

NÕO REAALGÜMNAASIUM

KAROLIINA PAAS

11.B KLASS

PÄIKESEENERGIA PERSPEKTIIVIKUSEST EESTIS

JUHENDAJAD ÕP EGE LEPA, ÕP PEET-MÄRT IRDT

SISSEJUHATUS

Viimaste aastate üks aktuaalsemaid teemasid on globaalsed kliimamuutused ja nende pidurdamiseks vajaminevate loodussäästlike energiaallikate leidmine. Roheenergiat ning üht selle haru – päikeseenergiat – püütakse üha rohkem kasutusele võtta ning praegu Eestis ringi liikudes on näha nii väljadel kui ka majakatustel päikesepaneelid. Kuna päikeseenergia on muutumas üha populaarsemaks, tasuks võrrelda selle perspektiivikut nii eraisikute (kelle valduses on erineva võimsusega päikesepargid) ja riikliku tasemega päikeseпаркide seisukohalt. Selle töö uudne lähenemisnurk ongi uurida päikeseпаркide tasuvust nii eraisikust tootja kui ka riikliku energiafirma seisukohalt. Lisaks oli autoril juba varem tekkinud valdkonna vastu sügavam huvi tänu põhikoolis tehtud uurimistöole, mille raames valmis päikesepaneelist telefonilaadija.

Käesoleva töö eesmärk on:

- 1) leida päikeseenergia osatähtsuse kasvu (või kahanemise) tendentsi viimase 5 aasta lõikes;
- 2) kirjeldada päikeseenergia tulevikuperspektiivi Eesti Energia tütarfirma Enefit Greeni andmetest lähtuvalt;
- 3) välja selgitada päikesepargi tasuvus ja tootlikkus mitme eraisiku seisukohalt.

Sellest lähtuvalt esitati uurimisküsimused:

- 1) milline on päikeseenergia tootmise perspektiiv Enefit Greeni tulevikuplaanides;
- 2) kas ning kuidas on muutunud selle tootmine 5 aasta lõikes;
- 3) kas päikesepargi rajamine on eraisikule kasumlik;
- 4) kui perspektiivikas on päikeseenergia kasutamine Eestis.

Uurimise läbiviimiseks vajalikud materjalid kogutakse intervjuudest päikesepargi haldajatega ja päikesepaneelide paigaldusega tegeleva firma projektijuhiga, Eesti Energia aastaaruannetest ja mitmest elektri teemat käsitlevatest füüsikaõpikutest. Andmete võrdlemiseks ja analüüsiks valis töö autor kvalitatiivse meetodi ning andmetöötlus viidi läbi MS Wordis.

Käesolevas uurimistöös käsitletakse põhjalikumalt päikesepaneelide ajalugu, nende tööpõhimõtet ja ehitust, nende kasutamist ja selle populaarsuse kasvu (või kahanemist) viimase 5 aasta lõikes ja seda, kuidas on populaarsus sõltunud Euroopa Liidu toetuste programmist. Vaadeldakse ka päikesepargi ehituse ja paigalduse tasuvust eraisiku jaoks ja võrreldakse seda päikeseenergia tootmise perspektiivikusega riiklikul tasemel. Lisaks võrreldakse päikeseenergia osakaalu tuuleenergia (teise populaarse roheenergiaallika) suhtes, selgitatakse välja Eesti Energia plaan tulevikuks ning sellest infost lähtudes tehakse järeldused, kas ja mil määral on päikeseenergia Eestis perspektiivikas.

SISUKORD

SISSEJUHATUS.....	1
SISUKORD.....	3
1. PÄIKESEPANEELIDE JA -ENERGIA TAUST.....	4
1.1. Eesti Energia tootmise lühiülevaade pärast II maailmasõda.....	4
1.2. Päikesepaneelide ajalugu	5
1.3. Päikesepaneeli tööpõhimõte	6
1.3.1. pooljuhid tsooniteoorias ja pn-siire	8
2. PÄIKESEENERGIA TOETUSED JA POLIITIKA NING ERATOOTJATE PARGID	10
2.1. Euroopa Liidu päikeseenergia toetuste programm	10
2.2. Eesti Energia päikese poliitika Eestis	11
2.2.1. Enefit Greeni päikeseenergia tulevikuperspektiiv	12
3. KOKKUVÕTE UURINGUS OSALENUD PÄIKESEPARKIDEST	13
3.1. Erapäikeseпарк 1	14
3.2. Erapäikeseпарк 2	15
3.3. Erapäikeseпарк 3	16
3.4. Erapäikeseпарк 4	17
3.5. Erapäikeseпарк 5	18
3.6. Erapäikeseпарк 6	19
3.7. Erapäikeseпарк 7	20
3.8. Ülevaade ettevõtte Edmest EDM OÜ tegevusest	20
4. ANALÜÜS JA JÄRELDUSED	22
4.1. Päikese- ja tuuleenergia osakaalu võrdlus lähtuvalt Eesti Energia andmetest.....	22
4.2. Konkurentsiameti raporti järeldused	23
4.3. Järeldused eraisikutelt kogutud andmete põhjal.....	24
4.4. Päikeseenergia perspektiivikus Eestis.....	25
KOKKUVÕTE	27
RESUME	29
KASUTATUD MATERJALID	30

1. PÄIKESEPANEELIDE JA -ENERGIA TAUST

Siinses peatükis käsitletakse lähemalt päikesepaneelide kasutamise ajalugu, päikeseenergia tootmist Eestis pärast II maailmasõda (lähtuvalt Eesti Energia andmetest) ja ka päikesepaneelide tööpõhimõtet.

1.1. Eesti Energia tootmise lühiülevaade pärast II maailmasõda

Eesti elektrijaamade võimekus 1939. aastal oli 77 MW ja elektri kogutoodang 197 GWh. Sel aastal loodi ka aktsiaselts Elektrikeskus, millega koondati vabariigi energeetika juhtimine ühe asutuse tegutsemisalasse ning mis oli Eesti Energia eelkäijaks. Edasine loomulik areng aga peatus, kuna Nõukogude Liit okupeeris Eesti 1940. aastal, millele omakorda järgnes II maailmasõda. (Eesti Energia operetiivjuhtimissüsteem, 2009)

Pärast II maailmasõda, mis purustas suure osa taristust, algas Eesti energeetika taastamine. Võrdlemisi tervena olid säilinud vaid Tallinna (võimus 17 MW) ja Ellamaa (võimsus 7 MW) elektrijaamad. 1950. aastaks oli Eesti Energia elektrijaamade võimsus 50 MW. Sellele lisandus umbkaudu sama hulk võimust jaamadelt, mis ei kuulunud Eesti Energiale. Sel ajal hakati ka põlevkivi energiatööstuse toorainena rohkem kasutada, see oli ühtlasi tollal peamine tooraine. 1949. ja 1951. ja aastal valmisid Kohtla-Järve ja Ahtme elektrijaamad, mille võimsus oli vastavalt 48 ja 72,5 MW. Mõlemad jaamad olid Eesti Energia alluvuses. (Eesti Energia operetiivjuhtimissüsteem, 2009)

Eestis tegutses 1950. aastatel ka taastuenergia elektrijaam, nimelt 1955. aastal avatud Narva Hüdroelektriijaam, mille võimsus oli 120 MW, kuid mis kuulus Lenenergole (Eesti Energia operetiivjuhtimissüsteem, 2009).

Aastatel 1956–1973 valmisid ka ülisuured Balti ja Eesti elektrijaamad võimsustega 1435 ja 1610 MW, mis tänapäeval on Eesti Energia AS-i koosseisus ning moodustavad Narva Elektriijaamad. Need kaks jaama andsid lõviosa energiatoodangust, ülejäänud jaamade osakaal oli üsna väike. Samal ajajärgul (1956–1973) vähendati selleks ajaks juba mõõdukalt kulunud Ahtme ja Kohtla-Järve jaamade tegevust ning Tallinna ja Püssi elektrijaamad suleti sootuks. Tallinna varustamiseks alustati aga 1974. aastal Iru jaama ehitust ning selle võimsuseks sai 200 MW. (Eesti Energia operetiivjuhtimissüsteem, 2009)

Aastal 1998 moodustati Eesti Energia AS. Sisuliselt tähendas see AS Elektrikeskuse nimevahetust (Eesti Energia, kuupäev puudub).

2002. aasta tähistas esimese tuuleelektriijaama, Virtsu I tuulepargi rajamist, mille võimsuseks on 1,8 MW. Praegu kuulub Eesti Energia tütarfirmale Enefitile mitu tuuleparki üle Eesti, näiteks

Virtsu, Pakri, Eisvere, Viru-Nigula, Aulepa, Vanaküla, Tooma, Aseriaru, Narva, Paldiski ja Ojaküla tuulepargid ning kõigi tuuleparkide koguvõimsus on 251,95 MW ja need on ehitatud ajavahemikul 2002–2016. (Eesti Energia, kuupäev puudub) (Tuuleenergia Eestis, kuupäev puudub)

Samal aastal renoveeriti Linnamäe hüdroelektrijaam ja 2005. aastal taastati Keila-Joa hüdroelektrijaam. Sellega tehti algust vee abil elektri tootmisega Eesti Energiale alluvate elektrijaamade seas (Eesti Energia, kuupäev puudub) (Keila-Joa hüdroelektrijaam, kuupäev puudub).

2015. aastal valmis Auvere elektrijaam võimsusega 300 MW, mis on keskkonnasõbralikum kui teised hetkel töös olevad põlevkivi toorainel töötavad elektrijaamad ning selle kütust on võimalik kuni 50% asendada biomassiga (tavakütuseks endiselt põlevkivi) (Eesti Energia, kuupäev puudub).

Samal aastal tootis Eesti Energia oma netotoodangu – milleks oli 7,7 TWh elektrienergiat – järgmistest kütustest: põlevkivi (89%), põlevkivigaas (4,3%), tuuleenergia (2,9%), olmejäätmetest (1,7%), biomassist (1,3%) ja muud kütused (0,8%) (Velsker, 2016).

Päikeseenergia lisandus Eesti Energia toomisartiklite hulka 2017. aastal, kui sõlmiti esimene ärikliendileping OÜ Estonia piimafarmiga, mille katusele rajati 174 kW-se võimsusega päikeseelektrijaam (Eesti Energia aastaaruanne 2017, 2018). 2020. aastal toodeti päikeseenergia abil juba 30 MWh elektrit (Eesti Energia aastaaruanne 2020, 2021).

2020. aastaks moodustas taastuvenergia kogu Eesti Energia toodetud elektrist 38% (Eesti Energia aastaaruanne 2020, 2021).

