopeuteen ja energian tuotantoon. Myös energian tuotto voidaan mitata eri tuulennopeuksilla – eri välimatkan päässä tuulettimesta tai eri tuulettimia voi käyttää tähän kokeeseen.

Viimeisenä muttei vähimpänä – eri generaattoreita voi testata samalla pienoismallilla. Varmista, että käytät oikean kokoista konehuonetta (nasellia) jotta kukin generaattori istuu sen sisään tiukasti.

Vaiheittainen rakennusohje (katso kuvat listan lopusta)

1. Valmistele jalusta

Etsi tai leikkaa itsellesi pyöreä puulevy ja poraa sen keskelle reikä. Reiän halkaisijan tulisi olla sama tai hieman isompi kun tornin ulkohalkaisija. Voit lisätä puulevyn pohjaan muutaman pienen palan kumia tai pari tippaa kuumaliimaa jarruksi, että se ei liu'u sileillä pinnoilla.

2. Kiinnitä torni

Tornin tulisi istua reikään tiukasti, muutoin turbiini voi täristä tai taipua käytössä. Jos torni on liian löysästi kiinni, lisää sen alaosaan teippiä. Tornin tulisi olla ontto, jotta generaattorin johdot voi laittaa sen läpi.

3. Rakenna naselli (konehuone)

Nasellin rakentaminen vaatii hieman taitoa. Ensinnäkin on hankittava generaattori (pieni tasavirtamoottori). Useita erilaisia on saatavilla esim. eBayssa ja Amazonissa. Matalamman kierrosluvun moottori on suositeltava.

(e.g. https://www.amazon.com/Topoxx-1730RPM-Electric-Turbine-Generator/dp/B07Q44YYKG/ref=sr_1_7?keywords=mini+dc+motor&qid=1579767658&sr=8-7).

Kun generaattori on hankittu, seuraavaksi on etsittävä muoviputkea, jonka sisähalkaisija täsmää generaattorin mittoihin. Jos putki on tätä leveämpi, voit kiertää generaattorin ympärille teippiä täytteeksi. Kuumaliima voi myös toimia, mutta pidä huolta, että generaattorin akseli on vaakatasossa.

Pyrstö on valinnainen: jos naselli on kiinnitetty tiukasti eikä se pääse pyörimään, pyrstöllä ei ole vaikutusta asentoon. Jos naselli pääsee kääntyilemään helposti vaakatasossa, voi pyrstö lisätä vakautta roottorin pyörimiseen ja sitä kautta sähköntuotantoon.

Lopuksi, nasellin pohjaan tehdään reikä, josta generaattorin johdot vedetään alas.

4. Kiinnitä naselli torniin

Jos naselli on tehty suorasta putkesta, sen voi kiinnittää torniin kuumaliimalla, suoraan generaattorin johdoille tehdyn reiän alle. Jos naselli on tehty taipuisasta putkesta, sen voi vain asettaa tiukasti torniin kiinni. Varmista, että naselli ei ole liian löysällä, muutoin turbiinista voi tulla epävakaa.

5. Suunnittele lavat

Lavat tehdään yleensä puutikusta ja kartonkipalasta. Parasta olisi liimata tikku kartonkiin, mutta sen voi kiinnittää

myös eristysteipillä. Tärkeintä on kiinnittää se napakasti niin, että lapa ei hajoa kun se pyörii kovalla nopeudella.

Seuraavaksi muotoillaan lapa: voit käyttää tässä mielikuvitustasi, koska koskaan ei voi tietää mikä muoto toimii parhaiten. Luvussa 6.5. on kuvailtu jotain peruserätyyppejä

6. Kokoa roottori

Roottori kootaan asettamalla lavat navan oikeisiin reikiin. Roottorin muoto riippuu siitä montako lapaa siihen kuuluu. Navassa on 12 reikää, joten voit käyttää 2, 3, 4, 6 tai 12 lapaa symmentrisen ja tasapainoisen roottorin aikaansäämiseksi. Varmista, että lapojen kallistuskulma on kunnossa.

Koottu roottori kiinnitetään generaattorin akseliin.

7. Valmistele koelaitteisto ja pidä hauskaa!

Pienoismallituuliturbiinin koelaitteisto koostuu tuulettimesta ja yleismittarista. Voit käyttää myös kannettavaa anemometriä turbiinin tuoton arvioimiseksi eri tuulennopeuksilla.

