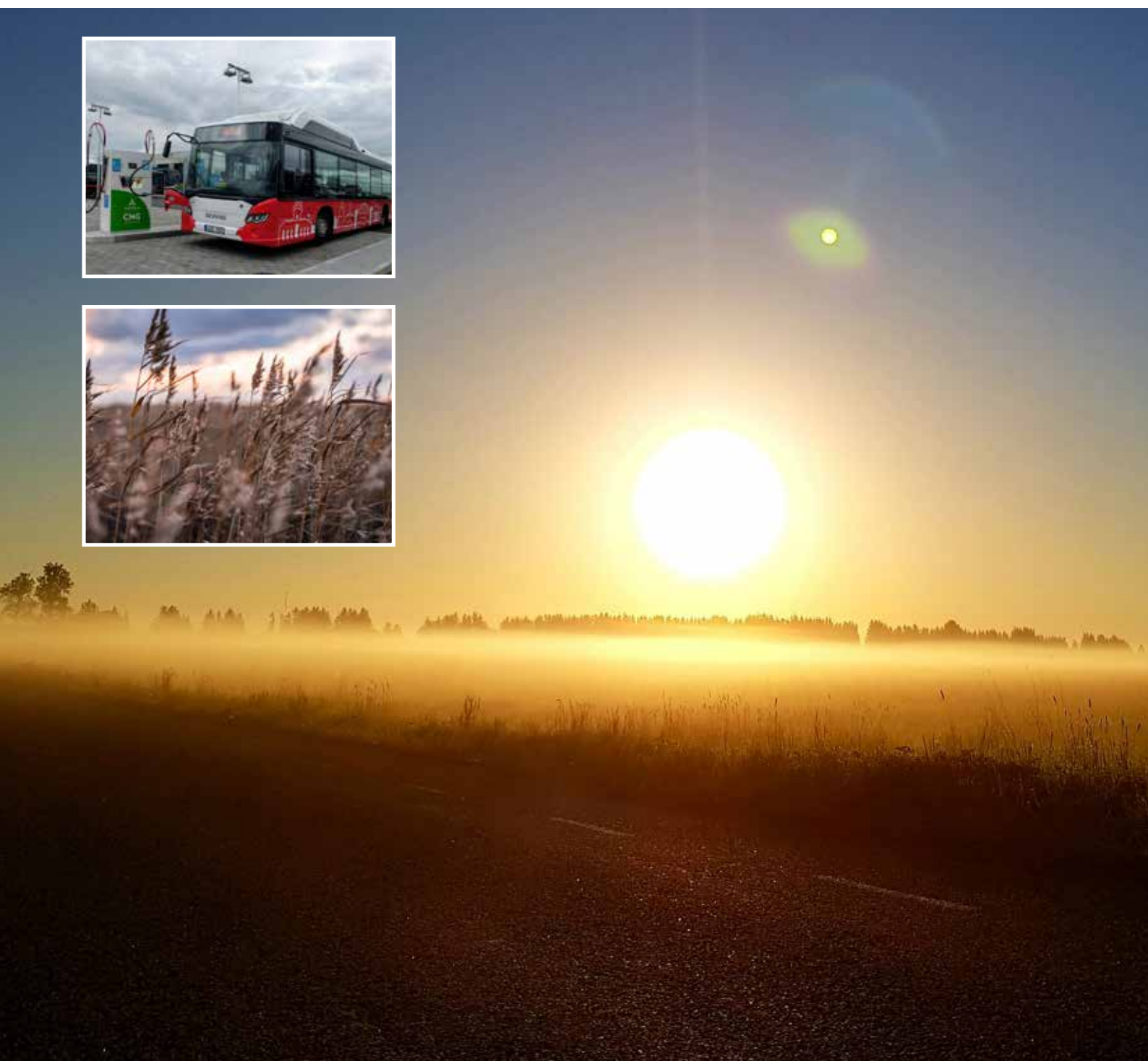


- KEEMIA
- VÄÄRISTAMINE
- ENERGEETIKA
- KESKKONNAKAITSE
- CHEMISTRY
- UPGRADING
- ENERGETICS
- ENVIRONMENTAL PROTECTION

Põlevad ja mittepõlevad ENERGIAALLIKAD





Prügilagaasil töötav koostootmisjaam Jõelähtmel asuvas prügilas.

Landfill gas cogeneration plant at the Jõelähtme landfill.



Osaühing Rohegaas toodab biometaani Kundas asuva haavapuitmassitehase reoveesetest.

Rohegaas Ltd produces biomethane from sewage sludge of Kunda aspen pulpmill.



Juunis peatus Tallinnas maailma esimene vesiniklaev Energy Observer.

The world's first yacht Energy Observer running on hydrogen stopped in Tallinn in June.

Editorial Board

ÜLO KASK

Energeetikaekspert (Tartu regiooni energiaagentuur, TREA) / Energy Expert, Tartu Regional Energy Agency / soojusenergeetika / thermal engineering, Eesti biokütuste ühingu juhatuse liige / Board Member of the Estonian Biofuels Association, Eesti kütte- ja ventilatsiooniinseneride ühingu liige / Member of the Estonian Heat and Ventilation Engineers Association, Eesti soojustehnika inseneride seltsi liige / Member of the Estonian Thermal Engineering Engineers Association, Punane 36, 13619 Tallinn, tel 372 553 2910, e-mail ulo.kask@gmail.com

PRIIDU NÕMM

Majandus/economy, AS Utilitas Tallinn, AS Utilitas Eesti, nõukogu esimees / Chairman of the Board, Eesti jõuamade ja kaugkütte ühingu liige / Member of the Estonian Power and Heat Association, Punane 36, 13619 Tallinn, tel 372 610 7115, GSM 372 508 7141, e-mail priidu.nommm@utilitas.ee

REET ROOSALU

Keskkonnaregistri maardlate nimistu, geoloogiline kaardistamine / Directory of Mineral Deposits of the Environmental Register, geological mapping, maa-ameti geoloogia osakonna juhataja / Head of the Department of Geology, Estonian Land Board, maavarade komisjoni esimehe asetäitja / Deputy Chairman of the Commission On Mineral Resources, Mustamäe tee 51, 10621 Tallinn, tel 372 665 0670, e-mail reet.roosalu@maamet.ee

KRISTIINA VIIRON

Toimetaja ja ajakirjanik / Editor and Journalist, AS Ekspress Meedia, Narva mnt 13, 10151 Tallinn, e-mail kristiina.viiron@maaleht.ee

Peatoimetaja / Editor-in-Chief Kristiina Viiron

Narva mnt 13, 10151 Tallinn
kristiina.viiron@maaleht.ee
Keeletoimetaja Helina Koldek
Kujundus Marju Viliberg
Inglise keel Ülo Kask, autorid
Trükikoda AS Aktaprint
1150 eks
Esikaane foto Kaarel Kangur

Vastutus ajakirjas avaldatud arvamuste, uurimuste ja muude kaastööde sisu eest on ainult nende autoritel.

The responsibility for the opinions expressed in the articles, studies and other contributions signed rests solely with their authors.

Sisukokkuvõtted

Summaries

4

KASVUHOONEGAASID/GREENHOUSE GASES

Inimkond enda sepietsetud kliima tõmbetuules: kas sellist Maad me tahame?

Mankind in its own climate draft-wind: Is this the kind of Earth we want? Rein Veski 6

KLIIMANEUTRAALSUS/CLIMATE NEUTRALITY

Kliimaneutraalne Eesti – millal ja kuidas?

Climate neutral Estonia – when and how? Madis Org 14

Energiahüppega kliimaneutraalsuseni – Eesti võimalused eesootaval kümnendil

An Energy Leap Towards Climate Neutrality - Opportunities for Estonia During the Next Decade Mihkel Annus 20

BIOMAJANDUS/BIOECONOMY

Lääne-Eesti teeb ettevalmistusi biomajanduse tegevuskava loomiseks

West-Estonia is preparing a bioeconomy action plan Sulev Alajõe 24

KLIIMANEUTRAALSUS/CLIMATE NEUTRALITY

Eestil on potentsiaali toota kliimasõbralikke transpordikütuseid

Estonia has the potential to produce climate-friendly transport fuels Ain Laidoja 26

VESINIK/HYDROGEN

Vesinik on potentsiaalselt odav ja kohapeal toodetav kütus

The potential of hydrogen as a cheap and locally produced fuel Rasmus Palm 29

ETANOL/ETHANOL

Scania sõidukid kasutavad etanoolkütust

Scania vehicles use ethanol as a fuel Kaur Sarv 32

RINGMAJANDUS/CIRCULAR ECONOMY

Vanarehvid – probleem või võimalus?

Used car tires – a problem or an opportunity? Olga Pihl 34

BIOMAJANDUS/BIOECONOMY

Eesti biokütuste ühingu õppepäev Koksvere biometaanijaamas ja aktsiaseltsis ESRO

EBA Study Day at Koksvere Biomethane Station and ESRO Ltd Ülo Kask, Janita Andrijevskaia 36

TURVAS/PEAT

Eesti turbatööstus kliimaneutraalses maailmas

Estonian peat industry in a climate-neutral world Rein Veski 38

ENERGIAÜHISTUD/ENERGY COMMUNITIES

Oluline samm on astunud – Euroopa Liidus on määratletud energiaühistud

An important step has taken - in the European Union is defined energy communities Nele Ivask, Ülo Kask 40

VARIA

Ajakirjandusülevaade/Press Review Kristiina Viiron

Raamatud/Books Rein Veski 44

Doktorikraadi kaitsmised/Defence of Doctoral Thesis Rein Veski 46

Ajakirja levitatakse Eesti Posti vahendusel või viiakse tasuta kohale vastavalt viimastel aastatel välja kujunenud ja KIK-i ning EBÜ-ga kooskõlastatud jaotuskavale. Saajate hulgas on KIK, keskkonnaministeerium, majandus- ja kommunikatsiooniministeerium, riigikogu, Eesti teaduste akadeemia, Eesti ülikoolid, Eesti turbatootjate liidu, Eesti jõuamade ja kaugkütte ühingu ning Eesti biokütuste ühingu liikmed, valitud Eesti raamatukogud, sh kõik maakondade ja valdade raamatukogud, ning valla- ja maakonnavalitsused, ajakirja autorid, mitmed vastavas valdkonnas tegutsevad äriettevõtted jt.

Praeguse ajakirja PÕLEVAD JA MITTEPÕLEVAD ENERGIAALLIKAD eelkäija EESTI PÕLEV-LOODUSVARAD JA -JÄÄTMED viimaste aastakäikude täistekstidega saate soovi korral tutvuda Eesti biokütuste ühingu kodulehel www.eby.ee / If the reader wishes, he may get acquainted with full texts of the last years' issues of the journals on the Estonian Biofuels Association's home page at www.eby.ee.

Ajakirja väljaandmist rahastas
SA Keskkonnainvesteeringute Keskus.



KESKKONNAINVESTEERINGUTE KESKUS

Summaries



Mankind in its own climate draft-wind: Is this the kind of Earth we want?

Rein Veski

In its development, mankind has reached the point where some of its vital activity products – waste – have, in places, changed the living environment uninhabitable. Recently, a much greater danger has begun to be discussed and decisions taken: since the industrial revolution, the concentration of greenhouse gases in the atmosphere have noticeably increased to reach critical levels. The article focuses on the generation of thermogenic, biological and anthropogenic methane and its atmospheric emissions. We do not have enough the energy to move billions of people to more suitable planet – to spoil it with greenhouses gases. It is high time to learn how to live in our own Ecotope country (after simple living adherent Ernest Callenbach), or rather in the world AnthroEcoTope (anthro human, eco house, topos place) – the home of man.

Climate neutral Estonia – when and how?

Madis Org

The article is based on a study by the Stockholm Environment Institute's Tallinn Center entitled "An Analysis of Opportunities to Increase Estonia's Climate Ambition", which aimed to determine



Foto: Mischa Keijser, Getty

whether Estonia can achieve climate neutrality by 2050. Under current conditions, this will still require decarbonisation of the entire energy and transport sectors.

An Energy Leap Towards Climate Neutrality - Opportunities for Estonia During the Next Decade

Mihkel Annus

The article discusses from what electricity is produced in Estonia when the oil shale time runs out. Wind, sun and biomass are the most supportive part of the

energy portfolio in terms of Estonia's resource potential as fossil fuels are depleted.

West-Estonia is preparing a bioeconomy action plan

Sulev Alajõe

The article gives an overview of the bioresources of West Estonia and what could be developed in the region to promote the bioeconomy. For example, it would be better to collect bio-waste, to process it into feed, to grow fish and algae in a complex way and to build berry production on exhausted peat fields.



Foto: Rauno Volmar

Estonia has the potential to produce climate-friendly transport fuels

Ain Laidoja

Transport decarbonisation options in Estonia.

The cost of alternative fuels and technologies. Taking into account the production cost of biofuels, conversion efficiencies of each technology, taxes and subsidies and incentives and the cost to society. Carbon abatement costs (€/tCO₂) were analysed. To reduce greenhouse gases in transport, the cheapest option is blending ethanol and FAME and the most expensive one is to use CNG. Estonia has enough local resources to cover the need for raw materials for the production of renewable fuels for local consumption.

The potential of hydrogen as a cheap and locally produced fuel

Rasmus Palm

Cheap electricity produced by solar panels could be converted to heat or electricity at a time when electricity is paying a high price again. In addition to the potential economic benefits, the use of hydrogen for energy storage avoids the emission of CO₂ and other environmentally harmful gases and particulates associated with peak load operation of fossil fuel storage plants. By using hydrogen to store excess energy, electricity and heat could be produced from renewable sources alone.



Foto: Ülo Kask

Scania vehicles use ethanol as a fuel

Kaur Sarv

This article talks about the use of ethanol fuels in Scania trucks and buses. Scania will continue to develop ethanol-powered vehicles, especially for Stockholm buses, where technology is constantly being updated. Compared to fossil diesel, the use of renewable bioethanol can reduce CO₂ % emissions by 90%. That is why ethanol has become popular again recently.

Used car tires – a problem or an opportunity?

Olga Pihl

One of the best ways to recycle car tires is pyrolysis. By heating the tires without access to oxygen, combustion is impossible and the tires undergo complex chemical processes to decompose into the raw materials used to make them - the normal hydrocarbons.

EBA Study Day at Koksvere Biomethane Station and ESRO Ltd

Ülo Kask, Janita Andrijevskaia

Estonian Biomass Association paid a visit to its two members: Balti Biomethane Ltd and ESRO Ltd. Balti Biomethane launched the first agricultural biogas-to-biomethane plant in the Baltics (Viljandi county, 2018). ESRO is a long-term successful district heating operator in Viljandi. The article gives an overview of these two companies and provides some technical details.

Estonian peat industry in a climate-neutral world

Rein Veski

The article gives an overview of what was said at the Annual Meeting of the Estonian Peat Association.

An important step has taken - in the European Union is defined energy communities

Nele Ivask, Ülo Kask

The approval of the EU Clean Energy Package and adoption by Member States is an important milestone in creating a tangible precondition for the development of energy communities, especially in the East-European countries where it has not been popular so far. Energy communities are defined in the renewed directives and Member States have an obligation to support and facilitate their activities. Hopefully this will give a strong impulse to Estonia as well and interest towards the topic will increase, every interested person will find the form that suits their needs and finally the first energy cooperatives will be established.



Foto: erakogu

Inimkond enda sepitsetud kliima tõmbetuules: kas sellist Maad me tahame?

Mankind in its own climate draft-wind: Is this the kind of Earth we want?



REIN VESKI

Inimkond on jõudnud oma arengus piirini, kus kõik see, mis tema elutegevusest üle jääb, on muutnud elukeskkonna kohati elamiskõlbmatuks. Viimasel ajal on hakatud arutama ja vastu võtma otsuseid hoopis suurema ohu ärahoidmiseks. Alates tööstusrevolutsioonist on kasvahoonegaaside kontsentratsioon atmosfääris märkamatu tõusnud ja saavutanud kriitilise piiri. Artiklis on põhitähelepanu pühendatud termogeense, bioloogilise ja antropogeense metaani tekkele ning atmosfääriheidetele.

Halvad uudised kuhjuvad

Uudiseid on olnud häid ja halbu. Päeval, kui alustasin oma mõtete koondamist energeetika ja keskkonnaküsimuste kohta, kirjutati Eesti Päevalehes (17.10.2019) merevee tõusust üle tavapärase kolme-meetrise taseme, mis jätkaks majad Pärnus Haapsalu maanteest lõunapoole vee alla ning ujutaks üle Tiskre asumi Tallinnas. Üksnes Kuressaare vanalinn pääseks.

Kliima soojenemine on Eestis kaasa toonud mitmeid negatiivseid nähte, positiivsete pärast eriti ei muretseta. Esialgu ei midagi tapvat, veidi üle 1,3 miljonile kodanikule jätkuks siseriiklike kliimapagulastena ka mujal ruumi.

Sama päeva „Aktuaalses kaameras” näidati suurõppusi Koidula piiripunktis, kus õpetati, kuidas tulla toime tuhandete samal ajal piiri ületavate pagulastega. Lohutuseks – seegi ehk ei ohusta meid lähikümnetel. Õppusel jagati kogemusi Euroopa Liidu lõunapiiril appi minevatele sõjapõgenike ja majandusmigrantide tulva ohjeldajatele.

Kliimapagulaste ja -põgenike tulv Euroopa suunas on aja küsimus. Aastaks 2075 tehtud ennustuse järgi lisandub oo-

keani veetaseme 53-sentimeetrisel tõusul Bangladeshis juba praegu üleujutuste all kannatajatele veel 150 miljonit inimest.

Fossiilkütuse põletamise, ookeani veetaseme tõusu ja kliimapõgenike vahel on positiivne korrelatsioon. Süsinikdioksiid pole ainus inimtekkeline gaas, mis kliimat „kütab” ja ookeanide veetaset tõstab. Kodusid jäetakse maha ka magevee puudumise ja reostatud keskkonna tõttu. Reostaja on inimene ise.