1.2. Päikesepaneelide ajalugu

Päikeseenergiat on kasutatud erinevatel otstarvetel juba sadu aastaid, kuid esimese sihipärase sammu selle kasutamise arendamiseks tegi Šveitsi teadlane Horace-Benedict de Saussure, kes leiutas 18. sajandil esimese päikesekollektori, kasutades mustale lauale üksteise peale asetatud klaasikihte ja nendevahelist voodrit, mis suutis soojeneda kuni temperatuurini 110 °C. (The History of Solar Power, 2015)

Päikeseenergia muundamine elektriks sai alguse 19. sajandil, kui Edmond Becquerel avastas fotogalvaanilise efekti. Ta avastas, et kui paigutada kaks platinast elektroodi hõbekloriidi lahuse happelisse keskkonda ja seda lahust valgustada, tekib elektrodidele pinge ja vool. (Koit, 2015)

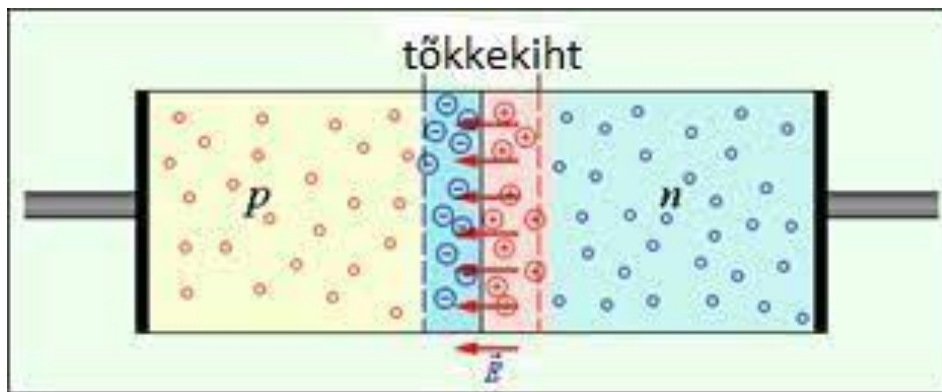
Sammu kaugemale astus esimese fotogalvaanilise päikeseelemendi ehitamisega 19. sajandil Charles Fritts, kes konstrueeris elemendi, kus üliõhukesele kullakihile oli kantud seleenikiht, kuid selle päikeseelemendi efektiivsus oli kõigest umbkaudu 1%, seega oli see üsna ebapraktiline. Efektiivsuse all mõeldakse seda, kui suure hulga valgusenergiat suudab paneel elektrienergiaks muundada. Valgusenergia on footonite energiatega kogusumma. (Päikesepaneelide ajalugu, 2017)

Paneelide ehituse arendusse ja kommertstoodanguks saamisenesse on andnud suure panuse uurimisinstituut Bell Labs, mis teatas 1954. aastal esimesest praktiliselt räni baasil valmistatud päikesepaneelist. Aasta hiljem tõi elektroonikafirma Hoffman Electronics turule 2% efektiivsusega paneeli, selle hinnaks sai 25 dollarit paneel või siis võimsuse järgi ~1,8 dollarit 1 W kohta. Viis aastat hiljem viis sama firma turule juba tunduvalt efektiivsema, 14% efektiivsusega paneeli. (Koit, 2015)

Tänu pidevatele täiustustele ja paneelide efektiivsuse kasvule muutusid paneelid üha huvipakkumaks investeringuks ning 2000. aastaks oli maailmas paigaldatud 1 GW jagu päikesepaneele. 2012. aastal toodeti päikeseelektrit 35 GWh, mis moodustas terve maailma elektritoodangust 0,5% (Päikesepaneelide ajalugu, 2017). 2018. aastaks oli paigaldatud paneele juba umbkaudu 510 GW (Päikeseenergeetika, kuupäev puudub). 2019. aasta seisuga umbes 627 GW päikesepaneele, kusjuures suurimate päikeseenergia võimsusega riigid maailmas on Hiina (205 GW), USA (76 GW), Jaapan (63,2 GW), Saksamaa (49,2 GW) ja India (38 GW). (Top five countries ..., 2021)

1.3. Päikesepaneeli tööpõhimõte

Päikesepaneeli funktsioon seisneb valgusenergia muundamises elektrienergiaks. Selle saavutamiseks kasutatakse pooljuhtkristalli, mille üks pool sisaldab doonorlisandit ja teine aktseptorlisandit. Selline süsteem kannab nimetust pn-siire (vt joonis 1). (Pn-siire, kuupäev puudub)



Joonis 1. Pn-siire¹.

Seletamaks lahti pn-siirde toimimismehhanismi, on vaja rääkida pooljuhtidest, energianivoodest aatomis ja tahke keha tsooniteooriast.

Pooljuhid on ained, mis jäävad elektrijuhtivuse poolest dielektrikute (elektrit mitte juhtivate ainete) ja juhtide (elektrit hästi juhtivate ainete) vahele. Pooljuhtides on laengukandjaid vähe, aga neid on üsna lihtne juurde tekitada, näiteks temperatuuri, erinevate lisandite või valguse abil (Tarkpea, 1997, lk 17). Seetõttu kasutatakse neid palju elektroonikas: näiteks CD-mängijates, televiisori juhtpuldil ja LED-valgustis (Halliday, Resnick, & Walker, 2008, lk 1148–1151).

Liikumaks edasi tsooniteooria juurde, peab enne lühidalt pöörama tähelepanu aatomi ehitusele. Aatom koosneb positiivse laenguga tuumast, mille ümber tiirlevad negatiivse laenguga elektronid. Näiteks vesiniku aatomis, mille tuuma ümber tiirleb vaid üks elektron, võib Niels Bohri aatomiteooria järgi elektroni liikumist aatomis kirjeldada järgmiselt: aatomis võib elektron liikuda vaid kindlatel orbiitidel. Nende orbiitide vahelisel alal elektron liikuda ei saa, kuid elektronil on võimalik ühelt orbiidilt teisele liikuda. Igal orbiidil paiknedes on elektronil just sellele orbiidile vastav energia ja kiirus. Aatom on oma stabiilseimas olekus siis, kui elektron on väikseima raadiusega orbiidil, millel tal on väikseim energia. Sellist orbiiti nimetatakse põhiorbiidiks. Kui aatom saab väliskeskkonnast energiat juurde (ergastub), liigub aatom mõnele kõrgemale orbiidile. Et selline üleminek saaks toimuda, on vaja kindlat kogust energiat, energiakvanti, mis on võrdne lõpp- ja algnivoole vastavate energiatega. Ergastunud olek ei ole aga püsiv ning teatud aja möödudes pöördub elektron põhiorbiidile tagasi. Selle tulemusena antakse ära energiakvant. (Kask, Kiviorg, Paju, & Väinaste, 1976, lk 44–45)

¹

https://www.google.com/search?q=pn+siire&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwi np8_w7ov2AhXuk4sKHfl-D20Q_AUoAXoECAEQAw&biw=1536&bih=754&dpr=1.25#imgsrc=oh1CdpvYsUzL_M

Bohri aatomiteooriale tuginedes on sarnase ehitusega ka keerukama ehitusega aatomid. Nendes ei ole orbiidid täiuslikult ringikujulised ning paiknevad kihtidena. Ühe kihi orbitide energiad erinevad üksteisest ülimalt vähe, aga erinevate kihtide energiad erinevad üksteisest tunduvalt rohkem. Kuna igal orbiidil on endale vastav energianivoo, võib öelda, et elektron paikneb mingil kindlal energianivool. (Samas, lk 45)

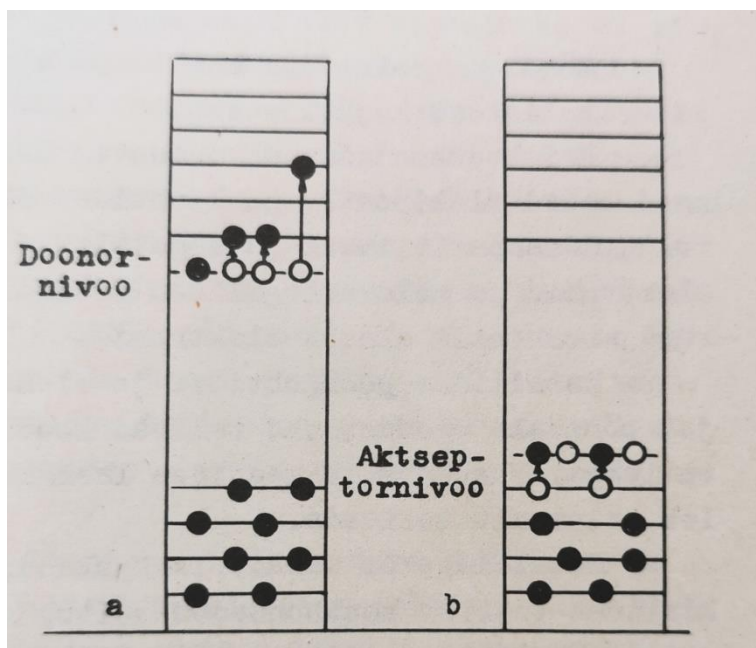
Tahke keha tsooniteooria kohaselt lõhustuvad tahke keha moodustumisel omavahel liituvate aatomite energianivood, mis ei kuulu seeläbi enam üksikutele aatomitele, vaid aatomitest koosnevale süsteemile. Need lõhustunud energianivood moodustavad lubatud energiatsooni. Igas tsoonis on umbkaudu 10^{22} – 10^{23} energianivood (kuna umbkaudselt on 1 cm^3 metallis 10^{22} – 10^{23} aatomit). (Samas, lk 46)

Lubatud energiatsoonide vahel on ka keelutsoonid, kus energiavood puuduvad ja elektronid paikneda ei saa. Elektronidel on võimalik liikuda nii tsoonide vahel kui ka tsoonisisesele, kuid selleks on vaja anda talle energia, mis oleks võrdne tsoone eraldava keelutsooni laiussega, vajalik on ka vabade energiatasemete olemasolu selles tsoonis. Sama on võimalik saavutada keha temperatuuri tõstmisega piisavalt kõrgele, et soojusliikumise energia oleks piisav, et elektrone tsoonide vahel liigutada. (Samas, lk 46–47)

1.3.1. pooljuhid tsooniteoorias ja pn-siire

Pooljuhtide keelutsoon on kitsam võrreldes näiteks dielektrikutega, millega nad omadustelt sarnased on. Seega on juba toatemperatuuril võimalik, et osa valentselektrone saavad kristallvõre ioonidelt piisava energia, et liikuda juhtivustsooni, kus on küllaldaselt energianivoosid, et elektronid saaksid elektriväljalt vastu võtta energiat ja hakata suunatult liikuma. Valentstsooni jäävad aga sealt lahkunud elektronidest nn „augud“, kuhu saavad tulla valentstsooni elektronid. (Kask, Kiviorg, Paju & Väinaste, 1976, lk 52)

Kuid pn-siirde jaoks on vaja doonor- ja aktseptorlisandit. Doonorlisand (n-pooljuht, kus on rohkem negatiivse laenguga osakesi (Käämbre, 1998, lk 63–64)) saadakse, kui neljavalentsele pooljuhile lisatakse viievalentse ainet. Näiteks lisatakse ränile arseeni. Antud näites seovad räni aatomid neli arseeni elektronidest, aga viies elektron ei kuulu ühtegi sidemesse ja saab vabalt liikuma hakata. Sellisel juhul tekib keelutsoonis juhtivustsooni lähedal doornivoo (vt joonis 2), kust juhtivustsooni liikumiseks on elektronil vaja väga väikest energiahulka. Juba soojusliikumisest võib piisata. (Kask, Kiviorg, Paju & Väinaste, 1976, lk 52–53)



Joonis 2. Doonor- ja aktseptornivoo².