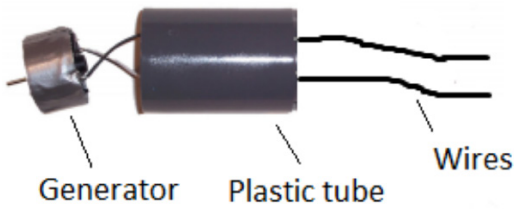
Mikäli käytät minkäänlaista kuormaa (LED-lamppu, summeerit), tuotetun tehon voi arvioida kahdella yleismittarilla: yksi kytkettynä sarjaan, joka ilmoittaa virran, ja toinen kytkettynä rinnakkain, ilmoittaen jännitteen. Tehon voi laskea kertomalla jännitteen virralla.



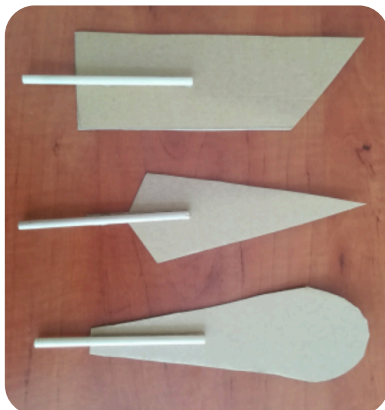
Kuva 1: Jalusta



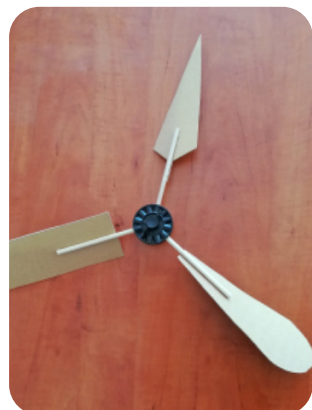
Fig. 2: Kiinnitä torni



Kuva. 3: Valmista naselli (konehuone)



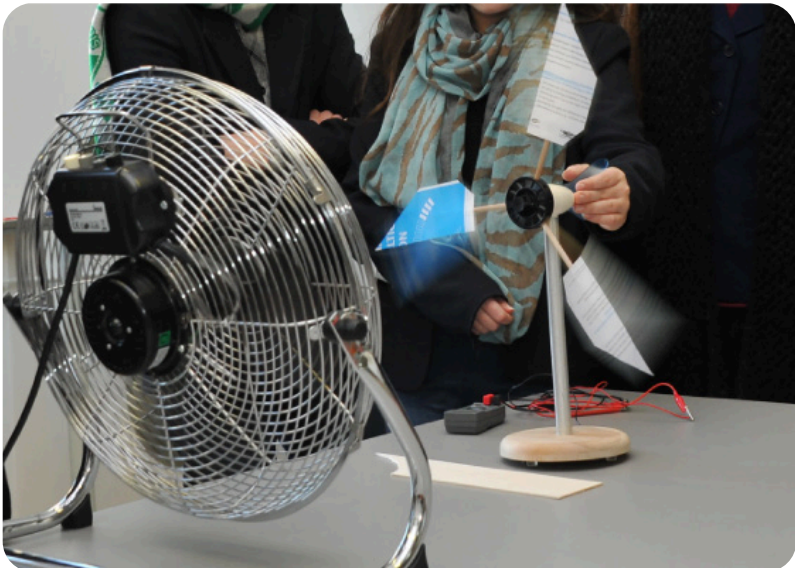
Kuva 4: Suunnittele lavat



Kuva. 5: Rakenna roottori



Kuva 6: Kokoa osat



Kuva. 7: Valmistelevä koelaitteisto ja pidä hauskaa!

8.Video rakennustyöpajasta

-Video Kaišiadorys LAG:in työpajasta -
<https://youtu.be/Opp2zrl0wKc>

9.Linkkejä ja artikkeleja

Tuuliturbiinin pienoismallin osia on saatavilla täältä:
<https://www.vernier.com/product-category/?category=kidwind>
Osoitteista vernier.com ja kidwind.com löytyy myös laajasti
opetusmateriaaleja, neuvoja, opetussuunnitelmia ja ideoita
sekä oppilaille että opettajille.

Maantieteellinen alue

Kaišiadorysin alueen koulut

Prototyypin sijainti

Oppilaat saivat pitää valmistamansa pienoismallit työpajan
jälkeen.