Sama päeva Eesti Päevalehes oligi lugu joogivee saastest isehakanud Donetskis Rahvavabariigi Junkomi kivisöökaevanduses. Seal korraldati 1979. aastal 900 meetri sügavusel eksperimentaalne tuumaplahvatus kaevanduskäikudesse imbuvas metaanivabanemiseks. Rahuotstarbelisi plahvatusi korraldati ka teistes riikides.

Junkomi kaevandus on nüüdseks amendunud, plahvatusel tekkinud radioaktiivset saastet välja pääsemast hoidnud klaasjas kapsel murenemas, veega täitunud kaevandus uputamas naaberkaevandusi ja vesi jõudnud sealt Aasovi merre suubuvasse, eri riike läbivasse Donetsi jõkke.

Rahvaarvult Eestist ligi viis korda ja pindalalt veidi suuremas sõjaseisukorras Donbassis, s.o Donetskis ja Luganski Rahvavabariigis on tiksumas radioaktiivne ajapomm, mis võib põhjustada inimtühja piirkonna, nagu on seda Tšornobõli ümbrus. Isegi rahutingimustes pole lihtne jõuda keskkonda säästvate kokkulepeteni.

Donbassis on veel 1600 tootmisjääke sisaldavat tehisveekogu, 1300 sütt sisaldavat aherainemäge, millest 340 põleb, peale selle veel 4500 keskkonnaohtlikku ettevõtet. Seega igal kaheksal ruutkilomeetril paikneb kas üks ohtlik „järv”, „mägi” või keskkonda saastav ettevõte. Kivisüsi on Donbassis ja mujal jätnud ohtliku jälje maa peale ning kasvahoonegaasidena ka taevasse.

Mis keda või kes mida mõjutab?

Sajandeid tagasi ei tulnud keegi selle pealegi, et inimene võiks oma tegevusega kliimat mõjutada. Selleks polnud ka põhjust. Nii kirjutas prantsuse valgustusfilosoof ja geo-

graafilise determinismi rajaja Montesquieu (1689–1755) raamatus „Seaduste meelelaad” (1748): „Rahva eluolu mingil alal on otseses sõltuvuses keskkonna geograafilisest faktoritest, nagu kliima ja muu.” See kehtib ka praegu, kuid nüüd mõjutab meid meie endi kujundatud kliima.

Möödus sajand ja ühiskonda paremaks muuta soovinud Karl Marx (1818–1883) kirjutas „Teesides Feuerbachi kohta” järgmist: „Inimkond pole võimeline eksisteerima oma keskkonda (maailma, maastiku, liigikaaslaste jt) muutmata ja muutub oma muudetud keskkonna mõjul.”

Liigikaaslaste vahelistest vastuoludest ülesaamiseks tuli tema arvates pehmelt öeldes kiirustada kapitalismilt kommunismile üleminekuga.

Marxi ennustatud tulevik ei tulnud isegi võideldes kätte.

Oleme jõudnud enda kujundatud elukeskkonna säilitamise ja paremaks tegemise eest võitlemise aega. Teades, et inimkonna areng ei seisku välise või *man-made* katastroofita, on selle endast oleneva ärahoidmine saanud viimasel ajal väga suurt tähelepanu.

Erinevalt fotosünteesivatest organismidest, kes ei otsusta oma elutegevussaaduste üle, on inimesel see võime olemas.

Inimene on universumi arengu saadus nii nagu Maa ja seda asustavad organismid. Ta ei peaks ennast pidama Maa haigust põhjustavaks viiruseks, nagu see oli kirjutas Gaia teooria esmaredaktsioonis. Otsustamisvõime annab inimesele võimaluse hoida ära ühiskonna suundumist allakäigutrepile.

Ega ole ka päris selgeks räägitud, kes ja mida peaks tegema või kes peaks võitlema paremate elutingimuste eest Maal. Rootsi teismeline kliimaaktivist Greta Thunberg süüdistas New Yorgis ÜRO kliimatippkohtumisel riigi- ja valitsusjuhte kliimaprobleemidega mittetegelemises, noorte alivedamises ning nende unistuste ja lapsepõlve varastamises.

Mida ette võtta, kui suurriigid pole huvitatud majandusarengu külmutamistest juba sõjalise julgeoleku kaalutlustel? Eesti-sugu-

seid väikeriike huvitab eelkõige majanduslik sõltumatus. Samas on nii riikide, rahvusvaheliste ja muude organisatsioonide kui ka üksikisiku tasemel aru saadud keskkonnanõu parandamise vajalikkusest ning ka vastavaid meetmeid rakendatud.

On see siiras ja kui paljud on nõus tegelikult panustama? Loosungiks tõstetud eesmärk – kliimanetraalsus – õhku paisatavate kasvuhoonegaaside koguse vähendamine kuni Maa on võimeline neid siduma – ei peata juba käivitunud temperatuuritõusu. Nüüdisaja tehnoloogia juures tähendab see paljustki harjumuspärasest loobumist.

Inimesest sõltumatu metaani eritumine atmosfääri. Loomad

Viimasel ajal on käibele võetud kreeka sõnast *antropos* (inimene) tuletatud inimese ajastuks tituleeritud geoloogia mõiste antropotseen, alates millest suurenes inimõhu planeedile Maa drastiliselt. Siiani pole kokku lepitud, kas lugeda ajastu alguseks 12 000–15 000 aasta tagust põllumajandusrevolutsiooni või pärast teist maailmasõda alanud nn Suure Kiirenduse (*Great Acceleration*) aega, aastat 1945, kui inimene jättis tuumapommi plahvatuses (Trinity tuumakatsetus 1945) sajanditeks säiliva radioaktiivse jälje pinnasesse ja puude aastarõngastesse.

Kui algustärmin saab paika pandud, ei hakata loodetavasti eristama inimtegevusega lisandunud antropogeenseid kasvuhoonegaase antropotseenest.

Sauruste eritatud metaani olemasolevate hinnangul tõstnud 65 mln aastat tagasi Maa temperatuuri ühe kraadi võrra. Inimese eellane küttis metsloomi vähemalt paar miljonit aastat tagasi, tekitades keskkonnamuutusi, mida teised loomad polnud varem põhjustanud.

Inimese ilmumise ehk universumi antropogeense arengu etapi alguseks 40 000 aastat tagasi (algusaasta põhjendus vt Veski, 2017) oli osa metsloomi hävitatud. Inimene jätkas alustatud, hävitades enamiku suurmäletsejatest, vähendades sellega kümneteks tuhandeteks aastateks nüüd üheks kõige ohtlikumaks kasvuhoonegaasiks peetava metaani eritamist õhku.

See on üks väheseid juhtumeid, kus inimene vähendas antropogeensete gaaside eritamist õhku, „trikk“, mida nüüd tuleb sunniviisiliselt teha.

Seda vähenemist korvas aga õige pea mäletsejate loomade pidamine. Karjakasvatuse keskkonnamõju ei ole piirunud ainult õhku eritatava metaaniga. Nüüd ollakse üsna veendunud, et 8000 aasta tagune karjatamine põhjustas Sahara ala kõrbestumise (Wright, 2017).

Esimestena kodustati lambad ja kitsed, neist märgatavalt rohkem metaani eritavaid lehma hakati pidama umbes 10 000 aastat tagasi.

Üsna sageli viidatakse Hollandi keemiku, Nobeli auhinna laureaadi Paul Crutzeni (sünd 1933) ja tema kaasautorite mäletsejate eritatava metaani koguseid käsitlevale tööle (Crutzen *et al.*, 1986). Ta

on veel tuntud antropotseeni kui geoloogilise ajastu väljapakkujana, sidudes selle alguse James Watti aurumasinaga leiutamise aastaga 1784. Tuge sai ta oma atmosfääri osoon ja metaani uuringutest.

Viidatud töös loeti selgrootute, peamiselt termiitide toodetava metaani ülemiseks piiriks 28 mln tonni, viidates sellest tunduvalt erinevatele varasematele hinnangutele. Koduloomad eritasid 1983. aasta andmetel metaani järgmiselt: lambad 6,9, lehmad 54,3, pühvlid 6,2, kitsed 2,4, kaamelid 1,0, hobused 1,2, muulad ja eeslid 0,5 ning inimesed 0,3, kokku 73,7 mln tonni aastas.

Kodustamata mäletsejate panus 2,4 mln tonni aastas oli tühine kodustatutega võrreldes. Viimase 100 aasta jooksul suurenes loomade, kaasa arvatud kodustamata mäletsejate eritatud metaani kogus 21 mln tonnilt 78 mln tonnini, millest 60 mln tonni andsid veised ja pühvlid. Võrdluseks nende loomade metaanieritus 1940. aastal – 46 mln tonni, mis suurenes loomade arvukuse kasvuga viimastel aastakümnetel ligikaudu 1,1% aastas.

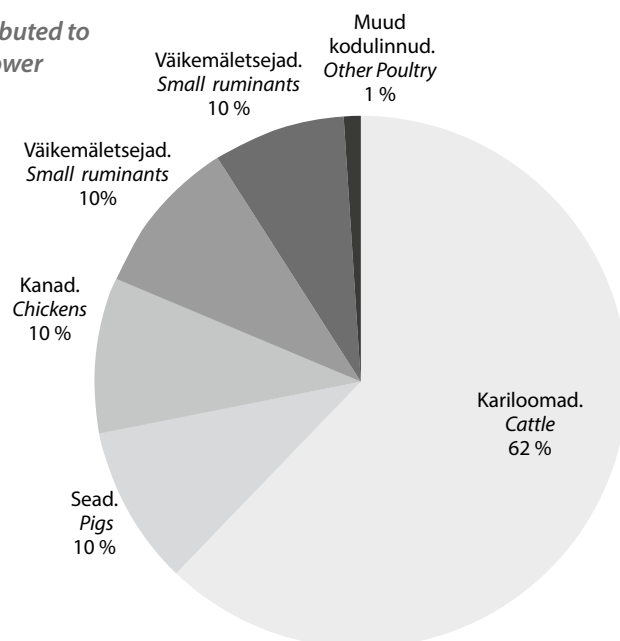
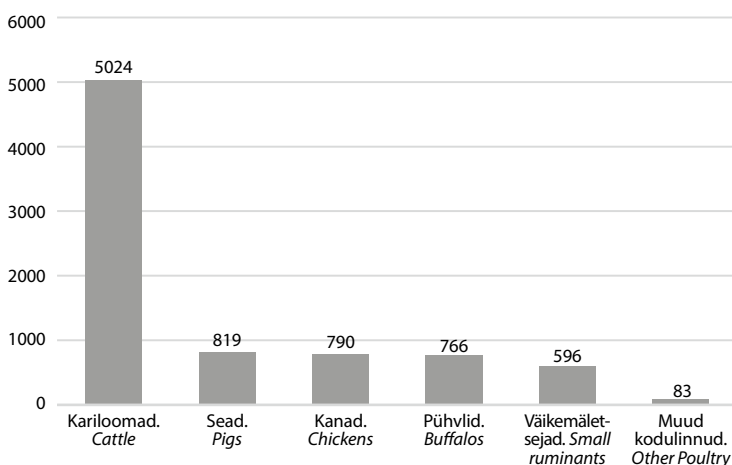
Juba nimetatud 78 mln tonni moodustas tollastel hinnangutel 15–25% kogu troposfääri eritatud metaanist, mis oli erinevate autorite arvates 300–500 mln tonni aastas. Loomade eritatu oli ligilähedaselt kaks korda suurem söe kaevandamisest ja maagaasi ammutamisest õhku sattuvast metaanist ja koguselt võrreldav riisiväljadelt erituva 70–130 mln tonni metaaniga (Crutzen *et al.*, 1986).

JOONIS 1.

FAO hinnang ülemaailmse toidu, veoloomade, villaks jm otstarbel kasvatatud koduloomade kasvuhoonegaaside erituse kohta mln t CO₂ekv ja (parempoolne) protsentides (Global Livestock ..., 2019).

FIGURE 1.

Global estimates of domestic animals emissions incl. emissions attributed to edible products and to other goods and services, such as draught power and wool by FAO million tonnes CO₂eq and in percentages (right figure) (Global Livestock ..., 2019).



Hilisemate andmete järgi on loomade eritus suurenenud ümmarguse 100 mln tonnini aastas (kodustamata 15 pluss kodustatute keskmine 84 mln tonni (kõikumine 76–92)).

Inimesest sõltumatu metaani õhku eritumine oli järgmine: märgalad 174 (kõikumine 100–231), termiidid 22 (20–29), ookeanid 10 (4–14), metaanhüdraadid 5 (4–5), geoloogilised 9 (4–14), juba nimetatud metsloomad 15 (15), tulekahjud 3 (2–5), kokku 238 (149–319) mln tonni aastas (Metaani ..., 2019).

Koduloomade 2010. aastal õhku paisatud kasvuhoonegaaside kogust hinnati ligi 8,1 mld tonnile CO₂ekv, millest suurema osa andsid kariloomad veidi üle 5 mld tonniga (joonis 1, Global Livestock ..., 2019).

Täpsemaid andmeid võib leida loomaliigiti. Metaani ümberarvutamise koefitsient – 34 ja diämmastikoksiidil (N₂O) – 296. Metaani osatähtsus kasvuhoonegaasides oli hinnanguliselt 50, CO₂-l 26 ja N₂O-l 24%. Viimane eritub peamiselt sõnnikuhoidlatest ammoniaagi lagunemisel. Erinevaid meetmeid rakendades peeti võimalikuks vähendada neid heitmeid kolmandiku võrra.

Eesti seitsmenda kliimaaruande järgi (Eesti ..., 2017) oli riigi CH₄ heitkogus 2015. aastal veidi üle 1 mln tonni. Arvutusel pole arvestatud maakasutuse, selle muutuse ja metsandusega ega kasvuhoonegaaside sidujatega. Samadel tingimustel oli N₂O heitkogus 0,87 mln tonni.

Metaani kuhjub atmosfääri

Atmosfääri paisataval metaanil on inimese nägu. Inimtekkelise ehk antropogeense metaani õhku eritumist on allikapõhiselt hinnatud mitmeti, koduloomadest oli juttu eelmises alapunktis. Inimese tegevusega on seotud maagaasiseadmed, kivisõekaevandused, naftatööstus, söe põletamine, koduloomade eritised, riisipõllud, biomassi põletamine, prügilad, loomsed ning kodumajapidamises tekkivad jäätmed, eritades vastavalt 40, 30, 15, 15, 85, 60, 40, 40, 25 ja 25, kokku 375 mln tonni CH₄ aastas. Lisades inimesest sõltumatu osa 160 (sh märgalad 115, termiidid 20 ja ookeanid 10 mln t/a), saame kokku 535 mln tonni metaani aastas, kus antropogeenne osa moodustab ligikaudu 70%.

Põhjalikuma ettekujutuse annavad Global Carbon Projecti (joonis 2) andmed, näidates samas, kui vähe saame olla kindlad atmosfääriheidete tegelike väärtustes: joonise tekstiossa paigutatud erineva meetodiga määratud keskmised kogused kõiguvad kohati kordades. Kasutatud on alt-üles (AÜ, *bottom-up* – BU) ja ülalt-

alla (ÜA, *top-down* – TD) meetodikat.

Keskmiised pole aritmeetilised, need arvestavad komponentide osatähtsust, mis on erineva täpsusega määratavad. Suurim ebaselgus on veekogudest, maapõuest ja igikeltsast erituva ning metsloomade ja termiitide eritatava metaani kogustes. Pole täpset ülevaadet metsloomade arvukusest liigiti, andmed kabjaliste kohta olevat veelgi puudulikud.