Aktseptorlisandi (p-pooljuht, kus on negatiivse laenguga osakesi vajaka (Käämbre, 1998, lk 63–64)) puhul on võimalik soovitud omadused saavutada neljavalentsele pooljuhile kolmevalentse aine lisamisega. Näiteks ränile indiumi lisamisel jääb üks sideelektron vajaka ehk tekib auk (vt joonis 2). Puuduv side võib elektroni ära tõmmata näiteks läheduses paiknevate aatomite paarilt ning järelikult rändab auk ühelt aatomilt teisele. (Kask, Kiviorg, Paju & Väinaste, 1976, lk 53)

N-pooljuhi ja p-pooljuhi sulandamisel tekib kahekihiline pooljuhtkristall, mille ühinemiskiht ongi pn-siire. Ühendades kummagi poolme külge ühendusjuhtme, on tulemuseks pooljuhtdiod, mida kasutatakse päikesepaneelides (Käämbre, 1998, lk 65–66).

Päikeseelemendis toimub valguse peale langemisel protsess, mille käigus saab see elektron, mis otseselt ühegi sideme juurde ei kuulu, piisava energiakvandi, et hakata tahkise ruumala ulatuses vabalt liikuma. Kui veel lisaks päikesepaneelile rakendada pinge ja kinnitada sinna külge juhtmed (moodustades pooljuhtdiodi), hakkavad need vabad elektronid suunatult liikuma, tekitades elektrivoolu. (Paekivi, 2017; Kask, Kiviorg, Paju & Väinaste, 1976, lk 52–53, Käämbre, 1998, lk 65–66)

² Täiendavaid teemasid füüsikast. Autorid M. Kask, A. Kiviorg, E. Paju, V. Väinaste, Tallinn 1976, lk 53

2. PÄIKESEENERGIA TOETUSED JA POLIITIKA NING ERATOOTJATE PARGID

Järgnevas peatükis käsitletakse Euroopa Liidu päikeseenergia toetusi, Eesti Energia senist päikese poliitikat Eestis ja Eesti Energia tütarfirma Enefit Greeni tulevikuperspektiivi päikeseenergiale. Lisaks tehakse kokkuvõtte uuringus osalenud päikese parkidest.

2.1. Euroopa Liidu päikeseenergia toetuste programm

Taastuenergia toetusi on makstud juba üle 20 aasta. Esimene toetuskeem leidis kasutust 1998. aastal, kui kehtima hakkas energiaseadus, mille kohaselt võrguettevõtte pidi taastuvatest energiaallikatest toodetud elektrit ostma fikseeritud hinnaga. (Konkurentsiamet, 2021)

Selline skeem kehtis kuni 2007. aastani, kui muudatuse alusel hakati tootjatele maksma otsetoetust 53,7 €/MWh eest. Teatud muudatustega kehtis selline süsteem 2018. aasta lõpuni ning alates 2019. aastast hakati rakendama oksjonite süsteemi, mille järgi korraldatakse taastuenergia oksjoneid, et leida soodsaima toetusmääraga tootja, kuid selline skeem oli mõeldud ettevõtetele. (Konkurentsiamet, 2021)

Väiksemate päikese parkide jaoks, mis võivad olla ka eratootjate valduses, on elektrituruseaduse muudatus, mis jõustus 2020. aasta esimesel juulil. Selles on sätestatud tootmisabi andmine kuni 50 kW-se elektrilise võimusega tootmiseseadmetele, mida käsitletakse grupierandina antava riigiabina. Selle erandi alusel saavad toetust need tootjad, kelle tootmiseseadme on võrguettevõtte nõuetele vastavaks tunnistanud alates elektriseaduse muudatuse jõustumise hetkest (01.07.2020). Seaduses sätestatud toetuse määr on 5,37 s/kWh kohta ja toetuse saamise periood on 12 aastat, juhul kui tootmisüksus vastab Euroopa Komisjoni määruse nr 651/2014 tingimustele. (Eleringi veebileht, kuupäev puudub)

Eraldi toetus on ka tootmisüksustele, mis on tootmine alanud enne 2020. aasta juulit. Nimelt, perioodil 01.01.2019–30.06.2020 tootmist alustanud parkidel, mille võimsus on kuni 50 kW, on võimalik taotleada elektrituruseaduse alusel taastuenergia toetust vähese tähtsusega abina. Selle toetuse kogusumma võib kolme aasta jooksul olla kuni 200 000 eurot. (Eleringi veebileht, kuupäev puudub)

Mis iganes toetuse saamiseks on aga vaja esitada Elektrilevile taotlus, mille alusel otsustatakse tootmiseseadme vastavus nõuetele. (Eleringi veebileht, kuupäev puudub)

2.2. Eesti Energia päikese poliitika Eestis

Päikeseenergia lisandus Eesti Energia elektritootmisallikate hulka 2017. aastal, kui Eesti Energia roheenergiapoliitika elluviimiseks 2016. aastal loodud tütarettevõtte Enefit Greeni halduses paigaldati esimene Eesti Energiaga ärikliendilepingu alusel koostööd tegev päikeseпарк. Park (võimsusega 174 kW) paigaldati Järvamaale OÜ Estonia piimafarmi katusele, mis kattis ligikaudu 15% farmi aastasest elektritarbimisest. Samal aastal seati eesmärgiks ehitada 2021. aastaks Eesti Energia (Enefit Greeni) haldusesse päikeseelektrijaamu, mille võimsused kokku oleksid 50 MW. (Eesti Energia aastaaruanne 2017, 2018)

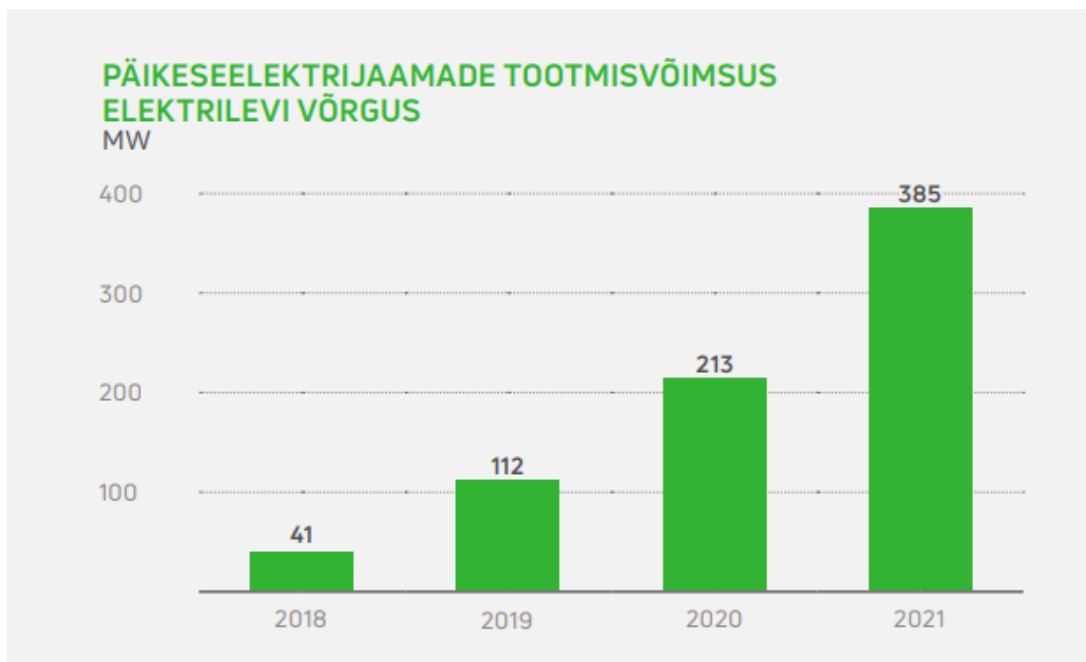
2018. aastal tegi Eesti Energia päikeseelektrijaamade võimekus läbi suure kasvu. Rajati 19 päikeseelektrijaama nii eratarbijate kui ka Eesti Energia maale Paldiskis, Ida-Virumaal Laaskõrves ja Iru ning Paide elektrijaamade kõrvale. Nende päikeseпаркide võimsuste koguväärtus oli 7 MW. Sel aastal rajatud päikeseпаркide võimsustest umbes 71,5% paiknesid eraisikute maal. Samal aastal laiendas ettevõtte ka päikeseelektri lahenduste võimalusi ning hakkas päikeseelektri kasutuselevõtuks pakkuma täislahendust, mille korral paigaldatakse päikeseelektrijaama süsteem ilma kliendi omafinantseeringuta ja klient tasub vaid toodetud elektri pealt kokkulepitud tasu, ja lahendust, mille korral saab klient kõik jaama juurde kuuluvad tootmiseseadmed välja osta. (Eesti Energia aastaaruanne 2018, 2019)

Eesti Energia päikeseelektrijaamade koguvõimsus tõusis 2019. aastal hüppeliselt, jõudes 26 MW-ni, kuid lõviosa uutest päikeseпаркidest soetati Poola (19 MW), seega Eestis paiknevate Eesti Energia parkide koguvõimus jäi ligikaudu samaks (7 MW). (Eesti Energia aastaaruanne 2019, 2020)

2020. aastal viis Eesti Energia läbi küsitluse, et leida päikeseelektri koju paigaldamise lahenduste soovijaid. Nende küsitlusest segus, et kaks kolmandikku küsitletutest olid päikeseenergia lahendustest huvitatud ja iga kümnes avaldas soovi selle oma kodus kasutusele võtta. Sel aastal tõusis väiketootjate arv Elektrilevi võrgus märkimisväärselt – 3100lt 6000le ning võrguga ühendatud päikeseelektrijaamade koguvõimsus tõusis 112 MW-lt 213 MW-ni (vt joonis 3). Elektrilevi väärandas ka endale kuuluva Paldiski tuulepargi alla kuuluvat maad, paigaldades sinna päikesepargi võimsusega 4 MW. Sellega tõusis Eesti Energia päikeseenergia portfelli 30 MW-ni, Eestis asuvate päikeseпаркide koguvõimsuste summa 11 MW-ni (Eesti Energia aastaaruanne 2020, 2021).