Prototyypin käytön taustaorganisaatio:

Koulut

Asiantuntija

Dr. Mantas Marciukaitis, uusiutuvan energian ja energiate-
hokkuuslaboratorion pääjohtaja Liettuan energiainstituutissa (www.lei.lt)

Yhteyshenkilö:

Kaišiadorys Leader-toimintaryhmä, Liettua
(www.kaisiadorysvvg.lt)

5. Johdanto muihin ratkaisuihin

Pääsit juuri tutustumaan neljään jotakuinkin kattavasti kuvattuun ratkaisuun, vaikkakin verkkoalustalla on myös paljon lisää materiaalia, kuten videoita, kommentteja ja eri malleja ja versioita.

Tässä kirjan viimeisessä osassa esitellään lyhyesti muutamia muita ratkaisuja, jotka löytyvät verkkoalustaltamme.





Kolmikulmio-aurinkosähkötalo Trian-S

TRIAN-S on monikäyttöisen off grid-aurinkosähköntuotantokokonaisuus, jossa aurinkopaneelien alapuolinen tila on huonetilaa. Perusidea on käyttää maahan asennettavien aurinkopaneelien alapuolinen tila hyödyksi, maankäytön tehostamiseksi.

Aurinkopaneelien Runko (teline) muodostaa huonetilan, jota voi käyttää moniin tarkoituksiin varastotilasta asumiseen. Katto on tehty aurinkopaneeleista, jotka tuottavat energiaa. Energian tuotantokapasiteetti riippuu aurinkopaneelien määrästä ja tyypistä. Se voi olla 2,5-5 kW ja vuosituotto 2500-5000 kWh.

On myös mahdollista yhdistää useita rakennusyksiköitä eri tavoin, jolloin tuloksena on suurempi rakennus ja enemmän käyttövaihtoehtoja.

Rakennuksen käyttö pienentää ekologista jalanjälkeä ympäristöystävällisen sähköntuotannon ja materiaalien moneen käyttötarkoitukseen hyödyntämisen ansiosta.

Asiantuntija

Tonis Kasemagi

tonis.kasemagi@gmail.com +3725017115





Yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto, varajärjestelmä

Yhdistetty lämmön ja sähkön tuotanto (Combined Heat and Power, CHP) hätävarajärjestelmä (jatkossa järjestelmä) on romurautaratkaisu, jolla voi hätätilanteessa tuottaa sähköä ja lämpöä paikallisesta puutavarasta aikana, jolloin aurinkosähköä, tuulivoimaa tai vesivoimaa eivät ole saatavilla, kuten talvikuukausien aikana.

Tämä malli on perusyksikkö ilman automaatiota, se on rakennettu yleisesti saatavilla olevasta romuosista ja muutamista rautakaupan osista. Järjestelmä toimii puukaasulla, jonka voi lämpimämpinä kuukausina korvata biokaasulla, tai sitä voi täydentää aurinkoenergian, tuulisähkön ja vesivoiman avulla.

Ratkaisussa käytetään pientä häkäpönttöä, joka on muokattu Yhdysvaltain hätätilaviraston (U.S. Federal Emergency Management Agency FEMA) mallista. Häkäpönttö tuottaa lämpöä veden ja tilan lämmitykseen sekä puukaasua, jolla pyöritetään muunnettua ruohonleikkurin moottoria, joka tuottaa sähköä auton muunnetun muuntajan avulla. Moottori käynnistetään käsin joko vetonarulla, sähköstartilla tai sähköporalla. Kun moottori on käynnissä, käyttäjä napsauttaa muuntajan lataamaan 24V akustoa. Akkuina voi käyttää käytettyjä auton/kuorma-auton akkuja joissa ei ole riittävästi ytyä auton käynnistykseen, mutta jotka ovat aivan

kelvollisia kodin sähkön varastointiin.

Järjestelmä tuottaa n. 6 kWh akkuihin varastoitavaa sähköä kolmen tunnin poltolla, mikä on tyypillinen kodin tulisisän lämmitysaika talvella. Akkuihin voi kytkeä invertterin muuntamaan 24V tasavirtaa 230V vaihtovirraksi, joka sopii kodin laitteisiin ja työkaluihin. 5kW invertterin pitäisi olla riittävä useimpiin kotitalouksiin, mutta pienempikin invertteri käy jos pidetään huolta eri laitteiden tehovaatimuksista ja siitä mitä laitteita käytetään samanaikaisesti. Akuston kapasiteetti riittää huolellisella käytöllä elämisen perustarpeisiin. Varastointikapasiteettia voi laajentaa lisäämällä lisägeneraattoriyksikön, tehokkaamman moottorin ja useita muuntajia ja lisäakkuja.