Ühes teises samal aastal ilmunud publikatsioonis (Metaani ..., 2019) on heiteliigid veidi teisiti grupeeritud (kesk-

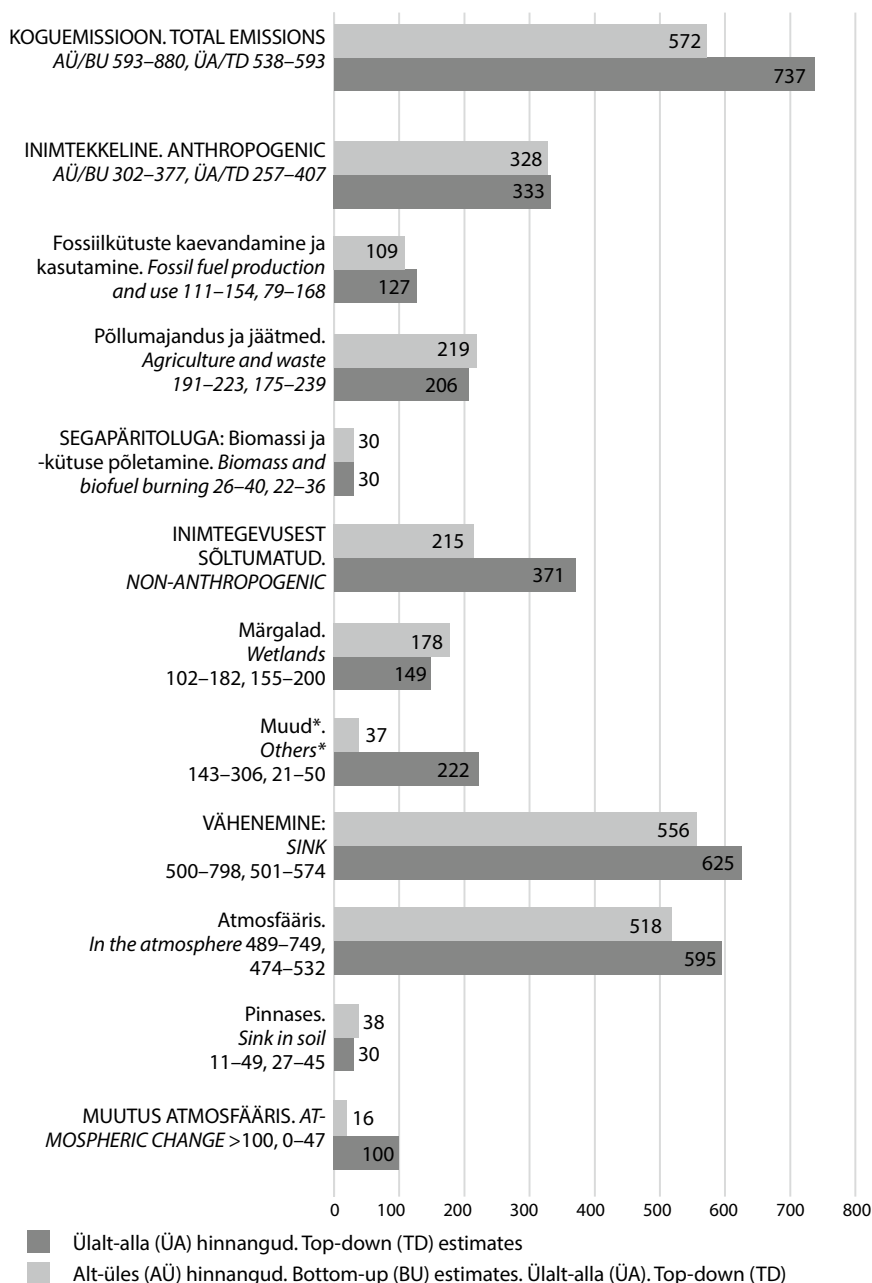
mine, sulgudes piirid): söekaevandamine 36 (30–46), gaasi ja nafta ammutamine, tööstus 61 (52–58), prügilad ja jäätmed 54 (35–69), mäletsejad 84 (76–92), riisikasvatuse 54 (31–83), biomassi põletamine 47 (14–88), kokku 336 (238–446) mln tonni CH₄ aastas. Peale selle inimtegevusest sõltumatud allikad – 238 (149–319), kokku 574 (384–765) mln tonni CH₄ aastas, millest põhiosa – 336 (484–586) laguneb troposfääris, kuhjumine atmosfääri seega 38 (–199±281) mln tonni CH₄ aastas.

Nagu näha, siis üksmeelt tegelike me-

JOONIS 2.

Ülemaailmne metaani bilanss aastate 2008–2017 kohta mln t ehk Tg (Allikas: Global Carbon ..., 2019).

FIGURE 2. Global methane budget for the 2008–2017 Tg CH₄ yr⁻¹ (Source: Global Carbon ..., 2019).



taanikoguste pihkumise ja lagunemise kohta atmosfääris pole. Andmete vähesuse üle kurta ei saa.

Olemas on ka märgalasid eristavad andmed: põhamärgalad 30 ja lõunamärgalad 200, metaanhüdraadid 5, kivisöe kaevandamine 40, maagaasi ammutamine 63, biomassi põletamine 31, mäletsejad 110, prügimäed 27, heitvesi 29, riisipõllud 33 ja termiidid 22, kokku 588 mln tonni (Tg) CH₄ aastas (Warwick *et al.*, 2016).

Inimese versus kariloomade õhku paisatav metaan

Inimese kõhutuul kipub tunduma kõige inimtekkelisem, antropogeensem kasvuhooonegaas. Inimese metaanieritus on hinnanguliselt 40–50 grammi aastas ja üle kolmekümne aasta taguse 4,7 miljardi inimese kohta väga ümardatult 200 000 tonni aastas, mis on väga väike võrreldes tema kariloomade toodetavaga (Crutzen *et al.*, 1986).

Täpsem arvutus enam nii üheseid arve ei anna. Inimkehast erituva metaani kogus oleneb soost, vanusest ja etnilisest kuuluvusest, see on alates tööstusliku revolutsiooni alguse 34 000 ± 28 000 tonnist kasvanud 2017. aastaks ligi kümnekordseks – 344 000 ± 255 000 ja tõuseb arvatavasti aastaks 2100 veel kuni neljakordseks – 1,221 ± 0,672 mln tonni aastas, vaatamata samaaegsele inimeste arvu eeldatavale kasvule 50% (Polag, Keppler, 2019). Inimesed eritavad metaani veidi rohkem kui Eesti riik.

Biolagunevad jäätmed on nüüdisaja mõiste. Väljaheited olid esimesed taolised, millega inimkond kokku puutus. Neid hakati üsna varakult elukohast lahus hoidma. Esimesed ja kõige lihtsamad käimlad kujutasid endast auku maa sees.

Paiksed asurkonnad vajasisid nutikamaid lahendusi. Käimlate ja kanalisatsioonisüsteemide ühe varaseima lahenduse näiteks on UNESCO maailmapärandi nimekirja kuuluva 5100–4500 aastat tagasi asustatud Šotimaa Skara Brae neoliitikumiaegse küla algeline kanalisatsioon ja latriinid.

Hiljem hakati häda tegemiseks rajama keerukamaid ehitisi. Kreeka ja Rooma öitsenguaegadel võis leida isegi teisel korrusel asuvaid eratualette. Nii hoiti ära katku- ja teiste nakkushaiguste puhanguid. Oma elutalituse saadused juhiti kas jõkke või merre, millega seoses paranes asustatud alade elukeskkond, kuid halvenes joogivee kvaliteet.

Olmejäätmed andsid inimesele esimesena märku tema muudetud keskkonna ebasobivast vastumõjust elukvaliteedile.

Ajapikku asendus jäätmete eemaldamine nende taaskasutamisega. Loomade väljaheited leidsid tee põllule. Väljaheited, reoveesetted ja muud biolagunevad jäätmed sobivad metaani tootmiseks.

Hiinas on talupoegi, kes käärivad metaani koduseks tarbimiseks kasvuhooonesse ehitatud käimla all olevas tankis. Jääk leiab kasutust väetisena. Hea näide hajutatud tootmisest oma tarbeks ajal, kui põllumajandusloomade väljaheited on juba leidnud üha ulatuslikumat rakendamist biometaani suurtootmisel.

Kasutusele on võetud olmeprügimägedes tekkiv süsinikdioksiidilisandiga metaan. Kuid sellega inimtegevusega kaasneva metaani teke ei piirdu: seda eritub enne käärimisele jõudmist karjalautades mäletsejate sõnnikust ja rõhitsemisel. Seda eritub rohkem kui poolt maailma rahvastikku toitvatelt riisipõldudel – kunstlikelt märgaladelt. Seni oli jutt elanike olme ja põllumajandusega seotud metaanist.

Jäätmeseadus reguleerib koduloomapidamist ega pea karjamaale jäetud lehmakooke keskkonnareostuseks. Neid ei maksustata. Metsloomade väljaheiteid ei peeta samuti reostusaineks. Inimese keha metaanieritust ei hakata kunagi maksustama.

Lehma- või lambamaksu kehtestamist on arutatud juba mitmes riigis. Näiteks Uus-Meremaal, kus farmides eritub ligilähedase 90% riigi atmosfääri pihkuvast metaanist. Nende hinnangul sõi arvestuslehm päevas 50 kg heina, eritas metaani 350 ja CO₂ 1500 liitrit ööpäevas, mille eest tulnuks farmeril maksta piimaliitrist 0,046 ja 500-pealise farmi eest 300 Uus-Meremaa dollarit (1 NZD = ~0,58 €).

Põllumajanduses eritub veel teisi kasvuhooonegaase, näiteks dilämmastikoksiidi N₂O ehk naerugaasi ja ammoniaaki. Kasvuhooonegaasiks peetakse veel veeauru ja osooni – kolmest hapniku aatomist koosnevat molekuli. Veeauru kohta arvestust ei peeta, sest selle kogus on läbi aegade enam-vähem sama.

Selle loo lugejatele võib huvi pakkuda veel Crutzeni arvamus biokütuste põletamisel tekkiva N₂O suuremast panusest kliima soojenemisele, kui seda annaks asendatud fossiilkütuse põletamine.

Eesti keskkonnatasude seadus ei näe ette põllumeestele kuuluvate mäletsejate tekitatud metaani maksustamist, kuid katse maksustada ikkagi tehti.

Ajakirja Eesti Põlevloodusvarad ja -jäätmed 2009. aasta kirjandusülevaates kirjutati riigikogu sekeldustest juba vastuvõetud nn lehmapeerumaksu tühistamisel. Lehma metaanitootlikkuseks

hinnati 100 kilogrammi aastas. Nii oleks pidanud maksukohustuslastelt laekuma 2008. aastal 5,5 ja aasta hiljem 6,5 mln krooni. Mujal Euroopa Liidus peetakse lehmametaani kohta arvestust, kuid seda ei maksustata.

Ajakirjandus puhus meie lehmapeerumaksu teema üles. Ilmusid kirjutised, kus taluperenaine kinnitas, et lehm ei peereta, vaid laseb kõik koos paksuga välja. Nüüdisaja mäletsejate metaan tekib tegelikult mitmekambrilise liitmao esmasos ehk vatsas mikroorganismide toimel ja eritub põhiliselt rõhitsemisel.

Parlamendi peearutlusi peeti tööõnnetuseks ja kapsaid, ubasid või herneid ülemäära söönud inimesi ohtlikeks metaanieritajateks. Viljandis tehti vanadest autoosadest keskkonnasäästlikud tehno-lehmad: pole kõhutuult, pole vaja maksu koguda, kuid pole ka piima ega liha.

Metaanhüdraadid – kas geokeemilised viitpommid?

Ookeanivee tõus on kliimasoojenemise tagajärg. Kliima soojenemine võib positiivse tagasiside mehhanismi kaudu autokatalüütiliselt soodustada põhjasetetes ja igikeltsas olevate metaanhüdraatide lagunemist, mida nimetatakse veesisalduse tõttu veel metaanjääks, põlevaks jääks, kuid ka metaanklatraatideks. Need on tahked ühendid, valemiga (CH₄)₄(H₂O)₂₃, milles metaani osatähtsus on 13,4%. See suhe võib veidi varieeruda.

Hüdraadid kuhjuvad setetes kahekraadisel temperatuuril vähemalt 300 m sügavusel merepõhjas. Need on veest veidi kergemad ja võivad veekogude põhjasetetest neid kaitsva kooriku nõrgenemisel pinnale kerkida ning laguneda või laguneda põhjatemperatuuri tõusu korral. Metaanhüdraatide varu on viimastel aastatel veidi allapoole hinnatud, kuid on 500–2500 süsiniku gigatonni ehk mld tonniga (Gt = 10⁹ tonni) suurem kui maagaasi umbes 230 TgC suurune varu, teiste kütuste varu maapõues on hinnanguliselt 5000 GtC (Methane clathrates, 2019), kilodagaasis näiteks umbes 540 GtC. Võrdluseks: atmosfääris on süsinikule arvatud süsinikdioksiidi 810 ja veekogudes kokku 36 000 GtC (Carbon, 2019).

Suur osa eriteadlastest arvab siiski, et metaanhüdraatide lagunemisoht pole suur, sest need asuvad sügaval põhjasetetes, kuhu temperatuuritõus ei ulatu. Tõus ei ulatu ka sügavamale igikeltsa alla metaanhüdraate lagundama. Teoreetiliste arvutuste alusel põhjustaks kliimakatastroofi vaid 0,05% hüdraatide lagunemine.

Avaldasin sügaval energiakriisi ajal



Foto. Õhumullidega vesi ei kannu. Kazõri jõe kärestikku läbivast kahesest matkasüstast annab märku ainult veest väljaulatuv aeruots. On arutatud, mis juhtub laevaga mullitavas metaanis purunenud maagaasitoru või merepõhja ootamatult tekkinud ligi kilomeetrise läbimõõduga kraatri kohal.

Photo. Air bubbles in water do not help to float objects. The hiking canoe crossing the bubbling rapids of the Kazyr River – the only visible part is the oars tip. What will happen to carrier ships crossing the destroyed natural gas pipeline or large methane crater suddenly arousing from the bottom of the sea?

artikli gaashüdriididest (Veski, 1993), kirjutades: „Energiakriisi käes vaevlevale Eesti Vabariigile kuluks oma nafta- ja gaasileiukohad küll marjaks ära, ja miks mitte ka gaasihüdraadid koos sobiva tehnilise lahendusega nende tootmiseks. Kuid meie madalad rannikumered gaasihüdraatide otsimiseks erilist optimismi ei sisenda.”

Olin sunnitud selle teemaga tegelema, kui märtsis 1992 pakkusid vene teadlased vabariigi valitsusele oma abi meie vabariigi mandri ja Läänemere šelfi all paiknevate paksude kristalliliste gaasihüdraatide vahekihtide kasutusele võtmisel. Olin üks esmatasandi arvamuse avaldaja akadeemilises hierarhias.

Ma olin metaanhüdraatide teemasse mingil määral süvenenud juba Leningradis VNIGRI-s 1988. aasta oktoobris toimunud esimesel üleliidulisel konverentsil „Süsiivesinike mittetraditsioonilised varud ja nende kasutamine”.

Oleksin võinud kohe eitavalt vastata, sest troopiline meri, kus Eesti aluskord moodustus, oli madalaveeline. Artikkel sündis järelehuvi ja on vast siiani üks ülevaatlikematest eesti keeles.

Metaanhüdraatide tootmine on alles nüüd jõudnud katsetamisjärku, Hiina

ja Jaapan alustavad arvatavasti aastal 2020 tööstuslikku tootmist ning suure tõenäosusega toodetakse hüdraatidest aastal 2025 ligi 67 mln m³ metaani (Methane hydrate, 2019). Seega, kui Eestis oleksidki olnud metaanhüdraadivarud, oleks puudunud tehnoloogia metaani tootmiseks. Mida veel Eesti aladel pole – kildagaasi. Tingimused selle tekkeks puuduvad. Me ei saa täielikult välistada, et jääaegadel võis jääkooriku alla koguneda metaanhüdraate, mis jää sulades õhku haihtusid.

Merepõhjast maapinnale tagasi tulles: Jamali poolsaarel avastatud salapärased suured ja sügavad augud osutavad veel ühele võimalusele, et metaani võib kontrollimatult atmosfääri erituda. Varem neist ei teatud, nüüd on neid põhjaaladelt leitud tuhandeid ja lisa veel Barentsi mere põhjast. Merest on leitud kuni kilomeetrise läbimõõduga kraatreid. Arvatakse, et lõksu jäänud metaan otsib surve suurenedes väljapääsu plahvatuse teel (Arctic ..., 2019).

Need on kui igikeltsa metaanipommid, mis vabastavad plahvatades pinna lähedale kogunenud metaani, valmistades ette geokeemilist kliimaviitpomi. Ohtu süvendab Arktika alade tem-

peratuuri suurem tõus teiste aladega võrreldes. Aukude teket on seotud kliima soojenemisega. Üks tõukab teist tagant.

Geokeemiline viitpomm on kujundlik mõiste. Mõni taoline plahvatus võib olla juba alanud, me lihtsalt ei ole sellest teadlikud ja pole teada, millal me selle vilju maitsuma hakkame. Kui kuskil merepõhjas vallanduksid gaashüdraadid, upuks sealt üle sõitev laev mullivees. Olen ise midagi taolist üle elanud Sajaanides jõe kärestikust alla sõites. Pildistasime uljast tegu kordamööda.

Pärast piltide ilmutamist oli näha kärestikku ja tähelepanelikul vaatamisel ka ülestõstetud aerulaba, kuid mitte kiivrites peanuppe, rääkimata süstast, mis oli vajunud mullitavasse vette. Jõevool kannab sind kiiresti rahulikkusse vette, mida merel loot pole. Kui rajati Nord Streami gaasijuhet, arutati samuti, mis võib ees oodata purunenud gaasitorust üle sõitvat alust. Eks ikka märg haud.

Metaani on leitud ka Antarktika liustike alt, mille kogus võistleb igikeltsas olevaga. Veel tuntakse hirmu ammustel aegadel lõksu jäänud viiruste vallapääsu üle, mille toime võib elusorganismidele saatuslikuks saada.

Bolšezemelskaja tundra helesinised järved

Minu isiklik kokkupuude tundraalade metaanieritistega sai alguse Minskis üleliidulisel järvede konverentsil, kus kohtusin Leningradis asuva üleliidulise nafta teadusliku geoloogialuure instituu-di uurimisrühma juhiga. Ta otsis vastust teda aastaid vaevanud küsimusele, miks tundra heledaveeliste järvede alt leitakse puurimisel sagedamini nafta- ja gaasi-maardlaid kui tumedaveeliste alt. Eesti geoloogid viisid mind temaga kokku ja ta seedis paar aastat minu hüpoteesi, enne kui sõandas mind ekspeditsioonile kut-suda.

Tollal juba teati suvisest-sesoonsest tundra järvedest ja pinnasest erituvast metaanist. Pinnasest erituvaks osaks hinnati ligikaudu 10% globaalsest me-taanieritusest. Vähem teadvustati Maa „süivesinikhingamist” (*„улеводородное дыхание”*), mille üle teaduskirjanduses eriti ei arutata, kuid millest ukraina-ve-ne teadlane Vladimir Vernadski (1863–1945) kirjutas kui planeet Maa „gaaside hingamisest” – gaasiärastusest.

Meie geoloogidele tuttav akadeemik Aleksandr Sidorenko (1917–1982) kir-jutas 4,55 miljardit aastat tagasi alanud eelkambriumi kivimeid uurides Maa aja-loole olulisest süsinikdioksiidi ja süsive-sinike – peamiselt metaani – hingusest. Maa sügavusest pinna poole tõusvaid gaase on seotud ka hilisemate orgaanilist ainet sisaldavate kivimitega.