Möödunud aastal rajas Eesti Energia 360 päikeseelektrijaama ning kõigile klientidele rajatud parkide koguvõimsus tõusis 17 MW-ni. Kokku on Eestis selleks aastaks 10 000 Eesti Energia klienti, kes müüvad enda toodetud elektrit tagasi võrku. Hakati pakkuma ka energia salvestuslahendust, mis võimaldab kohapeal toodetud energiat kasutada ja aitab klientidel

kokku hoida ka võrgutasudelt. Nende andmetel on kliente, kellelt endal üle jäänud elektrienergiat ettevõtte kokku ostab ja taas turule suunab, 2500. Nii mõnedki neist tootsid suvel piisavalt päikeseenergiat, et talvekuudel teha elektrikulude tasaarveldus. Selle aasta lõpu seisuga oli Elektrilevi jaotusvõrgus 385 MWh päikesepeakidest tulnud elektrienergiat (vt joonis 3). (Eesti Energia aastaaruanne 2021, 2022)



Joonis 3. Päikeseelektrijaamade tootmisvõimsus elektrilevi võrgus³.

2.2.1. Enefit Greeni päikeseenergia tulevikuperspektiiv

Aasta 2020 seisuga on Eesti Energia roheenergeetika plaanide elluviimiseks moodustatud tütarfirma Enefit Green AS-i valduses 30,3 MW väärtuses päikesepeake Eestis ja Poolas. See moodustas 7% kontserni elektritootmisvõimsusest. (Prospekt, 2021)

Nende plaan on jätkata päikeseenergiasse investeerimist, kuid peetakse silmas ka riske, mis tulenevad ilmastikuolude etteennustamatusest (nagu näiteks vähene päikesepeake), ning mis võivad kontserni toomishulka ja seeläbi ka kasumit oluliselt mõjutada. (Prospekt, 2021)

Riske püütakse maandada tootmisüksuste geograafilise hajutamise ja nende ehituseelsete mõõtmiste ja tulemuste hindamisega, et vältida liigselt ühest tootmisüksusest sõltumist, ja ka selleks, et hinnata tulevaste projektide tasuvust. Ka tuuakse välja päikeseenergia tootmisüksuste tootlikkus aasta lõikes; see mõjutab oluliselt toodetava elektrijaama tootlust ning seeläbi ka kogu ettevõtte tootmismahet. Seda mõju siiski leevendatakse juba eelmainitud tootmisüksuste geograafilise hajutamise ja seeläbi ka kasumit oluliselt mõjutada. (Prospekt, 2021)

³ https://www.energia.ee/-/doc/8644186/ettevottest/aastaaruanne/pdf/EE_EST_2021.pdf

Ettevõtte tuule- ja päikeseenergiaarendused lähiaastate plaanis hõlmavad kokku 600 MW-se võimsusega projekte ning pikemaajalisem arendusprojektide plaan näeb ette juba projektide arendusi koguvõimusega 1112 MW. Mõlema perspektiivi puhul plaanib ettevõtte suunata sinna oma tulu ning kasvatada oma tootmisportfelli koguvõimsust. Ka tuuakse välja päikeseenergiatööstuse tehnoloogiate kiire areng, mis muudab vanemad tehnoloogiad vähem konkurentsivõimeliseks. Sellel põhjusel on vajalik rajatiste pidev arendamine konkurentsivõime taseme hoidmiseks, kuna uute elektritoomise lahenduste väljatöötamise, mis on kulude taseme seisukohast otstarbekamad ja kasumlikumad kui päikeseenergiarajatised, tõenäosus on olemas. (Prospekt, 2021)

Päikesepargi tugevaks küljeks loetakse asjaolu, et pargis saab elektri toomine jätkuda ka hoolduse ajal. Sellega edestab päikeseelektrijaam näiteks tuuleparke ja koostootmisjaamu, mille hoolduse ajal on vajalik süsteemide välja lülitamine, mis mõjutab negatiivselt toodetava elektri hulka. (Prospekt, 2021)

3. KOKKUVÕTE UURINGUS OSALENUD PÄIKESEPARKIDEST

Uurimuse raames viidi läbi intervjuud erapäikseparkide omanikega ning koguti seitsme nendele kuuluvate päikeseparkide andmed. Intervjueeritavate hulgas oli ka päikesepaneelide paigaldusega tegeleva firma projektijuht, kes andis ülevaate nii omaenda majapidamise juures olevast päikesepargist kui ka ettevõtte tegevusest.

Intervjueeritavad leiti nii isiklike tuttavate hulgast kui ka Nõo valla arenguspetsialisti abil. Küsitlused päikesepargi omanikega viidi läbi kirja teel, ühel juhul käis töö autor ka kohapeal pargiga tutvumas ning tegi jooksvalt märkmeid. Intervjuu firma Edmest EDM OÜ projektijuhiga viidi läbi suuliselt. Intervjuu lindistati ning hiljem kirjutati sellest välja olulisemad mõtted.

Intervjuude vastused koondati ja neid analüüsiti Wordi dokumendis.

Pargid asusid Eesti eri osades – üks Järvamaal, üks Valgamaal ja viis Tartumaal.

Eratootjatelt küsiti:

- a) paneelide asukohta (kas hoone katusel või maapinnal);
- b) kui palju on paneele ja kui palju majapidamises vaja minevast elektrist ära katab;
- c) paneelide tootluse erinevust aasta lõikes;
- d) millal park paigaldati;
- e) kui palju müüakse võrku;
- f) kas hooldatakse ja kui, siis kui tihti;
- g) kas on märgata paneelide vananemist;

- h) miks otsustati üldse päikesepark endale paigaldada;
- i) kuidas analüüsiti investeeringu tasuvust ja kas selles mängisid rolli ka päikeseenergia toetused;
- j) millise firma kaudu park soetati;
- k) eratootjate enda hinnangut pargi elueale;
- l) mis on plaan ajaks, kui park on n-ö oma aja ära elanud;
- m) kas eratootjad ise on selle investeeringuga rahul.

Järgnevas kokkuvõttes on toodud välja küsitluses osalenute vastused toojate kaupa.

3.1. Erapäikesepark 1

Paneelid on auto varikatuse üks osa, neid on 36 tükki ja need on ühendatud gruppide kaupa, nii et juhul, kui näiteks ühe paneeliga peaks midagi juhtuma, ei mõjutaks see kogu tootmisüksust. Paneelide koguvõimsus on 10 kW, aga majapidamises kasutatava elektri koha pealt on vahe, kas võrrelda kilovatte või hinda. Nimelt, 2021. aasta jooksul tarbiti 4276 kWh, toodeti aga 7754 kWh, kuid elektri eest on siiski vaja maksta.

Aastajaati on tarbimiste tabeli (aasta 2021 tarbimine ja paneelide tootlus) põhjal märgata üsna tähelepanuväärseid erinevusi. Mõnel talvapäeval jäi tootmine nulli, samas kui mõnel suvepäeval oli tootlus 63,5 kWh.

Paneelid paigaldati 2020. aasta augustis, leping sõlmiti septembri alguseks. Paneelid paigaldas ettevõtte Solarstone. Paigalduse maksumus oli 1700 €, paneelide maksumus 8060 € ja inverter⁴ umbes 1500 €.

Võrku tagasi saab müüa kõik, mida toodetakse. Arvel ei kajastu, kui palju ise ära tarbitakse ja kui palju müüakse. Võrguettevõtte maksab elektri eest makstakse börsihinnast 0,2% väiksema summa, mida põhjendatakse liinikadudega.

Hoolduse poole pealt – lund harjaga paneelide pealt lükkama ei pea ja hetkel veel ei hoolda. Paigaldusfirma ei soovitanud puhastada, kuna on oht kriipida, ja ka survepesuriga mitte pesta, sest ka kaevuvees on katlakivi olemas.

Paigaldushetkest praeguseni pole paneelide vananemist märgata olnud.

Pargi paigalduse põhjustest: algul loodeti, et kui maal on elekter ära, siis saab oma elektrit kasutada, kuid selleks on tarvis akut, mis maksab sama summa, mis paneelid. Pigem oli see rahaline investeering ja riigipoolse toetuse ära kasutamine. Lisaks kasutati paneele poole

⁴ inverter – elektriseade, mis muundab päiksepaneelides toodetava alalisvoolu tarbijale sobivaks vahelduvvooluks

katuse katematerjalina, mis andis lisaväärtuse paneelidele, hoides katuseehituselt raha kokku.

Park tasuvat kindlasti ära, aga oleneb mis ajaga, ilmselt 15 aastaga saab investeeringu tagasi. Siin on ka oluline teha vahet, kas soovitakse kulutatud raha tagasi teenida või lisaks kulutatud rahale ka kasumit teenida. Ka päikeseenergia toetuse programm mängis otsuses rolli ja uuriti ning loeti võimalikult palju infot paneelide kohta.

Pargi arvestatav eluiga on 15 aastat.

Mis saab pargiga siis, kui see peaks aeguma, ei oska enne investeeringu tasuvust midagi öelda.

Investeeringu hinnang, rahulolu ning tasuvus: kui jätta välja Eesti Energia arvete uurimine, puurimine ja Eleringi sisselogimine, et näha kõiki vajalikke andmeid, siis visuaalselt ollakse investeeringuga väga rahul. Kui hakata arvesse võtma selle kõiki tahke, siis majanduslikult see ära ei tasu. Tulemusliku poole pealt aga küll – fakt, et paneelid on pidevalt silma all ning teadmine, et need toodavad elektrit, tekitavad tunde, et tegemist on kasumliku investeeringuga.

Märgiti veel, et kuigi tegu on roheenergiaallikaga, siis võttes arvesse nende tootmisressursse ja kogu elukaart, ei tundu nad tegelikult üldsegi nii keskkonnasäästlikena, kui neid sageli reklaamitakse.

3.2. Erapäikesepark 2

Paneelid asuvad maapinnal, neid on 8 kW, inverter on 6 kW. Toodavad täpselt nii palju kui on päikest (10 Wh-st kuni 50 kWh-ni päevas). Vajaminevast elektrist katab tootmine aasta lõikes ära 29%, juulis 87%, detsembris 1%.

Aastajaoti on tootluse erinevused väga suured. Detsembris oli tootmine 10 kWh, juunis 1200 kWh.

Paneelid paigaldati 2020. aasta augustis ning nende maksumus oli 6000 €. Pargi erinevad komponendid soetati eri firmadest.

Võrku tagasi saab müüa kõik, mis enda tarbimisest üle jääb. 2021. aastal näiteks 4700 kWh.

Jaam on hooldusvaba ja paneelide vananemise kohta on võimatu öelda – pole olemas täpselt samasugust valguse hulka ei päeva, kuu ega aasta lõikes. Selles osas saab järeldusi teha ehk umbes 10 aasta pärast.

Pargi rajamise põhjuseks oli investeering rohelisema elu poole.