[Asiantuntijat](#)

Kulno Keskula

kulno.keskula@mail.ee

+372 5177174

Ken Flight

ken@kuultkukkunud.ee

+372 5662 3245



CATEGORIES



CLOSED LOOP,
FERTILIZER & HEAT

Biogas - fertilizer & heat

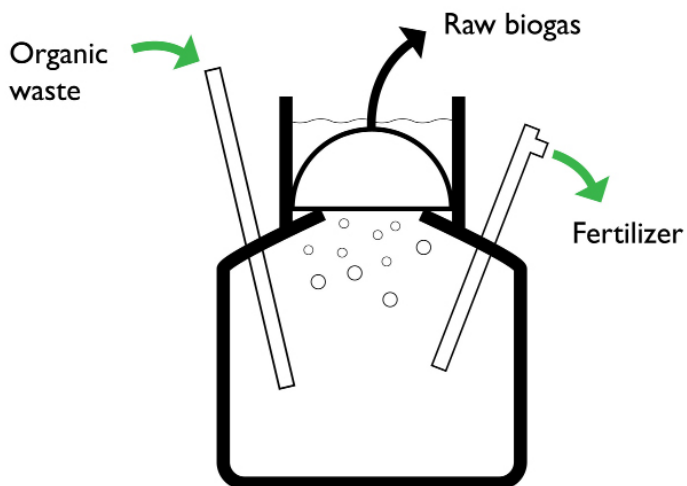
In small scale biogas-production, organic waste from households and gardens are being used to make fertilizer for plants and raw biogas for heating. By letting microbes breakdown the biomass in an anaerobic (oxygen low) environment, methane (about 60% in raw biogas) is produced as well as a fermented nutrient substrate, suitable as fertilizer.

The process is taking place in an enclosed digester and at 38-40°C as optimal temperatures, even though the microbes can be active down to 15-20°C, then with lower efficiency. This means that the system needs an external heat-source to function well which results in a less than optimal energy-efficiency for the entire system and the size and design of the solution has a great impact on its energy performance.

For this reason it is the locally produced, fossil-free fertilizer that is often considered to be the main product in small scale biogas and the raw biogas can be used for heating or cooking.

Experts involved:

Robert Hall - lystopad19@yahoo.se



Esimerkki Puxin-mallin mädättämöstä ilman liikkuvia osia



Esimerkki IBC-säiliöön tehdystä mädättämöstä



Esimerkki raa'an biokaasun suodattamisesta ja puhdistamisesta



Polkimilla toimiva pyykkikone

Poljinkäyttöiset ns. velo-ratkaisut ovat yksi tapa käyttää laitteita oman kehomme voimalla. Se vähentää riippuvuutta sähköstä ja luo aktiivisempaa elämäntapaa. Poljinenergiaa voi soveltaa monissa ratkaisuissa jossa tarvitaan liike-energiaa.

Yksi poljinenergian käyttötapa on pyörittää pyykkikonetta. Ratkaisun voi rakentaa kierrätysmateriaaleista. Sähkövikainen pyykkikone toimii vielä mainiosti kun sen liittyy vanhaan polkupyörään.

Edestakaisin polkemalla, vaihtelemalla rummun pyörimissuuntaa, liike mukailee tavanomaisen pyykkikoneen toimintaa. Jatkuva polkeminen ei ole tarpeen koko aikaa, vaan sen voi tehdä pienissä pyrähdyksissä, sillä tekstiilit voivat liota kierrosten välissä.