Hinguse all mõeldi termogeenselt tek-kivaid gaase. Need segunevad biogeen-setega, mis erituvad soodest ja teistelt märgaladelt. Osa taolisest hingusest, mis võib sisaldada ka lämmastikku, vesinik-ku, heeliumi, argooni ja teisi gaase või teisi lihtsamaid keemilisi ühendid, on jõudnud ja jõuab aastamiljardite jooksul Maa pinna või tektooniliste rikete kaudu kohati jugadena atmosfääri.

Kosmosefotode abiga on nüüdisajal võimalik tuvastada nafta ja maagaasi leiukohtade kohal moodustunud termo-geokeemiliste, magnetiliste, elektriliste ja muude väljade anomaaliat ning maastiku geobotaanilisi erinevusi. Kõike seda eks-peditsioonile minnes ei teatud.

Minu hüpoteesi järgi põhjustas süsi-vesinike paikondlikult suurem eritu-mine (hingus) metaani energiaallikana tarvitavate mikroorganismide vohamist veekogudes. Neil on võime tarbida koos-toitumise käigus põhitoidu juurde keeru-lisema koostisega ühendeid – antud juhul turbapinnasest järve voolavat vett tume-daks värvivaid humiin- ja fulvohappeid.

Kui nii, siis pidi nende elutegevuse tulemusena tekkima heledate järvede põhja – erinevalt tumeveelistest – tüse sapropeeli kiht. Leningradlaste teada olid kõik rabajärved setetevaesed ja nad ei võtnud kaasa minu tungivalt soovit-atud järvesetete puure. Kui nad poleks taibanud vahetult enne helikopteri õh-kutõusmist haarata ühes mõned pikad kepid, oleks minu kaasamine olnud üdini mõttetu. Lendasime 1990. aasta juuli lõ-pus Vorkutast Neenetsi rahvusringkoda Bolšezemelskaja tundrassa. Pinnakiht oli sulanud, allapoole jäi igikelts ja selle alla see, mida olime jahtima läinud, peale sel-le veel muud põlevmaavarad.

Pressisime suurelt kummipaadilt oma-vahel ühendatult ridvad turbaga ümb-ritsetud heledate järvede setetesse. Need osutusid ennustusekohaselt tüsedateks. Määrduvad ritvadelt kogutud sapropee-liproove analüüsisime keemiainstituudis. Selgus, et need olid karbonaatidevabad, orgaanilise aine sisaldus oli väga kõikuv, samuti humiinhapete sisaldus. Oli veel või-malus, et osa värvi andvaid ühendeid set-tis koos muu orgaanikaga veekogu põhja. Järve kaldalt leitud poolkuivanud ja mada-laveelise järve põhjast leitud vetikamatid osutusid ränivetikate kolooniateks.

Leningradi bioloogide määrangul si-saldas ühe gaasi pursanud heledaveeli-se järve sapropeel lisaks varem oletatud tsüanobakteritele ka kolooniaid moo-dustavaid ränivetikaid ehk diatomeesid. Gaas sisaldas 69% metaani ja 31% läm-mastikku. Metaani süsiniku $\delta^{13}\text{C}$ –49,4‰ viitas gaasi eritumisele kuni 1500 meetri sügavusest.

Hinnang põhines põhja pool paikneva Varandei ala määrangutel, kus üle 2500 meetri sügavuses oli $\delta^{13}\text{C}$ –35 ja 1000 meetri sügavuses – $\delta^{13}\text{C}$ –61‰.

Kui süveneda erialasesse kirjandus-se, siis olid seal põhjapanevate järeldus-te tegemisel kasutusel lisamääramised. Enamikus töödes peetakse piiriks mik-robioloogilise ja termogeense metaani vahel $\delta^{13}\text{C}$ –55, mikrobioloogilisel on see väiksem, termogeenselt suurem. Sellest on lihtsam aru saada, kui panna tähele mii-nusmärke arvude ees.

Riisipõldudelt eritaval metaanil on $\delta^{13}\text{C}$ keskmiselt –62,2, märgaladelt –61,5 ja söekavanduses erituval – meie ekspe-ditsioonil võetud gaasi näiduga võrdselt –49,5, tavamaagaasil on see –44 ja kilda-gaasil –42,5 (Sherwood *et al.*, 2017). Nii võisime olla kindlad, et tegu polnud suvi-ti vabaneva mikrobioloogilise päritoluga gaasiga. Põhja märgalade metaani $\delta^{13}\text{C}$ –70 võrreldes lõunamaade –55-ga vaid

kinnitab seda, sama väärtusega on me-taanhüdraadid (Warwick, 2016).

Veel samal aastal puurisid kohalikud geoloogid Lääne-Siberi valge liivapõhjaga helesiniseid järvi, sete oli kuni 4 meetri sügavuseni orgaanikast tingitud kakao ja kohvi vahepealset värvi ning sisaldas algloomi, kes toitunud arvatavasti siniveti-katest. Tundus, et meie ekspeditsioon oli andnud uue suuna nafta- ja gaasileiukoh-tade uuringutele. Aasta hiljem Eesti taas-iseseisvus ja tööalased sidemed vene naf-taleiukohtade luurajatega katkesid. Mida tuleks artikli teema koha pealt rõhutada: olenemata päritolust, on heledate järvede põhja tekkinud setted vähendanud süva-metaani eritust atmosfääri.

Inimkond ja kasvuhoonegaasid

Inimtekkelist süsinikdioksiidi nimeta-takse antropogeenseks. Inimese eellase ja universumi antropogeense ajastu esi-meste inimeste lõketest õhku paisatud süsinikdioksiidi kogus oli tühine võr-reldes vulkaanikraatritest ning mujalt maapõuest õhku pihkuvaga. Oma osa andsid iseeneslikult vallandunud metsa-ja muud maastiku-, aga ka maa-alused kivisöe- või teiste kütuste lademetete põ-lengud. Ajakirjas Põlevad ja Mittepõlevad Energiaallikad tehti tagasivaade maailma energiakasutusele. Arvutuste järgi paisa-ti 1850. aastal kivisöe põletamisel õhku süsinikdioksiidi süsinikule arvestatuna 54 000 ja 1945. juba 820 000 tonni ning aastal 2013 – 3,578 mln tonni süsinikku. Biokütuste osatähtsus langes 90-lt kuni 23 protsendini (Veski, 2016).

Nii muutus inimkond kivisöe laialda-sema kasutuselevõtuga juba ajavahemi-kus 1850–1870 vulkaanidest suuremaks kasvuhoonegaaside õhku paiskajaks. Ühtede hinnangute järgi on nüüdisaja inimkonna CO₂ koguheidde atmosfääri vulkaanide omast 100, teiste arvates 60 korda suurem.

Kivisöele lisandusid muude kütuste põletamisel erituv süsinikdioksiid, sum-maarsesse kasvuhoonegaaside üldarves-tusse veel mõned teised gaasid. Kui aastal 1900 olid need eritused CO₂-le arvatatuna 1,957, siis aastal 2018 juba 36, 831 mld t, kasv ligi 19-kordne, viimase aasta kasv oli seitsme aasta suurim.

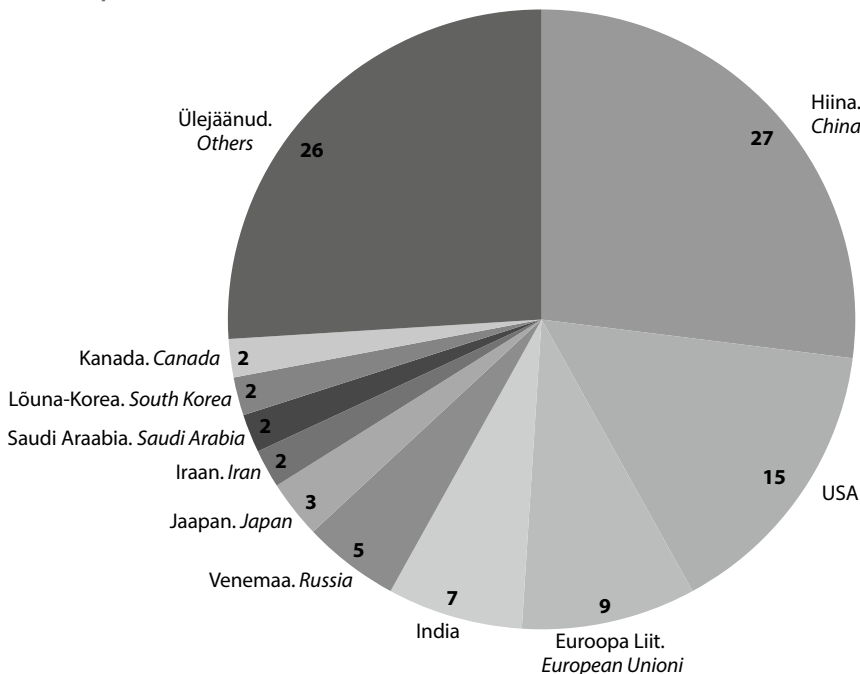
Suurima heitega riikide nimed on joo-niselt näha, nende hulgas kolmandana Euroopa Liit, allpool veel kümne esime-se hulka mahtuvad Jaapan, Iraan, Saudi Araabia, Lõuna-Korea ja Kanada ning heledamas alumises osas ülejäänud riigid (joonis 3, Tollefson, 2019).

JOONIS 3.

Globaalse kasvuhoonegaaside heite osatähtsus riigiti aastal 2018: fossiilkütuste põletamine, metsaraie, põllumajandus ja muu maastikke mõjutav inimtegevus protsentides. (Allikas: Tollefson, 2019 ja Global Carbon ..., 2019).

FIGURE 3.

The total share of greenhouse gases emissions by country at 2018: burning of fossil fuels, deforestation, agriculture and other human activities that affect the landscape % (Source: Tollefson, 2019 and Global Carbon ..., 2019).



Pariisi kliimakonverents seadis eesmärgi vähendada riikidega kokkulepitud tegevuskavade alusel kasvuhoonegaaside heitmeid hoidmaks Maa keskmine temperatuuritõus võrreldes tööstusrevolutsioonieelse ajaga alla 2 °C. Eesmärgid aastateks 2020 ja 2030 on seatud, 2050. aastale koostamisel.

100-aastase elueaga CO₂ mõju atmosfääris kasvuhoonegaasina on arvutustes 1, metaanil 25 (eluiga 12 aastat), diilmastikoksiidil (N₂O) 298 (eluiga 114 aastat), väga väikestes kogustes atmosfääri pihkunud külmutites kasutatavatel fluori sisaldavatel gaasidel, nagu CCl₂F₂ 11 (eluiga 100 aastat) ja CHF₃ 15 (eluiga 270 aastat), elektriülekanetes kasutusel oleval väävelheksafluoriidil SF₆ 23 (eluiga 3 aastat), pooljuhtmaterjalide tööstuses kasutataval lämmastiktrifluoriidil NF₃ 17 (eluiga 740 aastat) (Main ..., 2019). Suurima kasvuhooneefekti andev veeaur arvesse ei tule, sest arvatakse, et inimtegevus seda ei mõjuta.

Peamiselt põllumajandusliku metaani ja energeetika ning transpordiga seotud diilmastikoksiidi kontsentratsioonid on olnud atmosfääris läbi aegade tõusu teel, alates aastast 1750 on metaani kogus atmosfääris kasvanud 150%.

See kasv oleks võinud olla suurem, kui metaan poleks atmosfääris üks enim lagunemisaldis kasvuhoonegaase. Süsinikdioksiidi oli atmosfääris rekordkoguses 2018. aastal – 407,4 miljondikku (ppm), olles suurenenud 2 ppm/a. 300 ppm või veidi alla selle oli see näitaja sadu tuhandeid aastaid tagasi.

Eesti umbes 0,2 mld tonni suurune kasvuhoonegaaside eritus moodustas Euroopa Liidu liikmesriikide heidetest umbes 0,5%, maailma omadest 0,06%. Keskkonnaministeeriumi andmetel on Eesti heited alates 1990. aastast 2017. aastani vähenenud 48,4%. Vähendada on vaja ja kui teised riigid peaksid sellega hakkama saama, peame ka meie. 2020. aasta ülesannetega ollakse hakkama saamas.

Riikidel on põhimõtteliselt olemas hoovad kliimaohu vähendamiseks, küsimus on, kuidas neid keerulises rahvusvahelises olukorras riigi huve arvestades kasutada. Meie põhiseaduse esimene paragrahv kõlab: „Eesti on iseseisev ja sõltumatu demokraatlik vabariik, kus kõrgeima riigivõimu kandja on rahvas”.

Eks see ole nii veel paljudes teistes riikides, mõnes ennemini deklaratiivne kui sisuline. Iseseisvuse ja sõltumatuse tagab majanduskasv ning mida suurem see on

võrreldes ümbritsevate riikidega, seda kindlamini on tagatud sõltumatus.

Eesti pole siin see kõige õigem näide. Jutt on suurriikidest, kes teevad panuse majanduskasvu ja sõjalise võimsuse suurenemisele iga hinna eest või peaaegu iga hinna eest, kui arvestada näiteks Pariisi kokkulepet.

Novembris 2019 teavitas USA president Donald Trump ÜRO-d ametlikult Pariisi kliimaleppest lahkumisest. See oli järjekordne samm riigi välispoliitikas, mis võttis aluseks loosungi *America First* ja haakus ka hiljutise presidendikampaania loosungiga *Make America Great Again*.

Seda esimest on tõlgendatud Ameerika natsionalismi, unilateraalsuse, proteksionismi ja isolatsioonina. Need tunnused või siis mõni neist on olemas mitmel riigil, mis rahvusvahelist koostööd halvendavad.

Sellele vaatamata on riigid kliimakokkuleppega ühinenud, v.a Vatikan. Lepet polnud 30.12.2019 seisuga ratifitseerinud Angola, Eritrea, Iraan, Iraak, Kõrgõzstan, Liibanon, Liibüa, Lõuna-Sudaan, Türgi ja Jeemen. Osa neist on sõjategevusest haaratud, mis raskendab kohustuse võtmist.

Ka Eestis on partei, kes oleks soovinud arutada riigi tasandil leppes taganemist põhjusel, et pole täit selgust, mis kliimasoojenemist põhjustab. Käesolev artikkel on näide sellest, et kliimat soojendavate gaasheidete üle pole täpset arvestust. Kuid pole kahtlust, et kas või fossiilkütuste põletamine, mäletsejad ja riisikasvatus on kasvuhoonegaaside kogust atmosfääris hüppeliselt kasvatanud. Riikide asi ongi kokku leppida nende vähendamises.

Olukorra lahendamine on raske, et mitte öelda võimatu. Energiatootmisel fossiilkütuseid asendavate taastuvenergiaallikate ja tuumaenergia osatähtsus on võrreldes gaasi, söe ning kivisöega jätkuvalt äärmiselt väike, olgugi et kasv on tugevas tõusutendentsis, v.a tuumaenergia tootmise puhul. Mitmed riigid on loobunud selle kasutamisest või kavatsevad olemasolevad jaamad sulgeda.

Kunstpäikese Maa peale toomine ehk fusiooni käivitamine, mis toodaks rohkem energiat, kui kulub protsessi käigus hoidmiseks, on lõkkinud aastasse 2025. Kõik päikeseenergia rajanevad energia- tehnoloogiad on Maa kliimale soodsad, v.a fossiilkütustesse talletatud. Majanduskasvu ja inimeste heaolu säilitamine senise tehnoloogiaga kurnab jätkuvalt keskkonda ja vallandab kasvuhoonegaase. Tulevikutehnoloogiale viitamine on olukorra parandamise edasilükkamine.

Juhul, kui riikide meetmed osutuvad

ebapiisavateks, on inimesel endal olemas vähest pingutamist ja raha nõudvad võimalused. Rene Cho Columbia ülikooli Maa instituudist pani inimese igapäevast toitumist, riietumist, koduseid harjumusi, liiklemist, lendamisharjumusi ja poliitilist aktiivsust silmas pidades kirja 35-punktilise soovitusel vastukaaluks Trumpi juba 2017. aastal küpsenud kavatsusele taandada riik Pariisi kliimakokkuleppe (Cho, 2018).

Cho soovitus oli mõeldud kodanikele, kelle riik oli Hiina järel ja India ees suurima summaarse süsinikdioksiidiheitega ja 20 saastavama riigi hulgas selle koguselt 2017. aastal 15,74 tonniga inimese kohta esimene, edestades Eestit (13,66) veidi üle 2 tonniga. Maailma keskmine oli 4,91.

Väikese, 450 ruutkilomeetri suuruse Vaikse ookeani saartel paikneva Belau Vabariigi heide oli 64,9 ja kahel Kesk-Aafrika riigil – Kongo Demokraatlikul Vabariigil ja Burundil – 0,04 ja 0,03 tonni *per capita* (Fossil ..., 2018). Veel väiksem jälg saaks olla üksnes inimasustusest eemal olevatel suguharudel.

Eestis tehtud uuringute järgi pole inimesed eriti altid loovutama kliimakatastroofi ärahoidmiseks oma raha, ennemini loobutakse kallitest ostudest ja moekaupadest, mis jätab raha muudeks kulutusteks.

Pole mingit kahtlust, et nullilähedase heitega riikide rahvad soovivad endale

arenenud riikidega võrdseid hüvesid ja arenenud riikide rahvad ei soovi elustandardi langust. Paljud on hakanud siiski tõsisemalt mõtlema, kuidas saaks aidata seni kõrgustes püsivat CO₂ heitetõusu kõrverat allapoole kangutada.

Oma ökoloogilise jalajälje vähendamine on kahtlemata vajalik ettevõtmine ja võib massidesse mineva üritusena kliimahoolele mingil määral kaasa aidata. Kujutame korra ette, et kõik inimesed loobuvad aastateks hooaja moeriiete ostmisest. Tootjad läheksid pankrotti, ettevõtte töölised, kes üritusega kaasa lähevad, vallandatakse. Sellega on tahetud öelda, et igasugune masse haarav ülemaailmne üritus toob kaasa mingi majandusharu taandarengu.