Paigalduse tasuvus sõltub elektri hinnast. Praeguste hindade juures kindlasti tasub. Otsuses paigaldada päikesepark mängis rolli ka toetuse programm.

Pargi eluiga on arvestatud nii, et inverteri eluiga on 7 aastat ja paneelide tootev eluiga 20 ja enam aastat. Ning kuna jooksvad kulud puuduvad, siis on jaam kasulik ka siis, kui paneelide efektiivsus langeb. Ehk siis jaam ei aegu.

Investeering tundub hetkel kasulik ja tasub ära juhul, kui inverter varem katki ei lähe.

3.3. Erapäikesepark 3

Paneelid asuvad kõrvalhoone katusel, neid on 52 tükki, võimsusega 27 kW, kaks inverterit võimsustega 12,5 kW (vt joonis 4). Pargi paigaldas 2016. aastal ettevõtte Smartecon OÜ. Paneelide maksumus koos paigaldusega 17 767,92€, nende tootlus katab ära 29% majapidamises vaja minevast elektrist.

Erinevus aastaajati on suur, juunis müüdi võrku 1500 kWh, detsembris sisuliselt mitte midagi (0,014kWh). Kuna akut pole, müüakse otse võrku kõik, mis toodetakse, 2021. aastal näiteks 6533 kWh.

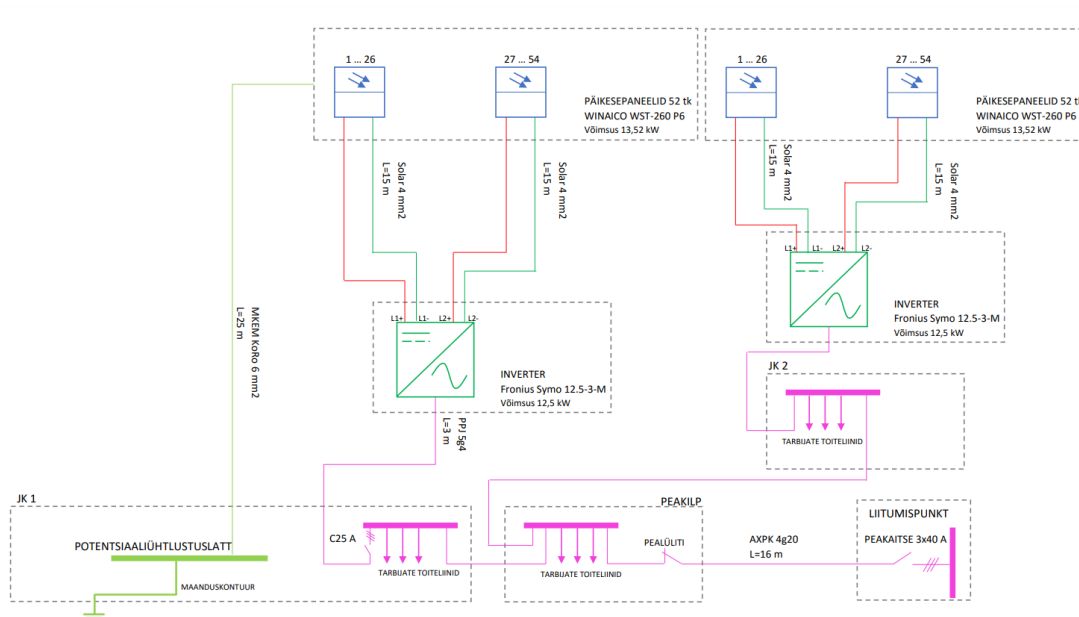
Park on hooldusvaba, kuna selleks pole vajadust: hoone, mille katusel paneelid paiknevad, on üsna kõrge ja lisaks jääb alati võimalus paneele hoolduse käigus vigastada. Kuigi park on hooldusvaba, tasub sellel silma peal hoida ja selle osade korrasolekut kontrollida. Oli intsident, kus rotid närisid läbi ühe kaabli ja paneelide toodang ei jõudnud teadmata aja jooksul (hinnanguliselt paar nädalat) võrku.

Paneelide vananemist ega tootluse langust pole märgata olnud, seda peamiselt sellepärast, et keegi pole vastavat statistikat teinud.

Otsus park paigaldada tuli soovist elektri eest vähem maksta. Mingit analüüsi tasuvuseks ei tehtud, tundus sobiv investeering. Piltlikult öeldes vaadati lakke ja otsustati, et tuleb ots otsaga kokku. Lisaks nähti pargi paigaldust investeeringuna oma vanaduspõlve. Praegu aga tundub, et ei tule isegi ots otsaga kokku ja lisaks ei ole arvestatud paneelide utiliseerimise kulusid. Toetused otsuses mingit rolli ei mänginud ja neid ei kasutatud. Küll aga esitati Elektrilevile taotlus taastuenergia toetuse saamiseks, mille saamise periood on 12 aastat.

Arvestatud on sellega, et pargi eluiga on umbes 15–20 aastat. Sellele, mida pargi aegumise korral teha, pole veel mõeldud.

Elektriarved on küll väiksemaks läinud, näiteks 2021. aastaga on säästetud 496,89 €, aga siiski tõdetakse, et park ei ole kokkuvõttes majanduslikult kasumlik.



Joonis 4. Näide erapäikesepargi 3 elektrisüsteemist.

3.4. Erapäikesepark 4

Paneelid asuvad maapinnal. Pargi võimsus on 15 kW, katab vajaduse, aga puudub akumulatsioon; toodab mahuliselt majapidamises kuluva aastase energiamahu. Kuna suvel on elektri müügihind madalam kui talvel tarbitava ostuhind, siis rahaliselt päris ei kata.

Aastaajalised erinevused on märkimisväärsed, varieerudes detsembris toodetud 51,2 kWh-st juunis toodetud 3145 kWh-ni.

Paneelid paigaldas 2020. aasta novembris ettevõtte Kadaka Elekter OÜ, paneelide kogumaksumus oli 16 000 €.

Toodetud elektrienergiat müüakse võrku tagasi ka, aga osa läheb otse majapidamises tarbimisele. 2021. aastal müüdi võrku 12 397,6 kWh.

Hoolduse poole pealt on suvel praktiliselt hooldevaba (kui, siis vihmavaesel perioodil tolmu maha pesta), talvel lumesajujärgselt iga kord lume maha pühkimine julgelt 20 korda talve jooksul.

Paneelide elektritootmise vähenemist hetkel ei hoomata, park on elektrit tootnud 1,2 aastat.

Park otsustati paigaldada, et investeerida tulevikku, lootuses, et ei pea juurde maksma elektrienergia eest. Kui ostu ja müügihinnad oleksid võrdsed, siis see matemaatika ka toimiks. Toetusi ehituseks ei küsitud ega kasutatud, aga saadakse roheline energiatootmise eest toetust 12 aastat.

Päikesepargi eluiga: paneelidel 30 aastat antud kestvusiga, 10 aastat garantii, loodetavasti peavad nii kaua ka vastu. Kui park peaks n-ö aeguma, siis on plaan paneelid välja vahetada, muu osa jääb ju alles.

Investeeringu hinnang: kui suvised elektri börsihinnad kerkivad samaks talviste ostuhindadega, siis tasub kindlasti, isegi kui kasutada kütteks soojuspumpasid.

3.5. Erapäikeseпарк 5

Paneelid asuvad hoone katusel. Paneele on kokku 46 tükki, igaüks 275 W ehk arvestuslik võimsus kokku 12 650 W (12,6 kW). Inverter on 10 kW ehk tippajal saab maksimaalne hetketootlikkus olla ainult 10 kWh. Paneele on rohkem sellepärast, et üldjuhul võib paneelide nimivõimsus olla 1,3-kordne võrreldes inverteri võimsusega (iga inverteri kasutusjuhend ütleb, kui palju võib üle dimensioneerida) ja maksimaalset tootlust on väga üksikutel päevadel (pigem kevadel jahedate ja selgete ilmadega, kuna tootlikkust mõjutab ka välistemperatuur – mida jahedam, seda parem). Paneelid toodavad umbes 10 MWh aastas, millest ära kasutatakse umbes 25%.

Tootlus varieerub aasta lõikes märgatavalt (vt joonis 5), juunikuu kogutootlus ulatub üle 2000 kWh, samas kui jaanuari tootlus on ligikaudu 0.

Paneelid paigaldati 2018. aasta juunis (36 tükki) ja 2021. aasta mais lisati veel 10 tükki. Kuna kogu töö telliti nn võtmed kätte (sisaldas paneele, inverterit, paigaldust, ühendusi), siis see maksis 12 000 €, lisaks liitumisega seotud kulud umbes 1000 €. Park soetati ettevõtte Heliost OÜ kaudu.



Joonis 5. Näide erapäikesepargi 6 tootlusest 2021. aasta lõikes.

Võrku müüakse olenevalt aastast umbes 7000 kWh.

Praegu tuleb paneele hooldada kord aastas, pärast puude õitsemist kevade lõpus pestakse paneele ja vajadusel uuendatakse inverteri tarkvara.

Paneelide vananemist on keeruline hinnata, kuna aastased tootlikkused on erinevad, ehk see sõltub päikesepaistelistest ilmade hulgast jne.

Park otsustati paigaldada, kuna kogu maja toimib elektri jõul (maaküte, valgustus, ventilatsioon, soe vesi, pliit) ja maja tarbimine aastas on umbes 9000 kWh, siis on mõistlik osa elektrist ise toota.

Pargi tasuvus oleneb tarbimisest ja paneelide maksumusest, aga praeguste hindade juures tasub kindlasti ära ja omal ajal mängis rolli ka toetus, mis oli alates paigaldusest 12 aastat.

Pargi eluiga on 25 aastat, sellise garantii annab paneelide tootja. Pargi tasuvusajast, kui investering jõuab nn nulli – mis antud tarbimise, saadava toetuse jms puhul oleks umbes 8 aastat (arvestuslik oli 10 aastat) – on umbes 3,2 aastat veel jäänud, siis ollakse nn nullis ja ülejäänud aja toodavad paneelid ainult kasumit.

Tehasepoolne paneelide tootlikkuse garantii on 25 aastat, küll väikese vähenemisega, aga selle katab osaliselt ära 1,3-kordne dimensioneerimine. Mis saab 25 aasta pärast, ei tea, ilmselt on siis hoopis teised lahendused ja tehnoloogia ning olemasolevad paneelid tuleks nende eluea lõpus ilmselt utiliseerida.

Park tasub ikka ära – mida rohkem ise tarbida, seda kiiremini see ära tasub. Seda näitab ka tänane suur huvi PV-paneelide paigaldamise vastu.

3.6. Erapäikeseпарк 6

Paneelid asuvad maapinnal, neid on 48, võimsus on 12,5 kW ja katavad umbes majapidamise 8 kuu tarbimise.