Asiantuntijat:

Elgars Felcis - elgars.felcis@gmail.com

Gatis Kreicbergs - gatis8@inbox.lv



Esimerkkejä vanhan pyykkikonen ja polkupyörän hyötykäytöstä



Hugh Piggott- tuulivoimala

Piggott-tyylinen pientuulivoimala voi olla arvokas vaihtoehto tuulisilla alueilla aurinkosähkön täydennysratkaisuksi. Piggott-tuulimyllyn nimellisteho on usein 800-1000W, sikäli että isommat mallit ovat hankalia käsitellä ilman erikoislaitteita suuren kokonsa ja painonsa vuoksi. Tuulivoimalan generaattori liitetään useimmiten akustoon jota ladataan invertterin ja säätimien avulla. Voimalasta voi halutessaan myös liittää jonkin version sähköverkkoon. Koko järjestelmä on tee-se-itse-tyyppiä (lukuunottamatta lakisääteisiä sähkökytkentöjä) ja yksityiskohtaiset ohjeet voi hankkia pientä korvausta vastaan.

Asiantuntija:

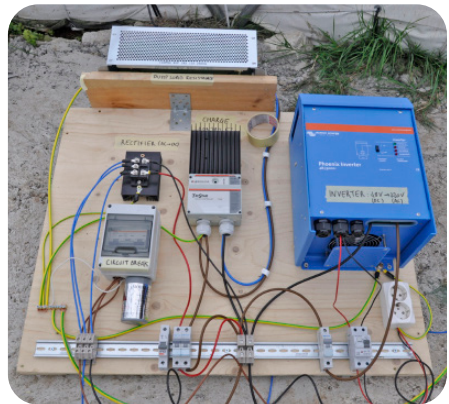
Simon Goess - simon.goess@gmail.com



Esimerkki Hugh Piggott-tuulivoimalasta



The DIY stator ja pyrstön akseli



Akkujen lataamiseen tarvittavia sähkökomponentteja



Varaava rakettiuunilämmitin

Tässä teoksessa on aiemmin esitetty yksityiskohtainen kuvaus rakettiliedestä. Tässä lyhyt alustus raketin kenties tehokkaimmasta käyttötavasta, varaavasta rakettilämmittimestä.

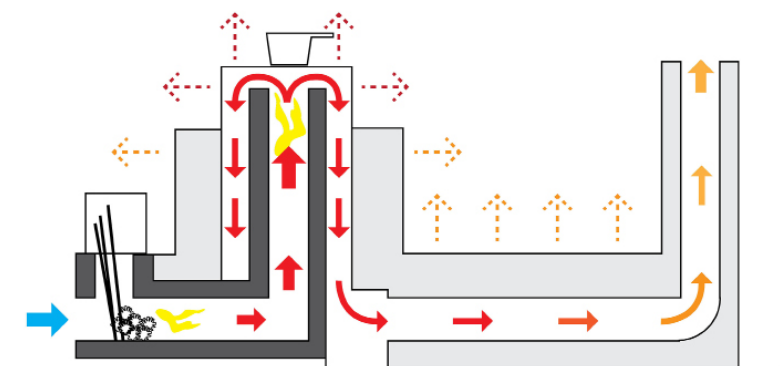
Kun raketin lämpö ja savukaasut kulkevat varaavan massan läpi, energiasta saadaan käytettyä mahdollisimman suuri osa lämmitykseen ennen kun savu menee piipusta ulos. Isossa raketissa (poikkileikkauspinta-ala n. 315 cm²) poistokanavan pituus voi olla 9 metriä ja sitä ympäröivä massa 5-6 tonnia.

Jos raketin lämpötila yltää 1000°C:n, ja piipusta tulevan palokaasun lämpötila on 100°C, 900°C on käytetty lämmitykseen.

Varaava rakettilämmitin antaa mukavaa lämpöä, jota alkaa säteillä n. 10 minuuttia polton alusta ja se säilyy varaavassa materiaalissa jopa 10 tuntia. Lämmön leviämistä voi edistää monilla luovilla ratkaisuilla, ja varaavasta materiaalista voikin muotoilla esim. penkin / sohvan, sängyn tai seinän, joista jokainen toimii lämpöpatterina.

Asiantuntija:

Martin Ahlström - martin.ahlstrom@gmail.com



Piirros lämmön siirtymisestä ja säteilystä varaavassa raketti-lämmittimessä



Esimerkki rakenteilla olevasta kesäkeittiöstä. Hormin ympärille lisätään vielä massaa.