Võiks ju veel tulevikku konstrueerida. Tallinn pole ainus linn, kus soovitakse konverentsiturismi arendada. See suurendaks lennufirmade, hotellide ja toitlustusfirmade käivet. Kuid koosviibimisi annaks olenevalt osavõtjate arvust ja eesmärkidest pidada virtuaalselt, tele-, video- ja veebikonverentsidena, vajaduse korral turvameetmeid rakendades. Loodusõhtute ettekandeid rahvusraamatukogus on paljud kohale minemata näinud või hiljem üle vaadanud.

Suur samm edasi oleks tehniline lahendus mandritevaheliste suurürituste korraldamiseks, kus osalejatel on võimalus

ettekandjaid kuulata, küsimusi esitada ja sõna võtta. Nutikaid võimalusi kasvuhoo- negaaside heite vähendamiseks on kahtlemata veel. Ühed võidavad, teised kaotavad, kuid edu korral kroonitakse meid enda majandustegevusega muudetud Maa elamiseksõhlikumaks muutumisega.

Põhjendamatult on seni eesti keelde tõlkimata jäänud Ernest Callenbachi (1929–2012) ökoloogilist utoopiat kirjeldav raamat „Ecotopia”. Selles kujutatud väljamõeldud Ökotoopia riigi (kreeka *eco* – kodu, *tópos* – koht) elanike säästlik elulaad leidis rohelise ehk ökoloogilise elamisviisi pooldajate järgimist ja propageerimist. Roheenergia, -majad, -transport, nutikad tehnoloogilised lahendused ja taaskasutus on Ökotoopia riigi alustalad. Raamatu lugeja võiks küsida endalt, kas selle riigi eluviis sobib talle. Tao- lise või ükskõik millise teise stsenaariumi käivitamiseks on vaja pingutada.

Pariisi kokkulepet võib tinglikult käsitada teaduspõhise positiivse tulevikustsenaariumina selle kohta, kuidas hoida ära iseenda põhjustatud keskkonnakatastroofi. Pole teada, kui palju meil selleks aega on. Meil pole energeetilisest võimsust miljardite inimestega mõnele teisele planeedile kolimiseks, et hakata omakorda selle keskkonda tuksi keerama. On viimane aeg õppida oma Ökotoopia riigis, õigemini Antropoökotoopia maailmas – inimese kodukohas – elamist.

Kirjandus

- Arctic climate emergency. Methane hydrate (2019) <http://arcticclimateemergency.com/methane-hydrate/4558263324> (vaadatud 30.10.2019)
- Carbon (2019), Vikipeedia 26.10.2019
- Cho, R. (2018) The 35 Easiest Ways to Reduce Your Carbon Footprint. <https://blogs.ei.columbia.edu/2018/12/27/35-ways-reduce-carbon-footprint/>
- Crutzen, P. J., Aselmann, I., Seiler, W. (1986) Methane production by domestic animals, wild ruminants, other herbivorous fauna, and humans – Tellus, 1986, 38B, 271–284. <https://www.tandfonline.com/doi/pdf/10.3402/tellus.v38i3-4.15135?needAccess=true>, Published online: 18 Jan 2017
- Eesti seitsmes kliimaaruanne ÜRO kliimamuutuste raamkonventsiooni elluviimise kohta 2017. (2017). https://www.envir.ee/sites/default/files/elfinder/article_files/kliimaaruanne-2017_est.pdf
- Fossil CO₂ emissions of all world countries, 2018 report (2018). <https://edgar.jrc.ec.europa.eu/overview.php?v=booklet2018&dst=CO2pc>
- Global Carbon Project (2019) Supplemental Data of Global Methane Budget 2000–2017 (Version 1.0) [Data set]. <https://doi.org/10.18160/gcp-ch4-2019>
- Global Livestock Environmental Assessment Model (GLEAM) (2019) FAO. <http://www.fao.org/gleam/results/en/>
- Main greenhouse gases (2019). <https://www.c2es.org/content/main-greenhouse-gases/>
- Metaani heitkoguste kaugseire (2019) 16.9.2019. <https://et.lunar-explorer.com/post/remote-sensing-of-methane-emissions-848a4f/>
- Methane cladrates (2019) Vikipeedia 9.10.2019
- Methane hydrate extraction market: Opportunity analysis and industry forecast, 2021–2025. <https://www.alliedmarketresearch.com/methane-hydrate-extraction-market>

- Polag, D., Keppler, F. (2019) Global methane emissions from the human body: Past, present and future. – Atmospheric Environment, 214, October. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1352231019304522>
- Sejian, V. et al. (2015) Global warming: Role of livestock. In: Thermal Stress Alters Postabsorptive Metabolism During Pre- and Postnatal Development. 2015. https://www.researchgate.net/publication/283672569_Global_Warming_Role_of_Livestock
- Sherwood, O. A., Schwietzke, S., Arling, V. A., Etiope, G. (2017) Global inventory of gas geochemistry data from fossil fuel, microbial and burning sources, version 2017. – Earth Syst. Sci. Data, 9, 639–656. <https://www.earth-syst-sci-data.net/9/639/2017/essd-9-639-2017.pdf>
- Tollefson, J. (2019) The hard truths of climate change – by the numbers. A set of troubling charts shows how little progress nations have made toward limiting greenhouse-gas emissions. 18.9.2019. <https://www.nature.com/immersive/d41586-019-02711-4/index.html>
- Veski, R. (1993) Gaasihüdraadid – kas nuhtlus või õnnistus? – Tehnika ja Tootmine, 8
- Veski, R. (2016) Inimkonna energiakasutuse etapid. Tulevikuvision? – Põlevad ja Mittepõlevad Energiaallikad
- Veski, R. (2017) Tappev mõistus ehk elus- ja surnud aine, bio- ja noosfäär, inimkonna autotroofsus Vernadskiga ja Vernadskita. Tallinn. 450 lk
- Warwick, N. J. et al. (2016) Using δ¹³C-CH₄ and δD-CH₄ to constrain Arctic methane emissions – Atmos. Chem. Phys., 16, 14891–14908. <https://pdfs.semanticscholar.org/9933/70a211fa0167c0d79d5f9523d1944747df8c.pdf>
- Wright, D. K. (2017) Humans as agents in the termination of the African humid period – Front. Earth Sci., 26 January. <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/feart.2017.00004/full>

Kliimaneutraalne Eesti – millal ja kuidas?

Climate neutral Estonia – when and how?



MADIS ORG

STOCKHOLMI KESKKONNAINSTITUUDI TALLINNA KESKUSE (SEI TALLINN) PROGRAMMIJUHT

Nii nagu iga elusolend peab kohanema end ümbritseva keskkonnaga, on nüüdseks selge, et iga inimene, kogukond, ettevõtte, riik ja maailmajagu peab ühel või teisel viisil arvestama globaalse kliimamuutusega. Taustsüsteemi keskmisest kiirem muutumine tekitab üldjuhul suuri võnkeid, millega kaasnevad uued võitjad ja kaotajad. Et selles muutusteahelas edukas olla, on vaja juba

praegu teha väga selgeid otsuseid seoses kliimaeesmärkide ja nende saavutamiseks vajalike tegevustega.

Õnneks kuulume Euroopa Liitu, kes on võtnud nõuks liikuda kliimaneutraalse ühiskonna poole ja seda liikumist globaalsel tasandil juhib. Euroopa Komisjoni visioon „Puhas planeet kõigile“¹ seab eesmärgiks saavutada aastaks 2050 Euroopa Liidu ülene kliimaneutraalsus ja väga suure tõenäosusega annab see olulise tõuke kliimaprobleemi lahendamisele ning ka olulise konkurentsieelise Euroopale tulevikuühiskonnas, kus süsiniku emiteerimine atmosfääri ei ole enam aktsepteeritav.

Eestil on veel langetamata otsus, kas tahame olla selle rongi vedur, viimane vagun või midagi vahepealset. Kuigi Eesti valitsus avaldas oktoobri alguses visioonile „Puhas planeet kõigile“ toetust, ei ole praeguseks päriselt selge, kas käsitleme seda teemat Eesti jaoks kohustuse või võimalusena.

Kaalutletud otsuste tegemiseks valmis hiljuti riigikantslei tellimusel SEI Tallin-

na läbi viidud uuring „Eesti kliimaambitsiooni tõstmise võimaluste analüüs“², mille peamine eesmärk oli välja selgitada, milliste meetmete rakendamise tulemusel on võimalik saavutada aastaks 2050 olukord, kus Eesti eri sektorite süsiniku koondheide on väiksem või võrdne metsandus- ja maa- kasutussektori (LULUCF) seotava süsinikukogusega.

Uuring nendib, et kliimaneutraalsuse saavutamine Eestis aastaks 2050 on kõigi valdkondade panustamisel tehniliselt võimalik ja strateegiliselt tarkade investeeringute korral toob potentsiaalselt pikka aega tulu.

Kui aastal 1990 oli eelkõige suurte Ida-Eesti põlevkivielektri tootmisvõimsuste tõttu aastane kasvuhoonegaaside (KHG) heide ligikaudu 40 Mt, siis praeguseks on see kogus rohkem kui kaks korda vähenenud.

2017. aastal koostatud Eesti visioon kasvuhoonegaaside vähendamiseks – „Kliimapolitiika põhialused 2050“³ – nägi ette vähendada aastaks 2050 heitmeid 80%

1 https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2050_en

2 <https://www.sei.org/publications/eesti-kliimaambitsiooni-tostmise-voimaluste-analuus/>

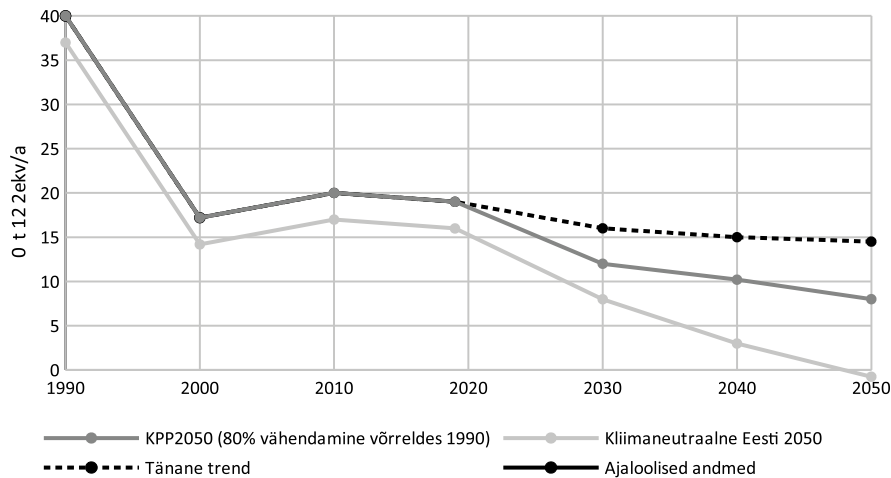
3 <http://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/kliima/kliimapolitiika-pohialused-aastani-2050-0>

Joonis 1.

Eesti kasvuhoonegaaside ajaloolised andmed ja tulevikuprognosisid vastavalt „Kliimapoliitika põhialused 2050” stsenaariumile, samas töös välja toodud praegusele trendile ja kliimaambitsiooni uuringu „Kliimanutraalne Eesti 2050” stsenaariumile.

FIGURE 1.

Historical data and future projections of Estonia's greenhouse gas emissions according to the scenario of the Estonian Low Carbon Strategy until 2050, the current trends outlined in the same study and the scenario from the study "Climate neutral Estonia 2050".



Allikas: SEI Tallinn

võrra võrreldes 1990 baasaastaga. Hiljuti valminud kliimaambitsiooni uuring aga selgitas välja, kas ja millise mõjuga oleks võimalik eri valdkondade heitmeid veelgi kärpida (u 6 MtCO₂ekv/a võrra aastaks 2050), et riigisisene metsandus- ja maakasutussektor võiks järelejäanud emiteeritavad heitmed siduda.

Kliimaambitsiooni uuring jätab kõrvale toodete ja teenuste täieliku elukaareanalüüsi (näiteks elektriautode akude või hoonete ehitamiseks vajaminevate materjalide tootmisel tekkinud heitmete hulk jne), kuid pakub sellegipoolest kindlust, et kui teised riigid samuti oma tootmise suures osas dekarboniseerida suudavad, on kliimanutraalsus tõepoolest võimalik ning sellel võib olla isegi positiivne sotsiaalmajanduslik mõju.

Kuidas siis ikkagi täpsemalt kliimanutraalsuseni jõuda? Kliimaambitsiooni uuringu käigus valmis ametnikele suunatud tööriist, millega on võimalik meetmeid sisse ja välja lülitada ning nende rakendamismahtusid muuta.

Erinevate ministeeriumitega koostöös defineeritud meetmed ja mahud annavadki kokku tulemuse, mille tagajärjel jääksid aastaks 2050 peamiseks heiteallikateks üksnes põllumajandussektor (1,2 MtCO₂/a) ning tööstussektor (0,6 MtCO₂/a). Ühtlasi tähendab see, et kliimanutraalsus nõuab praegustel eeldustel

ikkagi nii kogu energia- kui ka transpordisektori dekarboniseerimist.

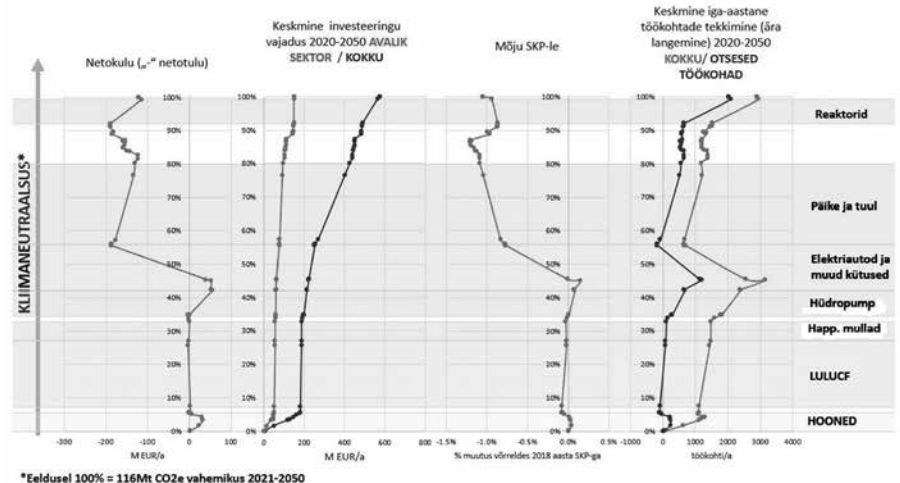
Allolev graafik (joonis 2) annab ülevaate, millistes valdkondades tuleb suurimad muutused ellu viia ja milline on nende muutuste hinnanguline mõju investeeringuvajadustele, SKP-le ning töökohtadele.

Joonis 2.

Graafik näitab, millistes valdkondades tuleb suurimad muutused ellu viia ja milline on nende muutuste hinnanguline mõju investeeringuvajadustele, SKP-le ning töökohtadele.

FIGURE 3.

The graph shows which sectors need the biggest changes as well as the estimated impact of these changes on investment needs, GDP and jobs.