Aastaajalised erinevused on väga suured, kuna novembrist jaanuarini on tootmine olematu, sest päev on lühike ja päike madalal. Parimad kuud on mai, juuni ja juuli.

Paigaldati 2020. aasta suve lõpus (käivitati 20. augustil), hinnaks 20 000 €. Park soetati Eesti Energia kaudu.

Suvekuudel toodetud energiast läheb enamus võrku.

Paneelid on põhimõtteliselt hooldusvabad, aga talvel püütakse lumi pealt ära lükata, et veidigi elektrit saada.

Paneelide vananemisega pole probleemi, töötavad siia maani tõrgeteta.

Praegust elektri hindades tundub, et tasuvus on parem kui alguses loodetud ja kindlasti tasuks neid paigaldada. Paigaldamise otsust ei mõjutanud otseselt päikeseenergia toetuste programm.

Hetkel ollakse investeeringuga rahul.

3.7. Erapäikesepark 7

Paneelid asuvad maja katusel, neid on 45 tükki, ühe paneeli mõõtmed on 1 m x 1,5 m. Paigaldas ettevõtte Edmest EDM OÜ aastal 2019.

Suvel elektriarveid ei maksta ja vahel isegi jäädakse kasumisse, aga seda raha ei saada kohe kätte, vaid see, mis suvel üle jäi, võetakse talvistel kuudel maha.

Aastajaoti on tootlus erinev, aga samas tasakaalustab ära. Suvel toodab rohkem, talvel vähem ja seega tulebki tasakaal.

Võrku müüakse kõik, mis toodetakse, majas see energia kasutusse ei lähe.

Paneelide paigalduse tasuvuse kohta mingit analüüsi ei tehtud, lihtsalt otsustati proovida.

Paneelide vananemist märgatud ei ole, aga praegu on olemas juba 300 kW-sed paneelid, antud pargis on kõigest 150 kW-sed, seega kui need oleksid praegu paigaldatud, siis oleks veidi kallim olnud, aga kaks korda tõhusam.

3.8. Ülevaade ettevõtte Edmest EDM OÜ tegevusest

Ettevõtte on päikeseparkide paigaldusega tegelenud umbes 3 aastat. Kui päikesepaneelide buum algas, oligi antud ettevõtte üks esimesi, mis otsustas proovida. Praegu tegeletakse sätestamisega, kaevamistöödega, ehitusega. Kui projekt on kirjutatud, tuleb firma kohale, teeb kõik vajalikud toimingud (va geodeesia), toimetab vajaliku kohale, paigaldab sidekaablid. Kohati aidatakse ka projekti kirjutamisega ja sobivasse hinnaklassi kuuluvate paneelide valimisega, kuigi üldiselt on tellija kõik selle juba ise ära otsustanud. Paneelid, mida paigaldatakse, on väga erineva efektiivsusega, iga aasta nende efektiivsus kasvab. Praeguseks on ühe paneeli võimsus 235 kW, 2,5 aastat tagasi paigaldatud paneelidel alla 150 kW.

Paigaldatavaid parke on võimsuse poole pealt väga erinevaid: mitme megavatiseid, keskmisi ja väikseid. Oli üks objekt, kus oli lihtsalt 30-meetrine rida paneele ning selle sätestamiseks kulus kahel inimesel kaks päeva. Väga palju on parke Ida-Virumaal, Jõgevamaal ja Valgamaal. Üldiselt ehitatakse neid sinna sellepärast, et on tellija mõni suurem Eesti firma või siis

investorid välismaalt, kes ostavadki maatükke seal, kus on maa odavam ja kus pole väga tihe asustus. Valga, Jõgeva ja Ida-Viru maakonnad sobivad nende kriteeriumitega hästi. Mõnikord võib see maa olla ka väga soine.

Samas ei saa öelda, et mõnda kohta eelistatakse rohkem. Näiteks on olnud objekte Valgas, Jaanikeste külas, Kohtla - Järve külas, Püssis. On olnud ka väiksemaid, eraisikute majadele paigaldatavaid parke.

Huvi päikeseparkide vastu on paljudel, pigem küsimus rahas. 2020. aastal oli 8 objekti, 2021. aastal 9, millest töösse läks 7. Paigaldushooaeg on aprilli keskpaigast oktoobri keskpaigani. Eestis paigaldatavate paneelide kaldenurk on tavaliselt 30°–40°. Suurte parkide hoolduse puhul tuleb ka kasvavat võsa lõigata ja kuigi pargiga eluaegset hooldamisteenust kaasas ei käi, siis tellimisel siiski seda teenust osutatakse. Väiksematel parkidel näiteks puhastatakse paneele ka tolmust, aga 1 MW-se pargi puhul oleks see tarbetult kulukas.

Pargi paigalduse sündmuste ahel algab sellest, et ettevõtte (antud ettevõtte kogemusel ehitavad parke tavaliselt ettevõtted) ostab maatüki välja, võtab puud maha, korrastab haljastuse, paneb aia ümber. Peale seda koostatakse plaan, geodeet vaatab maapinna üle sobivaima koha leidmiseks. Projekteerija paneb paika paneelide asetuse plaani, selle, kui pikad on nende jalad ning mitu paneeli reas on. Arvutatakse alajaama suurus, tellitakse paneelid ja metallkonstruktsioon, siis algab projektijärgne paigaldus. Alguses paigaldatakse vardad ja metallstruktuur, seejärel kaevatakse kaablite kraavid ja pärast paigaldatakse paneelid. Ühes reas on tavaliselt neli paneeli, konstruktsioonide metall tuleb enamasti Poolast. Suurematel parkidel on kindlasti olemas kaamerapost kaameraga, mis võib maksta isegi 800 000 €, üks kaamera kogu pargi peale. Kui see paigaldada Nõkku, siis oleks sellega võimalik suumida Tõravereni nii, et kaamerapildil oleksid näod äratuntavad. Pärast kaardistatakse uuesti, vaadatakse, et midagi ei oleks plaanist kõrvale läinud. Seejärel antakse projekt üle. Kaevemeetrid ei saa kunagi plaani järgi ära arvutada, alati esineb mingeid komplikatsioone. Kaevemeetri hind on 10 €.

Teiste päikeseparkide paigaldajate osas on väga väike konkurents. Kõnealusel ettevõttel on kaks peatellijat, üks neist Solarlight OÜ. Ettevõteteni ei jõuta enam nii, et enampakkumine võidab, praegu lihtsalt pöörduetakse konkreetselt selle firma poole.

Vanade päikeseparkide osa, mis on 10 aastat tagasi ehitatud, on täiesti korralik, lihtsalt paneelid tuleks välja vahetada. Sellises vanuses pargi paneelide võimsus on kõigest umbes 25 kW. Konstruktsioon, mis on karastatud terasest, ei vanane, kaablid on maa all, alajaama hooldused on kõik korras, ainult paneele on vaja vahetada. Tõhusa päikesepargi iga on umbes 10 aastat. Muide, kui paneel on päikse käes olnud, ei tasu käega sinist pinda puutuda, sealt saab särtsu.

4. ANALÜÜS JA JÄRELDUSED

Selles peatükis vastatakse püstitatud uurimisküsimustele ja tehakse järeldus, kas päikeseenergia on Eesti perspektiivikas.

4.1. Päikese- ja tuuleenergia osakaalu võrdlus lähtuvalt Eesti Energia andmetest

Kui Eesti Energia alustas päikeseenergia tootmisega 2017. aastal, siis teised ettevõtted on Eestis tuuleenergiat tootnud 2002. aastast alates, kui rajati Virtsu I tuulepark, mille võimsuseks on 1,8 MW. Aastal 2017 toodeti tuuleenergiast juba 214,9 GWh elektrienergiat, samas kui samal aastal rajati alles esimene päikeseelektrijaam, mis kattis 15% ühe farmi tarbimisest. Aastaks 2021 oli tuuleenergia elektritoodang aastas 983 GWh ja päikeseenergia toodang 25 GWh. 2017. aastal toodeti taastuvatest energiaallikatest 403,7 GWh, millest 53,2% toodeti tuuleenergiast. Nii tuule kui ka päikeseenergia vallas nähakse suuri võimalusi laienemiseks ja nende hinnangul on tehnoloogia odavnenud, päikeseenergia lahendused kättesaadavam viis erakliendile taastuvelektri toomise alustamiseks ning Baltimaad hea piirkond, kus päikeseelektrit toota. (Eesti Energia aastaaruanne 2017, 2018), (Tuuleenergia Eestis, kuupäev puudub), (Eesti Energia aastaaruanne 2021, 2022)

Tuuleenergia arendusprojektid on suuremahulisemad, neid arendatakse nii Soomes, Eestis kui ka Leedus. On ka projekt Liivi lahte Baltikumi suurima tuulepargi ehitamiseks, mis suudaks katta pool Eesti elektritarbimisest, samas kui päikeseenergia osas on eesmärk seatud nelja aastaga toomisvõimuse kasvatamine vaid 74 MW-ni. (Eesti Energia aastaaruanne 2019, 2020), (Liivi lahe meretuulepark – Baltikumi esimene meretuulepark)

Eesti pole ainus riik, kuhu Eesti Energia päikeseparke rajab. Kliente leidub nii Balti riikides kui ka Poolas, kuhu 2021. aastal otsustati teha investeering uue päikesepargi rajamiseks ning kust oodatakse päikeseenergia arendamisel suurimat kasvu. (Eesti Energia aastaaruanne 2020, 2021), (Eesti Energia aastaaruanne 2019, 2020) Ka suurim Enefit Greeni tuulepark asub hoopis Leedus (võimsusega 60 MW) (Liivi lahe meretuulepark – Baltikumi esimene meretuulepark).

Sellest järeldub, et kuigi päikeseenergia on viie aastaga tähelepanuväärselt suurendanud oma positsiooni Eesti Energia tootmisportfellis (vt joonis 6), on teine peamine roheenergia allikas, tuuleenergia, siiski võimsuse poolest oluliselt esindatum ja selle arendusplaaniid ambitsioonikamad. Samas on näha, et päikeseпарк on parim lahendus eraisikule, kuna seda

saab paigaldada ka oma koduõue, samas kui tuulepargi rajamiseks eraisikule on võimalused peaaegu olematud.

Planeeritakse tõsta päikeseenergia tootmisvõimekust, kuid suurimat kasvu selles osas oodatakse Eesti asemel hoopis Poola turult.

ELEKTRI TOODANG JA TOOTMISVIISID
GWh

	2019	2020	2021
Elektri kogutoodang	5 549	3 808	5 217
Põlevkivi	3 677	1 825	3 048
Põlevkivigaas	456	374	409
Biomass	298	351	639
sh biogaas	14	0	0
Tuuleenergia	1 023	1 139	983
Jäätmed	64	77	84
Päikeseenergia	9	26	25
Muud energiaallikad	22	17	30

Joonis 6. Elektri toodang ja tootmisviisid 2021⁵.