Aurinko-kilpa-auton pienoismalli

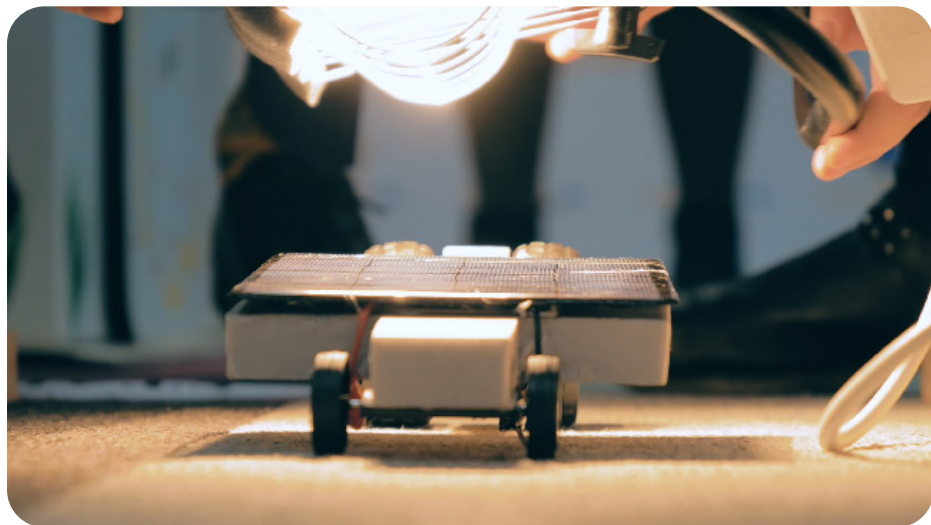
Aurinkokilpa-auton pienoismalli on yksinkertainen laite, jota voi käyttää koulun tiedeprojekteissa opetusvälineenä. Pienoismalli esittelee vaihtoehtoisen energian käsitteitä yhdistettynä ongelmanratkaisuun, suunnitteluun ja mallinnukseen. Se voi synnyttää hyödyllisiä käytännön ja teorian oivalluksia liittyen aurinkosähköön ja sen käyttötarkoituksiin.

Aurinkokilpa-auton pienoismallin rakentamisessa oppilaat saavat myös kokemusta käsityökalujen käytöstä, sillä kaikki tehdään itse. Kilpa-auton pienoismallin aurinkopaneeli tuottaa 6V jännitteen, jopa 50mA virran ja sen nimellisteho voi olla 300 mW.

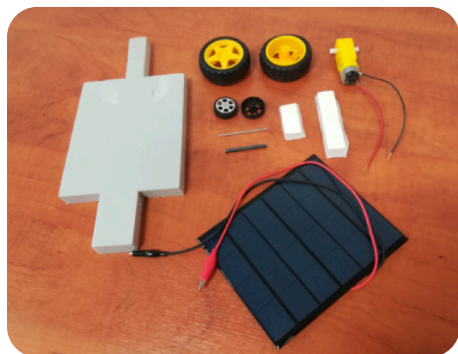
Kokonaisuuteen ei kuulu akkuja energian varastointiin, mutta keinovaloa voi käyttää energianlähteenä kokeita tehdessä kun tutkitaan valon vaikutusta sen toimintaan.

Asiantuntija:

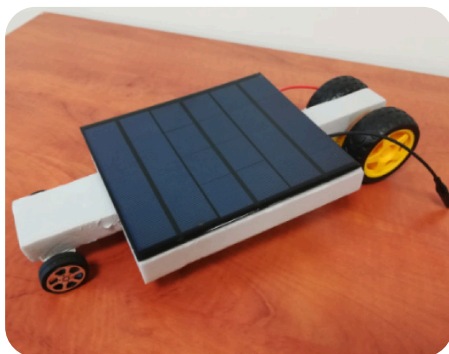
Dr. Mantas Marciukaitis



Energiaa pienelle aurinkopaneelille keinovalolla



Osat ennen kokoamista



Valmis pienoismalli, valmiina kisaamaan

Kiitos!

Kaikki Off Grid DIY-hankkeessa mukana olleet toimijat toivovat, että tämän kirjan sisältö on inspiroinut sinua ottamaan askeleita kohti fossiilisista polttoaineista riippumatonta tulevaisuutta, ja toivottavasti näet, että et ole matkallasi yksin.

Valinnat, joita meidän on tehtävä, sekä yksilöinä että yhteiskuntana, eivät ole aina helppoja, mutta jakamalla kokemuksemme kokeiluistamme elää kestävämmän voimme kenties auttaa sekä itseämme että toisiamme!

www.off-grid.rocks



**Off-Grid DIY Renewable Energy
for Rural Development**