*Eeldusel 100% = 116Mt CO₂e vahemikus 2021-2050

Allikas: Eesti kliimaambitsiooni tõstmise võimaluste analüüs

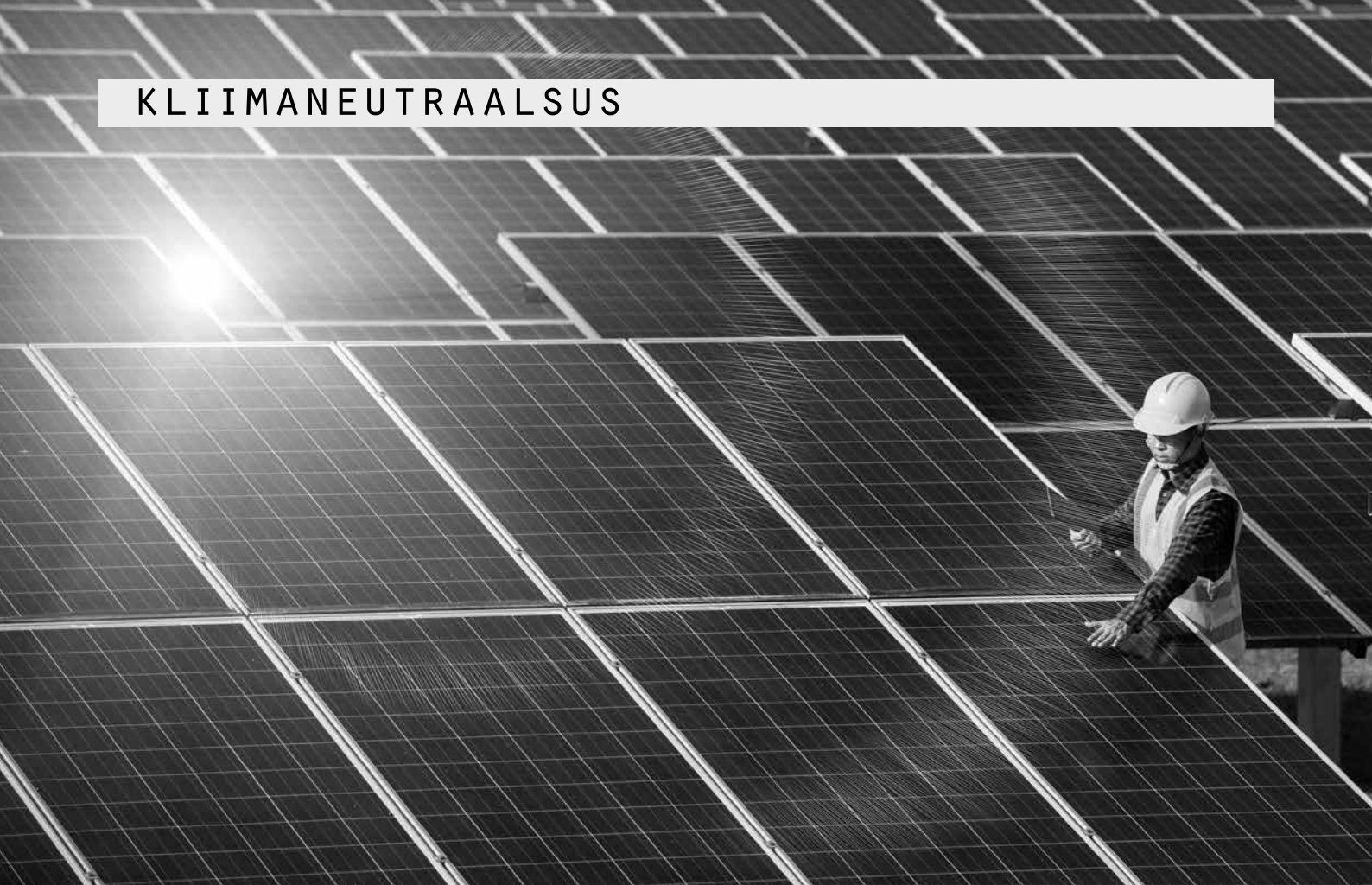


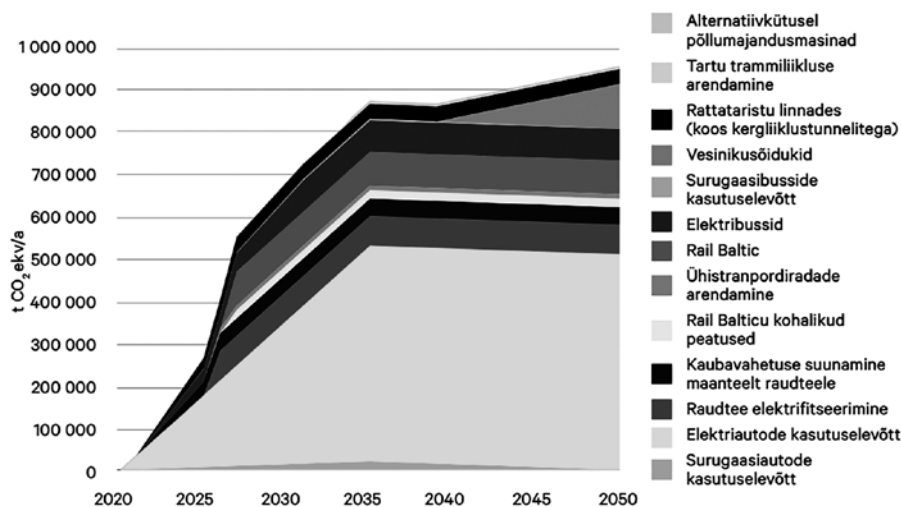
Foto: Sirisak Boakaew, Getty

JOONIS 3.

CO₂ ekv vähenemine, t/a transpordisektoris.

FIGURE 3.

Reduction of CO₂ eq, t/year in the transport sector.



Allikas: Eesti kliimaambitsiooni tõstmise võimaluste analüüs

misel võib aga sellest tehnoloogiast kujuneda suunamuutja ka juba kümnendi pärast.

Olgu autode jõuallikas aastal 2050 elektrimootor või kütuseelemendid, kliimanetraalsuse saavutamise eeldus on nende energiakandjate täielik dekarboniseerimine – elektri tootmine taastuvenergiaallikatest ja vesiniku tootmine samuti taastuvelektri või biogaasi abiga.

Tehnoloogilises võtmes on transpordisektoris 2030ndatel aga mitu muud meetet, mis ükshaaval mõjutavad suurt pilti vähe, kuid koos on neil siiski oluline roll kliimanetraalsuse saavutamisel.

Nii on oluline biometaaniga seotud potentsiaali ärakasutamine (eelkõige põllumajandussektori jäätmed ja jäägid), mis võimaldaks rahuldada maksi-

maalselt ligi 30 000 surugaasiauto kütusevajadust.

Transpordisektori eesmärkide saavutamine kliimanetraalsuse võtmes on olnud lisaks tehnoloogiatega seotud meetmetele väga palju ka toetatavatest tegevustest, mis võimaldavad suurtel muutustel toimuda. Tuleb otsida ja rakendada lahendusi motoriseeritud liikumisvajaduse vähendamiseks. Sellised lahendused on näiteks linnaruumi planeerimine, nõudluspõhine transport ja trammiliikluse arendamine.

Kui palju maksab kliimanetraalsuse üleminek?

Kui kõikide kliimanetraalsuse saavutamiseks vajaminevate meetmete investeringukulud kokku liita, saame üle 17 miljardi euro küündiva summa. Võrdluseks võib tuua, et Eesti riigi 2020. aasta eelarve on eelnõu järgi 11,6 miljardit eurot.

Siinkohal tuleb aga silmas pida, et esiteks jaotub see summa järgneva 30 aasta peale ja avaliku sektori kanda jääb sellest üksnes veerand. Teiseks toimuks nende investeeringute tegemine väga olulises mahus ka praeguste trendide alusel (näiteks hoonete renoveerimine või autode soetamine). Kliimanetraalsuse võtmes on lihtsalt oluline, et teeme neid samu tegevusi süstemaatiliselt kliimaambitsiooni silmas pidades.

TABEL 1.

Erasektori ja avaliku sektori investeringuvajadus sektorite lõikes kliimanutraalse stsenaariumi meetmete rakendamiseks.

TABLE 1

Private and public sector investment needs across sectors in order to implement the measures for a climate neutral scenario.

	Avalik sektor (miljonit eurot)	Erasektor (miljonit eurot)
Hooned	1534	3754
Energeetika	681	7945
Transport	1736	1374
Tööstus (protsessid)	-	4
Põllumajandus	88	44
LULUCF	155	-
KOKKU	4194	13 121
osakaal (%)	24%	76%

Allikas: Eesti kliimaambitsiooni tõstmise võimaluste analüüs

Joonise 2 esimesel kõveral on näha meetmete akumulereeritud netokulu, mis võtab investeringuvajaduse kõrval arvesse makromajandusliku mudeli alusel rehkendatud kaasnevad kulud ja tulud, nagu kaasnevad investeringud, ülalpidamiskulud jne. Jooniselt 4 on näha, et kui vaadelda meetmepaketti tervikuna, annab kliimanutraalne stsenaarium Eestile aastaks 2050 iga-aastase üle 100 miljoni eurose säästu.

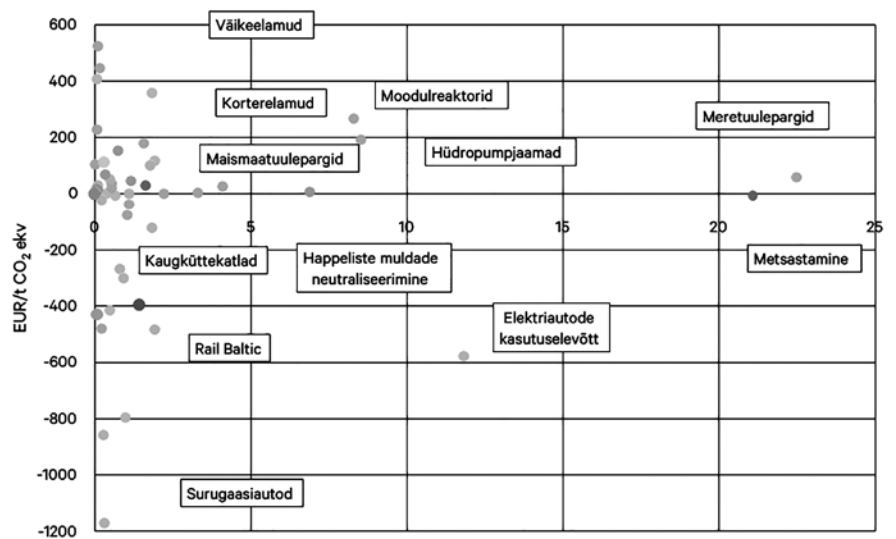
Meetmete omavaheline võrdlus joonisel 5 näitab, et makromajanduslikult

JOONIS 5.

Meetmete kasvuhoonegaaside säästupotentsiaal võrreldes marginaalkuluga (netokulu/-tulu ühe tonni säästetud CO₂ ekv kohta).

FIGURE 5.

Comparison of the greenhouse gas saving potential compared to the marginal cost (net cost/revenue per ton of CO₂ eq saved).



Allikas: Eesti kliimaambitsiooni tõstmise võimaluste analüüs

on juba praegu mitmete meetmete rakendamine igati mõistlik (negatiivse netokuluga meetmed). Kliimaambitsiooni uuringu käigus kasutatud makromajanduslik mudel aga ei võta lihtsuse ja piiratud ajaressursi tõttu arvesse meetmetega kaasnevaid mõjusid, nagu hoonete renoveerimisel tekkinud parem sisekliima, sõidukipargi elektrifitseerimisega kaasnev positiivne mõju linnaõhule, heitmete (sealhulgas CO₂) hind jmt. Nende mõjude rahasse arvestamine (näiteks säästetud tervishoiuku-

lud) muudaks ilmselt valdava enamiku pakutud meetmetest veelgi atraktiivsemaks.

Mis roll on põlevkivil kliimanutraalses Eestis aastal 2050?

Täiendava õlitootmis- ja eelrafineerimistehase rajamine vähendab lühemas perspektiivis küll põlevkivi kasutusest tulenevat kasvuhoonegaaside heidet võrreldes praeguse elektritootmisega ning leevendab töökohtade kadumist, ent pikas perspektiivis suurendab lisanduvate heitkogustega olulisel määral riski kliimanutraalsuseni mitte jõuda.

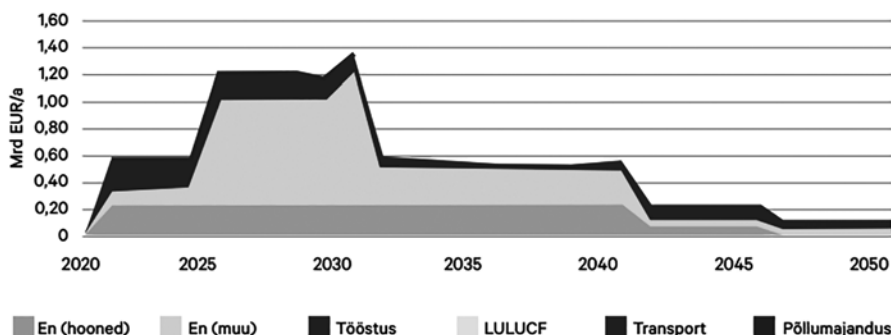
Samuti oleksid need investeringud seotud kõrge regulatiivse riskiga – näiteks võivad fossiilkütuste tootmisele lisanduda täiendavad ja senisest rangemad Euroopa Liidu või globaalsed piirangud. Samuti on tegemist majandusliku riskiga, sest CO₂ hind võib järsult tõusta, alternatiivkütuste turg võib prognoositust kiiremini areneda jne. Samuti tooks see kaasa olulises mahu heidete ekspordi, mis ei ole kooskõlas globaalse kliimapolitiika sisuliste eesmärkidega. Seega – kui ei toimu just mõnda väga olulist ja küllaltki ebatõenäolist trendi muutvat läbimurret, nagu süsinikdioksiidi sidumise ja ladustamise tehnoloogia märkimisväärne odavnemine, pole põlevkivi aastal

JOONIS 4.

Investeringuvajadus sektorite ja aastate lõikes.

FIGURE 4.

Investment needs by sector and by year.



Allikas: Eesti kliimaambitsiooni tõstmise võimaluste analüüs



Meretuulepark Hollandis.

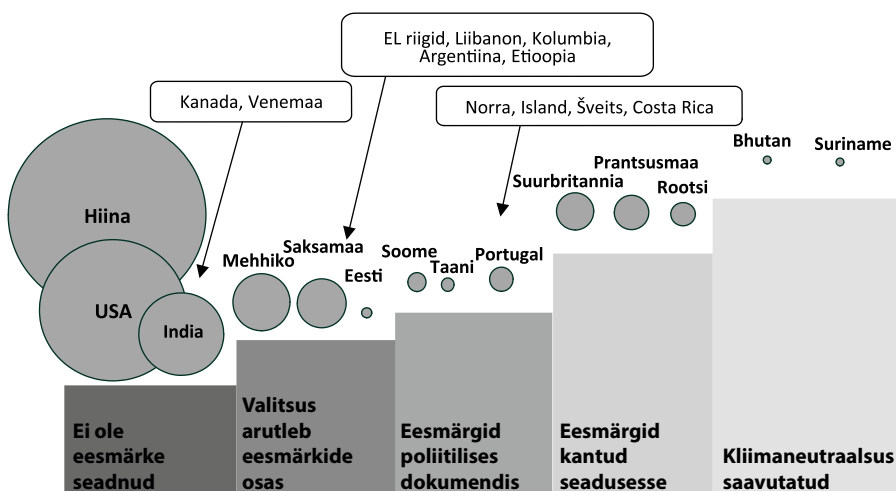
Foto: Mischa Keijser, Getty

JOONIS 6.

Kliimaneutraalsuse eesmärkide seadmise seis riikides. Kera iseloomustab iga riigi heitkoguste suurust.

FIGURE 6.

The current state of setting climate change targets in countries. The circles represent the extent of each country's emissions.



Joonis on koostatud eciu.net/netzerotracker ja ucsusa.org/resources/each-countrys-share-co2-emissions-andmete põhjal.

2050 energeetikasektoris (õli-, elektri või soojatootmises) pildil.

Kes maailma CO₂-heite vähendamise protsessi veavad ja kes lohisevad kaasa?

Kui Euroopa Liidu visiooni „Puhas planeet kõigile“ on mõne üksiku erandiga kõik liikmesriigid heaks kiitnud, on mõningad riigid, nagu Suurbritannia, Prantsusmaa ja Rootsi, teinud oluliselt suuremaid samme kliimaeesmärkide viimiseks ka riiklikesse seadusandlustesse.

Allolevalt jooniselt 6 on aga ka selgelt näha, et reaalne mõju ÜRO 1,5 kraadi kliimasoojenemise stsenaariumi poole liikumisele saab toimuda üksnes juhul, kui riigid, kes asuvad praegu selle trepi kõige madalamal astmel, hakkavad tasapisi ülespoole liikuma. Võib arvata, et kui kas või üks kolmest suurest emiteerijast (Hiina, USA, India) astub olulisi samme vajalike kliimaeesmärkide seadmiseks, annab see selge signaali ja tõuke ka ülejäänutele seni selles teemas passiivse rolliga riikidele.



KLIIMANEUTRAALSUSE SAAVUTAMINE EESTIS

Tegutsema peab kohe. Mida kaugemale lükata strateegiliselt olulised otsused ja meetmete rakendamise alustamine, seda keerukamaks ning kallimaks kliimaneutraalsuse eesmärgi saavutamine kujuneb.

Maksumus. Kliimaneutraalsuse saavutamiseks vajalike planeeritud tegevuste investeering on ligi 17,3 miljardit eurot (sellest 13,1 miljardit eurot erasektorilt ja 4,2 miljardit avalikult sektorilt). Need iga-aastased investeeringud moodustaksid suhtena SKP-sse järgmisel kümnendil ligi 4%, aastatel 2031–2040 ligi 2% ja aastatel 2041–2050 vähem kui 1%.

Tulud ületavad kulusid. Arvutused näitasid, et meetmete kulu (elutsükli põhine kaalutud keskmine marginaalkulu ehk CO₂ heite ekvivalent-tonni vähenemine jagatud netokuluga) on negatiivne. See tähendab, et tulud (ehk säästud) ületavad lisanduvaid kulusid. Kuigi perioodi esimesel kümnendil (2021–2030) on investeerimisfaasi tõttu (rahavoolised) kulud suuremad kui tulud, muutub see järgnevatel kümnenditel, kui meetmete tegevustulud hakkavad kokkuvõttes ületavama tegevuskulusid ja investeeringuid.

Tõuge majandusele. Strateegilised investeeringud järgmisel kümnendil toetavad innovatsiooni ja uute, kõrge lisandväärtusega töökohtade loomist madala süsinikumahukusega sektorites. Pikemas perspektiivis võimaldab kliimaneutraalsuse eesmärkide suunas töötamine restruktureerida ja parandada majanduse konkurentsivõimet ning olla paremini valmis tulevikuarenguteks.

2021–2030. Järgneval kümnendil tuleb keskenduda suure heitkoguste vähendamise potentsiaaliga ja kulutõhusamatele meetmetele võtmevaldkondades.

1) Kiirendada investeeringuid energiatöhususse (hooned, transport, tööstus). Pikas perspektiivis kaasneb sellega KHG heite vähenemine, rahaline kokkuhoid ja väheneb vajadus investeerida uutesse energiatootmisvõimsustesse.

2) Viia elektri- ja soojatootmine olulises mahus üle taastuvatele energiaallikatele ning märgatavalt kasvatada väikese kasvuhoonegaaside heitega/kliimaneutraalsete energiakandjate osakaalu transpordis.

3) Metsanduse arengukava koostamisel leppida kokku riiklik eesmärk maakasutus- ja metsandussektori süsiniku sidumise kohta ning kavandada ja viia ellu konkreetsed meetmed, mis selle eesmärgi saavutamist toetaksid.

2031–2050 otsustega on aega. Eeldusel, et lähikümnendil (2021–2030) suure heitkoguste vähendamise mõjuga ja tulevikku suunatud meetmeid piisavas mahus ellu viiakse ja järgmisi ette valmistatakse, ei ole hädavajalik ega isegi otstarbekas kõiki perioodi 2031–2050 otsuseid praeguse teadmise pinnalt teha, vaid võtta arvesse aja jooksul toimuvaid tehnoloogilisi arenguid, regulatsiooni ja asjakohaseid turutingimusi.