4.2. Konkurentsiameti raporti järeldused

Eelnevatel aastatel hüppeliselt kasvanud päikeseelektrijaamade paigaldamise tõttu tellis Konkurentsiamet aastal 2021 Hevac OÜ käest jaamade tasuvuse analüüsi. Jaamade sisendandmed olid järgmised: soetusmaksumus, tehniline eluiga, elektriauditi kulud, hooldus- ja remondikulud, erinevad teised kulud ja elektritoodangu kogus. Analüüsiti nelja hüpoteetilist jaama erinevate võimsustega. Võimsusteks 10 kW, 50 kW, 500 kW ja 1000 kW. Nende maksumused varieerusid 10 729 €-st 10 kW-se pargi puhul kuni 826 660 €-ni 1000 kW-se pargi puhul. Vastavalt analüüsist saadud tulemustele hindas Konkurentsiamet kahe väiksema pargi (10 kW ja 50 kW) tasuvusajaks 11–21 aastat ja kahe suurema (500 kW ja 1000 kW) tasuvusajaks 10–13 aastat. (Konkurentsiamet, 2021)

Analüüsist tuli ka välja, et ilma taastuvenergia toetusteta ei ole käsitletud projektidest ükski praegusel hetkel tasuv elektri börsihindade tõttu. Lisaks leiti, et mida suurem on pargi võimsus, seda tasuvam projekt on. Mida väiksem päikeseпарк, seda suurem peab olema megavatt-tunni börsihind (nende näites juhul, kui 50% toodetud elektrist kasutatakse omatarbeks)

⁵ https://www.energia.ee/-/doc/8644186/ettevottest/aastaruanne/pdf/EE_EST_2021.pdf

selleks, et investering oleks tasuv, näiteks 10 kW-se pargi puhul peaks see olema 195,4 €/MWh kohta. (Konkurentsiamet, 2021)

Kokkuvõttev hinnang on, et kuigi päikeseelektrijaamade buum näitab, et tegu on vägagi tasuvate investeringutega, on vastukaaluks praeguse analüüsi tulemused, mille järgi üksikud projektid praeguse elektri börsihinna juures tasuvad pole ning neile suunatud toetus on igati vajalik. Mõneti vastuolulist tulemust põhjendatakse asjaoluga, et analüüsi kriteeriumid ja eeldused võivad olla mõneti konservatiivsed ehk n-ö halvema stsenaariumi põhjal tehtud, ja ka asjaolust, et käsitleti hüpoteetilisi parke, kuigi tegelikkuses võivad hinnangud ja asjaolud olla teisiti. (Konkurentsiamet, 2021)

4.3. Järeldused eraisikutelt kogutud andmete põhjal

Uuringus osalenud seitsme päikesepargi omanikuga tehtud intervjuudest saadud andmetest lähtuvalt saab teha mitu järeldust.

Näiteks selles osas, kuhu on paneelid paigaldatud, on seis üsna võrdne: neli uuritud päikeseparki asuvad hoonete katustel ja kolm maapinnal. Küll aga tuleb siin arvestada tööka, et uuringualuseid parke oli paaritu arv. Seega saab väita, et maapinnale ja katustele rajatud parke on ligikaudu võrdselt, katusele paigaldamine on veidi eelistatum.

Veel tuli välja, et päikeseparkide paiknemine Eestis on seotud sellega, kus maa on odavam. Seda sellepärast, et firmad ja investorid välismaalt püüavad leida kõige odavamaid maalappe, kuhu päikeseparke paigaldada. Seetõttu on teiste maakondadega võrreldes rohkem päikeseparke paigaldatud Jõgeva, Valga ja Ida-Viru maakondadesse.

Ükski küsitletutest ei ole täheldanud paneelide tootluse langust, mida võib seletada ka asjaoluga, et kõik pargid on paigaldatud üsnagi hiljuti (aastatel 2016, 2018, 2019, 2020, 2021). Seetõttu pole need jõudnud ka märkimisväärselt amortiseeruda. Veel toodi välja, et vananemist on võimatu kommenteerida, kuna erinevad perioodid on erineva valgushulgaga ja seega võrreldamatud ja vastavaid järeldusi saaks teha alles aastaid hiljem.

Päikesepargi eluiga on omanike hinnangul 15–30 aastat.

Küsitlusest tuli välja, et päikeseparkide paigaldajaid on mitmeid, nimelt oli kõigil intervjuueeritavatel erinev paigaldusfirma. Seega pole üht firmat, mis selles vallas turgu domineeriks.

Samuti märkisid kõik uuringus osalejad, et aasta lõikes on tootlused väga erinevad, tuli välja, et tootluse mõttes kõige kehvemad kuud on detsember ja jaanuar ja parimad kuud juuni ja juuli. Toodi välja ka asjaolu, et paneelide tootlikkust mõjutab ka temperatuur: mida jahedam,

seada parem tootlikkus. Hoolduse asjus oli märgata erisusi. Oli neid, kes ei hooldanud, põhjuseks toodi asjaolu, et paigaldusfirma soovitas paneele mitte hooldada (lund lükata ja veega pesta), tuues põhjenduseks paneelide võimaliku vigastamise, mis kahjustaks nende tootlikkust. Kuid kolm omanikku siiski hooldavad parke, puhastades neid näiteks õietolmust ja lükates talvel lund maha. Toodi välja ka tõik, et isegi kui paneeli pind ei ole otseselt kahjustustest mõjutatud, on võimalik, et muud tegurid, näiteks närilised, võivad tootmisüksust kahjustada. Seega on tootjapoolne soovitus paneele mitte hooldada, aga osa omanikke siiski seda teevad, näiteks lükkavad lund, et paneelide tootlikkust suurendada.

Vaid kahe küsitletu otsust päikeseпарк paigaldada ei mõjutanud päikeseenergia toetused. Küll aga saavad nad taastuvenergia toetust, mille saamisperioodiks on 12 aastat. Kõigi ülejäänute otsuses park paigaldada mängisid toetused olulist osa.

Pargi paigalduse põhjuseid oli mitu: mõni omanik soovis teha sammu rohelisema elu poole, teised lootsid olulist rahalist kokkuhoidu elektriaretelt või otsustati lihtsalt proovida. Mõni lootis, et päikeseпарк on tema investeering ja n-ö pensionisammas, mis toetab teda ka vanemas eas. Üks omanik otsustas pargi paigaldada, et investeerida tulevikku, lootuses, et ei peaks elektrienergia eest juurde maksma. Kuid selline matemaatika toimiks üksnes juhul, kui ostu- ja müügihinnad oleksid võrdsed. Ühel juhul oli pargi paigalduse ajendiks lootus, et elektrikatkestuse korral saaks kasutada enda toodetud elektrit. Selle lootuse purustas asja uurimisel selgunud tõsiasi, et selleks on tarvis akut, mis maksab sama palju kui paneelid. Mitme omaniku puhul mängis paigaldusel rolli riigipoolne toetus, mida sooviti ära kasutada.

Investeeringu tasuvuse ja rahulolu aspektist toodi välja mitmeid eri tahke. Näiteks väljendati arvamust, et kui arvestada täpselt kõiki pargile tehtud kulutusi ja saadavaid toetusi, ei ole park majanduslikult otstarbekas, aga pargi emotsionaalne väärtus kaalub üles majandusliku puudujäägi. Tasuvust mõjutab inverteri kui ühe kallima komponendi eluiga, elektri börsihinna sesoonne kõikumine ja majapidamise tarbimismaht. Kuid üldiselt oldi päikesepargiga rahul, hoolimata eespool nimetatud mõningatest erisustest.

4.4. Päikeseenergia perspektiivikus Eestis

Enefit Greeni 2021. aasta prospekti kohaselt on päikeseenergia tootmisportfellis tuuleenergia kõrval esindatud ja mõlema energiaallika võimsuste arendamiseks suunatakse investeeringuid ja teadvustatakse võimalikke riske (näiteks nii töö seiskamine hoolduse ajaks kui ka looduslikud tegurid, mis pole kontserni mõjualas). Küll aga on selgelt näha asjaolu, et päikeseenergia arendusi eraldi välja ei ole toodud, vaid mainitakse neid koos tuuleenergiaga, millest saab järeldada, et kuigi taastuvenergia on selle kontserni pärusmaa, ei ole

päikeseenergia üks prioriteetsematest tootmisartiklitest. Kuid siiski näidatakse, et päikeseenergia on erakliendile roheline elektri toomise alustamiseks sobivam kui tuuleenergia, põhjuseks päikeseelektriparkide paigaldamise lihtsus. Samas oodatakse aga päikeseenergia suurimat arengut hoopis Poolast, mitte Eestist. (Prospekt, 2021), (Eesti Energia aastaaruanne 2021, 2022)

Päikeseenergia toomisvõimsus on Eesti Energia andmetest lähtuvalt viie aasta jooksul tõusnud 174 kW-lt 385 MW-ni. Arvestades, et alles 2017. aastal rajati esimene ettevõttega koostööd tegev päikeseпарк, on selline kasv olnud märkimisväärne. Suurim aastane kasv toimus 2021. aasta jooksul, kui Elektrilevi võrgus olevate tootjate koguvõimsus tõusis 213 MW-lt 385 MW-ni, tehes läbi 174 MW-se tõusu aasta jooksul. Eelnevatel aastatel olid vastavad kasvunumbrid 101 MW-i (2020. aastal) ja 71 MW-i (2019. aastal). (Eesti Energia aastaaruanne 2017, 2018), (Eesti Energia aastaaruanne 2021, 2022)

Eraisikutega tehtud intervjuudest selgus, et üldiselt ollakse paigaldatud pargiga rahul. Selgus aga eriti huvitav asjaolu, et kuigi mitu omanikku tõi välja, et park majanduslikult kasulik ei ole ning selle tasuvus sõltub teatud nüanssidest (inverteri eluiga, börsihind, tarbimismaht jne), on nad siiski oma pargiga rahul. Sellest võib järeldada, et kuigi kõnealuse investeeingu tasuvus on väike või suisa olematu, kaalub selle eraisikute silmis üles emotsionaalne rahulolu. Kuna möödunud, 2021. aasta detsembrist on elektri hinnad märkimisväärselt tõusnud, tõi mitmed eraparkide omanikud välja tõsiasi, et energiahinna tõus muudab tõenäoliselt investeeingu tasuvamaks kui esialgu plaanitud.