Tutvu SEI Tallinna kliimaneutraalsuse uuringuga: sei.org/publications/eesti-kliimaambitsiooni-tostmise-voimaluste-analuus

Energiahüppega kliimaneutraalsuseni – Eesti võimalused eesootaval kümnendil

An Energy Leap Towards Climate Neutrality - Opportunities for Estonia During the Next Decade



MIHKEL ANNUS

EESTI TAASTUVENERGIA KOJA JUHATAJA

Julgen öelda, et 2019. aasta on olnud Eesti energiamaastikul viimase aja ehk kõige murrangulisem – taastuvenergia odavneb jätkuvalt, põlevkivienergeetika näitab murenemise märke ja kliimaneutraalsus on muutunud Eestis käibe- fraasiks.

Eesti energeetikasektorit on aastakümneid üsna õigustatult määratlenud eelkõige põlevkivi kasutamine. Mõned aastad tagasi tähistati ka saja aasta möödumist põlevkivi tööstuslikust kasutuselevotust.

Kui sajandat sünnipäeva tähistavale juubilarile on pigem tavaks jätkuvat pikka iga soovida, siis praegusel juhul on asjalood teisiti. Juba aastakümneid olemas olnud sisuline teadmine fossiilkütuste kasutamise keskkonna- ja kliimamõjust on aina rohkem jõudmas ka poliitilisse tegelikkusesse, mis tingib süsinikuintensiivsete kütuste kasutamise õigustatud piiramist ning üleminekut puhastele energiaallikatele.

2018. aasta oktoobrikuus arutati riigikogu saalis põlevkivienergeetikast väljumise strateegia loomist kui riiklikult olulise tähtsusega küsimust. Kollektiivpöördumisena algatatud teema ammen-dus aga üsna pea üldise arusaamisega, et Eesti suurima heitekoormusega sektor jätkab samas vaimus veel mõnda aega jätkusuutlikult.

Kerides aega ligikaudu ühe aasta võrra edasi, leiame sootuks teistsuguse reaalsu-

se. Heitekaubandussüsteemis kaubeldava CO₂ kvoodi hind on tõusnud järjepidevalt sellise tasemeni, mis on hakanud oluliselt mõjutama põlevkivist elektri tootmise majanduslikku otstarbekust. Juba mõned aastad on olnud selgus, et siis, kui vanemad tolmepõletusplokid kasutusest välja juuavad, väheneb elektritootmine põlevkivi otsepõletades järk-järgult. CO₂ kvoodi hinna tõus on selle lihtsalt juba mõnevõrra varem meie eest olulises osas realiseerinud.

Millest toodame elektrit pärast põlevkiviaega?

Eesti prioriteet hoida energiasõltuvuse määra võimalikult madalal tasemel ja katta energiavajadus eelkõige kodumaiste ressurssidega on igati kiiduväärne. Paraku on Eesti põlevkivielektri konkurentsivõime vähenedes muutunud üle aasta-

kümnete taas elektrienergiat eksportivast riigist importivaks riigiks. See pole lühikeses perspektiivis ilmtingimata halb, sest suunab meie pilgud veelgi selgemini kohalikele taastuvatele ressurssidele, mida Eestis ka hulgaliselt jätkub.

Tuul, päike ja biomass. Need kolm energiaallikat moodustavad fossiilkütuste hääbudes Eesti ressursipotentsiaali arvestades kõige toekama osa energia-portfelligi. Neid täiendavad hüdroenergia, biogaas jm allikad, kuid seda pigem väiksemas mahu.

Eesti oludes väärindatakse bioenergiaks peaaesjalikult metsandus- ja puidutööstussektori jääke ning madalakvaliteedilist puitu hakkena elektri ja soojuste koostootmisjaamades ning katlamajades soojuste tootmiseks. Samuti kasutatakse märkimisväärses mahu küttepuid kohtküttes.

JOONIS 1.

Heitekaubanduse süsteemis kaubeldava CO₂ kvoodi hinnatõus sai hoo sisse 2018. aasta alguses. Hind on 2019. aastal stabiliseerunud ligi 25 €/t juures ja on ulatunud ka peaaegu 30 €/t tasemeni.

FIGURE 5.

The price of CO₂ in the European Emission Trading System began rising in early 2018. In 2019, it has stabilized around 25 €/t, peaking at a price just under 30 €/t.





Energiakontsernile Utilitas kuuluvad päikesepark ja koostootmisjaam Tallinna külje all.

Foto: Maris Tomba

A solar PV farm and a cogeneration (CHP) plant in Tallinn operated by Utilitas.

Kuivõrd Eesti tingimustes on ligikaudu kaheksal kuul aastas tarvis hooned kütta, on mõistlik eelistada selleks kodumaiseid taastuvkütuseid. Praegu moodustavad taastuvad allikad üle poole soojuseks tarbitud kütustest Eestis. See on üks esinduslikumaid näitajaid Euroopas ja siseriikliku taastuenergia eesmärgi saavutamise nurgakivi.

Päikeseenergeetika sai Eestis tõelise hoo sisse 2018. aastal, kui installeeritud tootmisvõimsus aasta lõpu seisuga suisa kuuekordistus, jõudes 110 MW-ni. Selline hüpe oli tingitud päikesepaneelide jätkuvalt odavnevast hinnast ja regulatiivsest muutusest möödunud aasta lõpus.

On põhjust arvata, et järgnevate aastate jooksul jätkub päikeseenergia esiletõus hoogsalt: väiksematele päikeseparkidele kestab senine toetusmeede veel 2020. aasta lõpuni, 2019. aasta lõpus alustati esimeste päikeseenergia jaoks sobilike vähempakkumistega ja hoogustub ka päikeseelektri tootmisvõimekuse integreerimine hoonetega.

Suurim potentsiaal Eestis puhta energia tootmiseks peitub aga tuuleenergiast, mille rakendamisel on võimalik katta nii kohalik vajadus kui ka eksportida elektrit naaberriikidesse. Kahetsusväärset pole Eestisse viimaste aastate jooksul lisandunud ühtegi suuremat tuuleparki ja tuulikute kogu-

võimsus on püsinud sarnasel tasemel, s.o 2018. aasta lõpu seisuga 314 MW.

Stagnatsioon on olnud tingitud eelkõige ebaselgest regulatiivsest olukorrast, erinevatest keskkondlikest ja riigikaitsestest piirangutest ning õiguslikest takistustest. Siseriiklike taastuenergia ja kliimanetraalsuse eesmärkide kontekstis on esmatähtis leida kiiresti lahendus olemasolevatele kitsaskohtadele ning

luua pinnas Eesti geograafilisest eripärasest lähtuvalt majanduslikule mootorile.

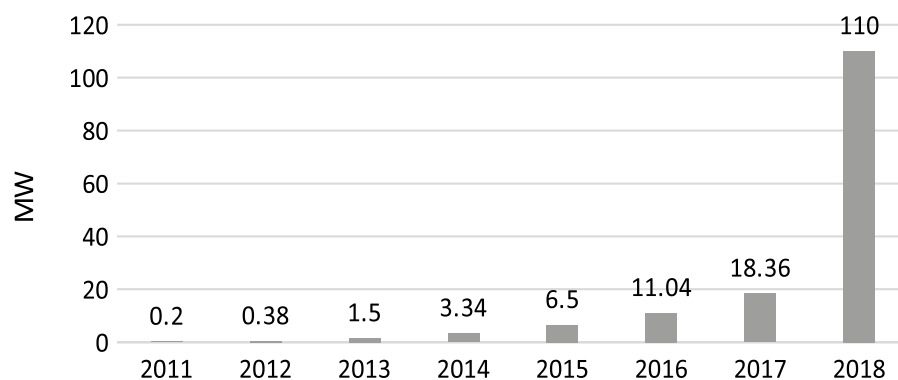
Nii nagu päikeseenergia rakendamine on ka tuuleenergia kasutuselevõtt muutunud soodsamaks ja selle kasutustegur tehnoloogia arenedes kasvanud ehk elektrituulikud on võimelised elektrit tootma suuremal osal ajast. Aina rohkem suunavad arendajad pilgu ka maismaalt merele, kus pargi rajamine on küll pisut kulukam,

GRAAFIK 1.

Elektrivõrguga ühendatud päikeseelektri tootmise koguvõimsus Eestis. Igal aastal on toimunud ligikaudu kahekordne kasv, v.a silmatorkav 2018. aasta, kui toimus ligikaudu kuuekordne kasv.

SCHEDULE 1.

The total capacity of installed on-grid solar PV in Estonia. The capacity has been doubling annually, until a significant six-fold increase in 2018.



Allikas: Eesti Taastuenergia Koda

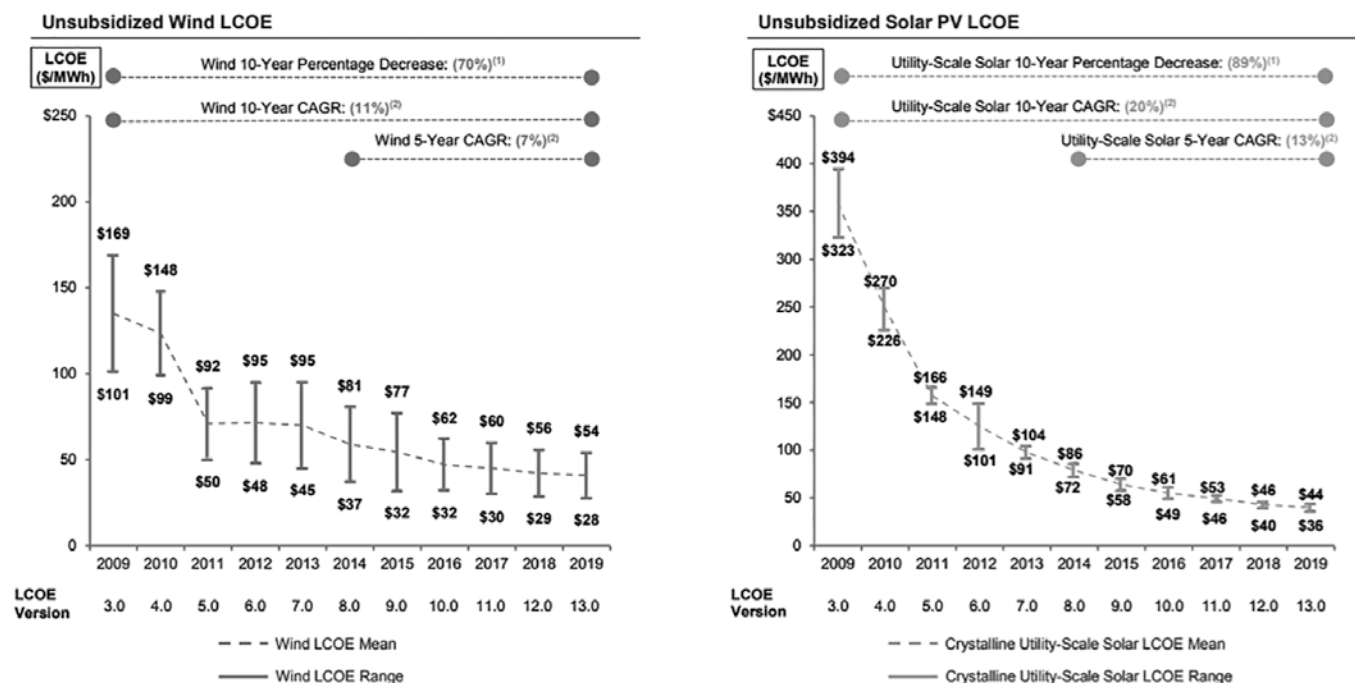
JOONIS 2.

Lazardi analüüs toodetava elektrienergia omahinna (ingl k *levelized cost of energy*, LCOE) võrdlusest, mis illustreerib tuule- ja päikesetehnoloogiate olulist hinnalangust viimase kümne aasta jooksul.¹

FIGURE 2.

The levelized cost of energy (LCOE) comparison by Lazard, illustrating the significant cost reduction of solar and wind technologies during the last decade.

¹ Lazard's Levelized Cost of Energy Analysis – Version 13.0, 2019 <https://www.lazard.com/media/451086/lazards-levelized-cost-of-energy-version-130-vf.pdf>



kuid võimaldab seda teha suuremas mahus ja inimeste tagaadest kaugemal. Ka Eesti kontekstis on meretuuleparkide rajamine kliimaneutraalsuse taskukohasel saavutamisel vältimatu.

Energiapööre – puhtam tootmine käsikäes toetavate lahendustega

Energeetikasektorit üha rohkem iseloomustavad märksõnad on mitmekesisustumine ja elektrifitseerimine. Mitmekesisitumise all ei peeta silmas mitte ainult taastuvate energiaallikate tootmise mitmekesisust, vaid ka nende kombinatsiooni eri salvestustehnoloogiate ja tarbimiskaja lahendustega ning tihedamat võrgustamist.

Puhta elektri kasutuselevõttu näeme senisest rohkem ka transpordisektoris, kus taastuvenergiale üleminek on toimunud seni kõige valulikumalt.

Eestis tegutsevad tublid tegijad, kes arendavad kõiki mainitud kasvavaid valdkondi. Muu hulgas seetõttu on pädev kõnelda puhta energeetika valdkonnas arengu soodustamisest kui tõelisest kasvuvõimalusest ja majanduslikust mootorist. Eesti on seni tõestanud end

nõtket ja innovatsioonijärgset riigina, kus erinevaid uuenduslikke meetodeid ellu viia. Seega – tiigrihüppele peab järgnema energiahüpe!

Energiarevolutsiooni jätkumise keskne osa on riikidevaheliste ülekandevõimekuste arendamine, mille vajadust ja võimalusi tõstis ilmekalt esile Läänemere-äärsete riikide tippülikoolide koostöös valminud analüüs. Töö kohaselt tagab Põhja- ja Baltimaade parem ühendatus paindlikuma süsteemi ning väiksemad kogukulud, luues ühtlasi pinnase suuremaks taastuvenergia, eelkõige tuuleenergia kasutuselevõtuks nii Eestis kui ka kogu regioonis.¹

Tallinna tehnikaülikooli osalusel projekti „Flex4RES” käigus valminud analüüs tõstab esile vajadust välja töötada kogu regiooni süsinikuneutraalse arengu jaoks vajaminevad olulisemad poliitikameetmed ja luua soosiv regulatiivne raamistik.

Millele osutab Eesti plaan 2030. aastaks?

Käesoleva aasta lõpus peab iga Euroopa Liidu liikmesriik esitama Euroopa Komisjonile riikliku energia- ja kliimakava (REKK), milles seatakse muu hulgas

siduvad taastuvenergia eesmärgid 2030. aastaks. Eesti puhul toetub REKK suuresti kliimapoliitika põhiluste (KPP) dokumendile ja 2017. aastal vastu võetud, kuid kümnendi esimese poole andmetele tuginevale energiamajanduse arengukavale aastani 2030 (ENMAK).

Võib väita, et praeguseks on mõlemad dokumendid oma sisus juba ajast maha jäänud – KPP seadis kasvuhoonegaaside emissiooni vähendamise eesmärgiks aastal 2050 üksnes 80% ja ENMAK tugineb endiselt suures mahus põlevkivisektori panusele.

REKK seab 2030. aastaks kliimaneutraalsuse eesmärgi konteksti ja olemasolevat potentsiaali arvestades sobimatult madala eesmärgi saavutada taastuvenergia üldiseks osakaaluks vaid 42% energia summaarsest lõpptarbimisest. Üldeesmärk koosneb sektoripõhistest sihtidest viia taastuvenergia tarbimise osakaal elektrisektoris 40%-ni, soojamajanduses 63%-ni ja transpordisektoris 14%-ni.

2019. aasta sügisel jõustus määrus, mille alusel asub riik siseriikliku taastuvenergia eesmärgi täitmise nimel korraldama taastuvenergia vähempakkumisi –

¹ Flexible Nordic Energy Systems, 2019 https://www.nordicenergy.org/wp-content/uploads/2019/07/Flex4RES_final_summary_report_aug2019.pdf

esmalt kolm väiksema, 5 GWh mahuga oksjonit ja seejärel suuremad vähempakkumised 2021. ning 2023. aastal, vastavalt mahus 450 ja 650 GWh.

Vähempakkumiste läbiviimine on eri riikide kogemusele toetudes näidanud tähelepanuväärselt madalaid taastuvenergia hindu. Hea näitaja on tänavu kevadel toimunud põhjanaabrite esimene vähempakkumine, kus võidutsesid eranditult tuulepargid ja võitnud pakkumiste keskmiseks hinnaks koos referentshinnaga osutus 32,49 €/MWh. Muu hulgas asuti möödunud aastal Soomes püstitama ka sealset esimest toetusteta rajatavat tuuleparki.

Investeeringud fossiilkütustesse pole enam rentaabel

Euroopa Liit on nii kõnes kui ka kirjas seadnud suuna kasvahoonegaaside heite vähendamisele ja keskkonnasõbralikule energiatootmisele. Selles kontekstis tuleks n-ö puhta energia paketi osade kõrval ehk kõige suuremat tähelepanu pöörata pikaajalisele strateegilisele eesmärgile saavutada hiljemalt 2050. aastaks kliimaneutraalsus, st võime siduda vähemalt samas mahus CO₂ kui seda emitteeritakse.

Kuigi ühine otsus pole üksikute riikide vastuseisu tõttu veel vastu võetud, näib selge suuna sõnastamine olevat ainult aja küsimus. Pariisi kliimaleppega on kõik Euroopa riigid võtnud nõuks tegutseda selle nimel, et piirata globaalset keskmise temperatuuri tõusu. Selleks soodustatakse näiteks üleminekut taastuvatele energiaallikatele.