Arvestades kõiki eelmainitud asjaolusid, näiteks: konkurentsiameti raport, mis toob välja, et ilma päikeseenergia toetusteta ei ole erapäikesepargid mingil juhul tasuvad, Eesti Energia aastaaruanded ning Enefit Greeni 2021. aasta prospekt, mille kohaselt oodatakse päikeseenergia suurimat arendust selle firma piirides hoopis Poolast ja kus on näidatud tuuleenergia selget eeliseisu nii võimsuse kui uute projektide ambitsioonikuse vallas, eraisikute arvamus ja arvestusi, mille kohaselt päikeseпарк on kas majanduslikult ebamõistlik või tasuv teatud klauslite alusel, võib öelda, et päikeseenergia ei ole Eestis antud ajahetkel üldiselt perspektiivikas. Kuid tehnoloogia kiire areng ja päikeseпарк kui eraisikutele kõige kättesaadavam roheenergia tootmise võimalus teevad sellest siiski arvestatava alternatiivse energiaallika.

KOKKUVÕTE

Uurimistöös püstitatud eesmärgid said täidetud. Autor uuris päikeseenergia osatähtsuse muutmise tendentse Eesti Energia andmetest lähtuvalt, kirjeldas päikeseenergia tulevikuperspektiivi Enefit Greeni vaadetest lähtuvalt ning selgitas välja päikesepargi tasuvuse seitsme eraisiku seisukohalt.

Uurimisküsimused said vastuse. Uuriti välja päikeseenergia tootmise perspektiiv Enefit Greeni tulevikuplaanides, leiti, kui palju on päikeseenergia tootmise hulk 5 aasta lõikes muutunud, selgitati intervjuude põhjal välja päikesepargi perspektiivikus eraisiku seisukohalt ja ka asjaolu, kui perspektiivikas on päikeseenergia Eestis.

Uuring viidi läbi intervjuudest, Eesti Energia aastaaruannete ja Enefit Greeni prospektist saadud andmete põhjal. Analüüsiti peamiselt just intervjuudest ja aruannetest kogutud andmeid eesmärgiga vastata töö ühele põhilisemale uurimisküsimusele ehk selgitada välja päikeseenergia tasuvus ja perspektiivikus eraisiku ja riikliku energiafirma seisukohalt.

Teoreetilises osas anti ülevaade Eesti Energia elektri toomise ajaloost pärast II maailmasõda, päikeseenergia ja -paneelide ajaloost ja päikesepaneeli füüsilisest toimimismehhanismist. Koolifüüsika programmis õpetatakse vastavaid teemasid alles 12. klassis, seega tuli autoril iseseisvalt teemade kohta uurida ja lugeda. Sellega hakkama saada polnud üleliigselt keerukas, osalt tänu põhikoolis selle teema ülevaatlikule õppimisele ja juba 11. klassis omandatud teadmiste elektrist.

Uurimuslik osa viidi läbi Eesti Energia aastaaruannete, Enefit Greeni prospekti ja eraisikute intervjuudest kogutud andmete põhjal. Autor kasutas kvalitatiivset meetodit, käsitledes põhjalikult seitsme erapäikesepargi ja ühe päikeseparke paigaldava firma tegevusest ülevaadet andvaid andmeid.

Uurimistulemuste põhjal tehti mitmeid järeldusi. Näiteks selgitati intervjuude alusel välja, et kuigi kõik küsitletud olid oma pargiga rahul, tõid mitmed välja tõiga, et see rahulolu oli pigem tingitud emotsionaalsest poolest kui pargi majanduslikust tasuvusest. Konkurentsiameti raporti tulemustele tuginedes leiti, et päikeseenergia toetused on vajalikud eelkõige seetõttu, et päikesepargi soetamine ilma toetusi kasutamata oleks ebaotstarbekas. Lisaks märkisid kõik eraisikud, et on üht või teist toetust kasutanud.

Veel selgus ka asjaolu, et Eesti riiklik energiafirma Eesti Energia koos tütarfirma Enefit Greeniga soovivad küll suurendada päikeseenergia võimsust oma tootmisportfellis, aga suurt kasvu selles ei oodata mitte Eesti, vaid Poola turult.

Selle kõige põhjal saab järeldada, et kuigi päikeseenergia pole hetkel Eestis üldiselt perspektiivikas, on see siiski oluline taastuvenergiaallikas eelkõige vaadeldes seda kui eraisiku võimalust toota ise roheenergiat.

Teema edasisel käsitusel soovitab autor uurida suuremat hulka päikeseparke, mis oleksid võimalikult erinevate võimsustega.

RESUME

The translated title of this research paper is “The perspective of solar energy in Estonia”. Global warming has made us search for new effective ways to produce electricity from green energy sources. Steps have been made to introduce various nature friendly energy sources including solar energy. Even right now, many solar parks can be spotted whilst travelling throughout Estonia. The author of this paper was interested in comparing solar energy’s perspective from the point of view of both civilians and a national energy company Eesti Energia.

The aim of this research is to find if the importance of solar energy has increased (or decreased) during the last five years in Estonia, describe the future perspective of solar energy based on the information from Eesti Energia’s subsidiary Enefit Green and to ascertain the profitability and perspective of solar energy from the point of view of several individuals.

Structurally, this research paper consists of theoretical overview, investigation, and description of different aspects of solar energy in Estonia, the summary of conducted interviews and the analysis of all the results. The main sources that have been relied on, are the annual reports of Eesti Energia, the prospect of Enefit Green and the report form Konkurentsiamet.

All the submitted research questions were answered. The author found out that although all interviewees were satisfied with their investment, several of them mentioned, that the reason for their satisfaction was more an emotional opinion and their investment was not really that profitable. Also, it was mentioned by many, that they had used solar energy subsidy. It was confirmed by Konkurentsiamet that installing a solar park without using subsidies would be financially unreasonable. One other point that became clear was that even although both Eesti Energia and Enefit Green wish to increase the capacity of solar energy, they do not expect it to develop considerably in Estonia. Instead, they expect that growth from their Polish department.

Relied on all this information, it can be claimed, that even when solar energy is not perspective in Estonia at the moment, it is an important green energy source especially form the point of view of civilians, who wish to produce renewable energy by themselves.

In a following paper on the topic, the author suggests studying a larger number of solar parks with more varied capacities.

KASUTATUD MATERJALID

Eesti Energia. (kuupäev puudub). Kättesaadav: https://et.wikipedia.org/wiki/Eesti_Energia (27.02.2022).

Eesti Energia aastaaruanne 2017. Kättesaadav: https://www.rahandusministeerium.ee/sites/default/files/Riigivara/EestiEnergia/MAA/eesti_energia_2017_maa.pdf (27.02.2022).

Eesti Energia aastaaruanne 2019. Kättesaadav: https://www.energia.ee/doc/8644186/ettevottest/investorile/failid/2019/2019_annual_report_EST.pdf (06.04.2022).

Eesti Energia aastaaruanne 2020. Kättesaadav: [energia.ee/-/doc/8644186/ettevottest/aastaaruanne/pdf/AA_2020_EST.pdf](https://www.energia.ee/doc/8644186/ettevottest/aastaaruanne/pdf/AA_2020_EST.pdf) (27.02.2022).

Eesti Energia aastaaruanne 2021. Kättesaadav: [https://www.energia.ee/-/doc/8644186/ettevottest/aastaaruanne/pdf/EE_EST_2021.pdf](https://www.energia.ee/doc/8644186/ettevottest/aastaaruanne/pdf/EE_EST_2021.pdf) (06.04.2022).

Eesti energia aastaruanne 2018. Kättesaadav: [https://www.energia.ee/-/doc/8644186/ettevottest/investorile/failid/2018_annual_report_EST.pdf](https://www.energia.ee/doc/8644186/ettevottest/investorile/failid/2018_annual_report_EST.pdf) (06.04.2022).

Eesti Energia operatiivjuhtimissüsteem 2009. Kättesaadav: https://petz.planet.ee/elekter/infosys_energeetikas/AES3241-9%20EE.pdf (27.02.2022).

Eleringi veebileht. (kuupäev puudub). Kättesaadav: <https://elering.ee/taastuenergia-toetus#tab0> (06.04.2022).

Halliday, D., Resnick, R., & Walker, J. 2008. Fundamentals of Physics (Kd. II). (G. Osnato, Toim., T. Lausmaa, M. Laan, I. Tehver, H. Käämbre, & H. Tammet, Tõlk.) John Wiley & Sons, Inc.

Kask, M., Kiviorg, A., Paju, E., & Väinaste, V. 1976. Täiendavaid teemasid füüsikast. Tallinn.

Keila-Joa hüdroelektrijaam. (kuupäev puudub). Kättesaadav: https://et.wikipedia.org/wiki/Keila-Joa_h%C3%BCdroelektrijaam (27.02.2022).

Koit, O. 2015. Päikeseenergia kasutus ning rakenduse väljavaated Eestis. Bakalaureusetöö, Tallinna Tehnikaülikool, materjaliteaduse instituut, Tallinn. Kättesaadav: <https://digikogu.taltech.ee/et/Download/405b84b6-ed07-4bd9-aa21-b54e3a83f4ef> (27.02.2022).

Konkurentsiamet 2021. Kättesaadav:

https://www.konkurentsiamet.ee/sites/default/files/news-related-files/konkurentsiameti_hinnang_taastuenergia_toetuste_kohta.pdf (06.04.2022).

Käämbre, H. 1998. Füüsika XII klassile Aatom, molekul, kristall. (E. Randma, Toim) Tallinn: Koolibri.

Paekivi, S. 2017. Fotoefekti rakendused. Kättesaadav: <https://vara.e-koolikott.ee/taxonomy/term/3921> (08.04.2022).

Pn-siire (kuupäev puudub). Kättesaadav: <https://www.taskutark.ee/harjuta/pn-siire/> (27.02.2022).

Prospekt 2021. Kättesaadav: https://nasdaqbaltic.com/statistics/et/issuer_documents/download/1378 (08.04.2022).

Päikeseenergeetika (kuupäev puudub). Kättesaadav: <https://et.wikipedia.org/wiki/P%C3%A4ikeseenergeetika> (27.02.2022).

Päikesepaneelide ajalugu 2017. Kättesaadav: <https://www.tera.ee/paikesepaneelide-ajalugu/> (27.02.2022).

Tarkpea, K. 1997. Füüsika XI klassile I osa Elekter ja magnetism. (E. Randma, Toim) Tallinn: Koolibri.

The History of Solar Power 2015. Kättesaadav: <https://urbansolar.com/the-history-of-solar-power/> (27.02.2022).

Ns Energy. Top five countries with the largest installed solar power capacity 2021. Kättesaadav: <https://www.nsenergybusiness.com/features/solar-power-countries-installed-capacity/> (27.02.2022).

Tuuleenergia Eestis. (kuupäev puudub). Kättesaadav: <https://tuuleenergia.ee/tuuleenergia-eestis/> (27.02.2022).

Velsker, L. 2016. Suur ülevaade: kuidas käib elektritootmine Eesti Energia uutes hiigelinvesteeringu saanud jaamades. Postimees. Kättesaadav: <https://www.postimees.ee/3873407/suur-ulevaade-kuidas-kaib-elektritootmine-eesti-energia-uutes-hiigelinvesteeringu-saanud-jaamades> (27.02.2022).