Eesti on Pariisi kliimaleppega liitunud ja toetab kliimaneutraalsuse saavutamist hiljemalt sajandi keskpaigaks. Stockholmis keskkonnainstituudi Tallinna keskuse (SEI Tallinn) koostatud analüüs Eesti kliimapolitiika ambitsioonikuse tõstmisest viitab eesmärgi saavutamise võimalikkusele.

Oleks mõistlik väita, et tegelikult pole asjakohane kahelda kliimaneutraalsuse saavutamise võimalikkuses, vaid et seni on puudunud poliitiline soov teemaga tegeleda. Pealtnäha toimus tänavu ka Eestis murrang energia- ja kliimapolitiilises ühiskondlikus debatis, kus kliimaneutraalsuse mõiste on vaiba alt lauale tõstetud.

Ülemaailmselt on ehk üks silmapaistvamaid sarnase sõnumi kandjaid Greta Thunberg, kelle keskne tees on alati olnud selge ja otsekohene: „Kuulake teadlasi ja tegutsege!”

Kliimaneutraalsuse kontekstis on asja-

tundmatu endiselt kaaluda fossiilkütuste riikliku toetamise jätkamist, nt Eesti kontekstis põlevkiviõli eelrafinerimistehase rahastamist. Asjaolu, et sadadesse miljonitesse ulatuv mastaapne investeering on üldse kaalumisel, on märkimisväärne näide sellest, et tegelikult pole *sisuliselt* mõistetud kliimaneutraalsuse saavutamise vajadust.

Riigi osaluse või toetusega tehtud äärmiselt suure riskiga investeeringuid tuleks vältida ja suunata olemasolevad vahendid kliimaneutraalsust saavutada aitavatesse lahendustesse. Sarnast investeeringuvajadust kaardistab ja rõhutab ka SEI Tallinna keskuse kliimaneutraalsust käsitlev analüüs.

Kuigi kõnealune kaardistus on pälvitud ka omajagu kriitikat, on selle olulisemad järeldused eesootavaks aastakümneks väga selged: viia elektri ja soojatootmine üle taastuvatele energiaallikatele, vähendada emissioone transpordisektoris ning oluliselt parandada energiatõhusust.² Need on möödapääsmatult vajaliku eesmärgi poole liikumisel vältimatud sammud, mida on tõepoolest vaja teha ennaktempos – see on tehniliselt võimalik, parandab meie keskkonna seisukorda ja sel on suur potentsiaal arendada Eesti majandust!

2 Eesti kliimaambitsiooni tõstmise võimaluste analüüs, SEI <https://www.sei.org/wp-content/uploads/2019/10/eesti-kliimaambitsiooni-t%C3%B5stmise-v%C3%B5imaluste-anal%C3%BC%C3%BCs-1.pdf>



Greta Thunberg.

Foto: Anders Hellberg

Lääne-Eestis kasvab palju pilliroogu, mida kasutatakse aga suhteliselt vähe.
There are many reeds growing in West-Estonia, but it relatively little is used.

Foto: Madis Veltman

Lääne-Eesti teeb ettevalmistusi biomajanduse tegevuskava loomiseks

West-Estonia is preparing a bioeconomy action plan



SULEV ALAJÕE, MAAKONDLIKE
ARENDUSKESKUSTE VÕRGUSTIK,
LÄÄNE-EESTI INVESTORKONSULTANT

Käsil on periood, kui Lääne-Eesti määratleb oma tugevusi ja võimalusi. Võttes appi lihtsa talupojaloogika, on mõistlik kasutada seda, mis meil endal olemas.

Bioressurssi kasutame vähe ja sellegi müüme odavalt toormena maha, selmet tänapäevaste tehnoloogiatega ekspordi abiga majandust elavdada. Seetõttu aitas Stockholm keskkonnainstituudi Tallinna keskus (SEI Tallinn) Saaremaa, Hiiumaa, Lääne-maa ja Pärnumaa arenduskeskuste tellimisel anda ülevaate Lääne-Eesti regiooni bioressurssidest, et selgitada välja valdkonnad, mida tuleks Lääne-Eestis eelisarendada.

Kirjeldati valitud valdkondade väär-

tusahelaid, aga ka võimalikke takistusi ja vajalikke eeldusi nende realiseerumiseks. Selleks korraldati kaks seminari, millest võtsid osa neljas Lääne-Eesti maakonnas tegutsevad ja biomajandusest huvitatud ettevõtjad, arenduskeskuste töötajad ning teadus- ja arendusasutuste esindajad.

Koguti hulk statistilisi andmeid statistikaameti andmebaasist, keskkonnaagentuurist, maa-ameti maavarade bilansist, keskkonnalubade infosüsteemist, jäätme-aruandluse infosüsteemist, maksu- ja tolliametist ning mujaltki. Andmed pärinesid valdavalt ajavahemikust 2017–2018.

Ülevaade ressurssidest

Lääne-Eestis on palju märgalade ressurssi, näiteks meremuda, turvast ja pilliroogu, mille kaevandamine, kogumine ning kasutamine on toimunud allpool riiklikul tasandil lubatud piirmahtusid. Ühtlasi seavad siin piire nii looduskaitsealised (soode kaitsealad) kui ka süsiniku heitest (turba kaevandamisel ja turvasmuldade harimisel eralduv süsinik) tulenevad tegurid.

Põllumajandusmaa pindala on kõigis neljas maakonnas (v.a Läänemaal) suu-

renenud ja ka mahepõllumaad on Lääne-Eesti maakondades 8–9% kogu Eesti mahepinnast (v.a Hiiumaa, kus asub 5% Eesti mahepõllumaast).

Põllumajanduses on vaadeldud ajavahemikul enamiku kultuuride saagikus langenud, näiteks nisu ja kartuli saagikus on kõikides Lääne-Eesti maakondades Eesti keskmisest madalam (v.a kartuli saagikus Hiiumaal).

Loomakasvatuse trend on piirkonnas tervikuna püsinud üsna stabiilsena, kuid maakondade vahel esineb suuri erinevusi. Näiteks munade toodang on Lääne- ja Saaremaal märkimisväärselt vähenenud, kuid Pärnumaal peaaegu kolm korda kasvanud; veiseliha tootmine on oluliselt kasvanud Hiiumaal, kuid teistes maakondades veidi langenud. Lääne-Eesti piirkond on tuntud rannaniitudel kasvatatavate lihavedelike poolest.

Kalapüük Läänemeres on püsinud üsna stabiilsena ja aastased kvoodid on täis püütud keskmiselt 95% ulatuses.

Vesiviljeluse sektorisse kuulub piirkonnas 7 kalakasvatust ja Saaremaal lisaks 11 tegutsevat vähikasvatust. Kalafarmid asuvad

maismaal, meres kala kasvatamiseks taotletakse hoonestusalasid. Erinevalt Soomest on siin piiravaks teguriks keskkonnamõjude hindamise jätmine ettevõtjatele, ent pikk protsess ei pruugi lõppeda positiivselt. Tänapäev pole Lääne-Eestis välja antud ühtegi meresumpades kasvatamise luba.

Punavetikad meres

Piirkonnas toimub ka seni suurim punavetika kaevandamine Eestis. Looduslikult kasvavate punavetikate *Furcellaria lumbicalis* ja *Coccytylus truncatus* varu on Kassari lahes hinnanguliselt 170 km² alal kogu biomassiga 179 000 tonni märgkaalus. Soovitav punavetika püügipiir aastatel 2018–2019 oli aga ainult 2000 tonni märgkaalus aastas.

Piirkonnas tekib aastas märkimisväärt kogus biojätmeid – 2017. aastal kokku 87 449 tonni, kusjuures suurimad kogused tekkisid Saaremaal.

Piirkonna ainus põllumajanduslik biogaasijaam Saare Economics OÜ suleti veebruaris 2018. Biogaasi toodab hetkel AS-i Kuressaare Veevärk reoveepuhastusjaam Saaremaal, käivitamisel on prügilagaasi tootmine Paikres Pärnumaal.

Bioloogilistest ressurssidest kasutatakse energiaks puitu ja turvast, kuid turba kasutamine energiaks on märkimisväärselt vähenenud.

2017. aastal kasutati energeetilist turvast veel ainult Pärnumaal ja vähesel määral Saaremaal.

Puitu kasutati regioonis kütteks 2017. aastal 402 000 tonni.

Kuidas edasi?

Seminaridest osa võtnud spetsialistid valisid hääletades välja valdkonnad ja tegevused, mida tuleks biomajanduse edendamiseks Lääne-Eestis eelkõige arendada.

Biojätmed. Tarvis on teha teavitus- tööd jäätmete sorteerimise vajalikkusest ja tõsta üldist teadlikkust jäätmete väärtusest ning kasutusvõimalustest. Suurenenud teadlikkus ja biojätmete parem kogumissüsteem tagaks, et kogutakse rohkem jäätmeid, millest energiat, kompostmulda ja kütuseid toota.

Kui tavanimine mõistab, et toidujätmete eraldi kogumine aitab suunata neid biometani ja vesiniku tootmiseks ning kohalike busside kütuseks, võib see suurendada ka motivatsiooni jäätmeid liigiti koguda.

Mere vesiviljeluse komplekslahendus. Kalanduse valdkonnas oleks vaja uusi nutikaid lahendusi, kuidas tagada sektori areng. Multitroofne kalade-karpide ja vetikakasvatuse aitab komplekslahendusena toota nii inimtoiduks sobilikku kohalikku kala kui ka vetikaid, mis asendavad mitmeid fossiilseid sisendeid eri tootmisprotsessides (nt punavetikad želatiini tootmises), ning ka karpe, mis on sobilikud koduloomade- ja lindude söödaks.

Seega täidaks taoline komplekslahendus mitut funktsiooni, kahjustamata Läänemere habrast keskkonda. Õpe, uuringud ja koolitused vesiviljeluse valdkonnas tagaksid, et uued põlvkonnad oskavad hinnata taoliste komplekslahenduste keskkonnamõju. Seetõttu on olu-

line avaliku sektori toetus vesiviljeluse valdkonnale ja õppe ning koolituste korraldamine.

Toit ja tervisetooted märgaladelt. Peamine probleem ammendunud turbaalade kasutamisel on arendajate vähenemine motiveeritus kaevandusalasid osaliselt korrastada. Seaduse järgi ei pea korrastamistegevusega alustama enne, kui kogu maavara on ammendatud ja kaevandamise luba lõppenud.

Selleks, et arendaja sooviks kaevandust osaliselt korrastada, on tarvis regulatiivset ja majanduslikku stiimulit. Marjakasvatuse jaoks sobida ammendatud turbaväljadele ja see tooks kasu nii maaomanikule kui ka kohalikele elanikele, kes saavad tarbida tervislikke mahemarju. Seetõttu on oluline sellistest võimalustest arendajaid teavitada. Seda oleks sobilik teha näiteks edukate pilootprojektide abiga. Peale selle kasvab kiiresti looduskosmeetikaturg ja Eesti turbal ning mudal, mis sisaldavad bioaktiivseid ja mineraalaineid, on palju nahale kasulikke omadusi.

Arutelude käigus välja sõelutud perspektiivsed valdkonnad vajavad avaliku sektori tuge, sh osalusi rahvusvahelistes arendusprojektides. Selline sõnum annab ka ettevõtjatele märku, et nendesse valdkondadesse tasub panustada. Et kujundada saadud tulemused Lääne-Eesti biomajanduse tegevuskavaks, peavad huvitatud pooled kokku leppima pikema ja lühiajalistes eesmärkides ning panema paika nende saavutamiseks vajalikud tegevused.



Kalapüük Läänemerest on püsinud üsna stabiilsena ja aastased kvoodid on täis püütud keskmiselt 95% ulatuses.

Foto: Rauno Volmar

Fishing in the Baltic Sea has remained fairly stable, 95% annual fishing quotas has met.

Eestil on potentsiaali toota kliimasõbralikke transpordikütuseid

Estonia has the potential to produce climate-friendly transport fuels



AIN LAIDOJA
EESTI BIOKÜTUSTE
ÜHING

Eestil on eesmärk võtta aastaks 2020 transpordisektoris kasutusele 10% taastuvat päritolu energiat, aastaks 2030 peab taastuenergia osakaal olema juba 14%. Silmas peetakse nii elektrienergiat kui ka energiat, mis on salvestatud erinevatesse kütustesse.

Ambitsioonid on suured, eesmärgid kõrged ja raskesti saavutatavad ning ehk just seepärast on juba jõutud eesmärke devalveerida nn kordajate kasutuselevõtuga.

Elektrienergiat saab kohustuse täitmisel teatud tingimustel arvesse võtta neljakordsena ja eriti keerulisi kütuseid (*advanced biofuels*) saab arvestada topelt.

Taastuveesmärk pole tegelikult midagi muud kui **kliimaeesmärk**, mille mõõdupuu on kasvuhoonegaaside emissioonide vähendamine.

Energiaühikute eesmärk seab piirid auto kütusekuludele. Sellega sätestatakse bensiinimootoriga auto kütusekulu piirmääraks 2021. aastaks 4,1 liitrit sajale kilomeetrile ja diislikütuse korral 3,6 liitrit. 2030. aasta eesmärk seab kütusekulu piirmääraks lausa alla 2 liitri sajale kilomeetrile.

Mõõdikud

Kes täidab eesmärgi ja ajab taga protsenti, kes aga loeb kokku atmosfääri paisatud CO₂ tonne. Tarbija jaoks on oluline auto kasutamise kogukulu (TCO) ja mõõtühikuks kilomeetri kohta kulunud eurod. See aga omakorda oleneb kütusest, tehnoloogiast, maksudest, dotatsioonidest, toetustest jne.

Kliimaeesmärkide saavutamise seisukohalt oleks ehk mõistlik kasutada

kütuseid ja tehnoloogiaid, mis pakuvad vähimat CO₂ vähendamise kulukust. Erinevad kombinatsioonid kütustest ja tehnoloogiast pakuvad erinevaid energiamuundamise kasutegureid.

Kliimaeesmärkide saavutamise kulukuse mõõtühik on CO₂ vältimise kulu (€/t_{CO2}), mis erineb kütuse tootmise kulust. Arvestada tuleb ka subsidiumide, maksude ja toetustega, kuid samuti sotsiaalsete ning makroökoonoomika aspektidega. Alternatiivkütuseid ja -tehnoloogiaid tuleb võrrelda tavakütuste ning -tehnoloogiatega.

Tehnoloogiavalikud

Harjumuspärased bensiini- ja diiselmootorid on referentstehnoloogiad, millega elektriautodel tuleb konkureerima hakata. Olgu elektriautoks kütuseelement- või akuga auto. Nende vahele mahub veel hulgaliselt hübriide ehk näiteks elektri-auto, mille kapoti all toodab auto jaoks vajaliku elektri sisepõlemismootor.

Kütusevalikud

Jättes kõrvale kütuseelemendis kasutatava vesiniku, etanooli, metanooli ja muud süsivesinikud, vaatleme sisepõlemismootoris kasutatavaid kütuseid ning elektri-autot võrdluses, mis näitab, milline kütus/tehnoloogia pakub soodsamat lahendust kliimaeesmärkide saavutamiseks.

FAME ja HVO



Fossiilse diislikütuse asendamiseks kompressioonsüütega mootorites sobiks kütustena kasutada eelkõige biodiislikütust (FAME) ning vesiniktöödeldud õli ja rasva (HVO). Sobivad ka DME¹ ja ED95², mis aga vajavad mootori ning kütuse etteandeseadmete muutmist.

Eestis on võimalik toota kohalikust toorainest, näiteks rapsist, biodiislikütust. Eesti ekspordib rapsi, importides samal ajal sellest tehtud biodiisli, jättes lisandväärtuse väljapoole Eestit.

Biodiisli (FAME) kasutamisel kehtivad aga piirangud. Kütusekvaliteedi direktiiv lubab seda segada vaid kuni 7 vol% diislikütusesse. Teiseks on biodiisli kasutamine meie kliimas piiratud, sest see pole külmakindel.

Lahenduseks on samast toorainest, aga vesiniktöödeldud kütus HVO, mille puhul pole probleeme ei külmakindluse ega pikaajalise hoiustamisega. Pealegi on selle kütuse tootmiseks vajaliku tooraine valik laiem. HVO tooraineks sobivad ka kasutatud taimsed õlid ja reoveest kinni püütud rasvad, samuti rasvad, mis on saadud loomsete produktide jääkidest. Vesiniktöödeldud diislikütus on aga paraku kallim kui FAME.

Eestis võiks fossiilset diislikütust asendada kohaliku taastuvkütuse tootmise ressurss olla 1,2 TWh/a (100 000 t/a), mis oleks paras ühe tehase maht.

Etanool



Etanooliga saaks asendada nii fossiilset bensiini sädesüütega mootorites kui ka diislikütust kompressioonsüütega mootorites. Eesti ekspordib 1 miljon tonni teravilja aastas, importides samal ajal sellest tehtud etanooli. Kohaliku tootmisega saaks etanooli valmistamisel tekkinud lisandväärtuse Eestisse jätta.

Sädesüütega mootoris saab kasutada kütust E10, mis sisaldab 10 vol% etanooli. Paljudes riikides on kasutusel ka E20 ja spetsiaalselt kohandatud mootorites kasutatakse kütust E85. Veokitesse ja bussidesse sobib ED95.

¹ DME – dimetüüleeter

² ED95 – kütus, mis sisaldab süttimist ja määrdeomadusi parandavaid lisaineid ning 95% etanooli



Buss tankimas fossiilset maagaasi (CNG). CNG (Compressed natural gas) Refueling station for city buses.

Foto: Ain Laidoja

Etanooli tootmiseks oleks mõistlik teha suurus 0,75 TWh (100 000 tonni) etanooli aastas. Peale selle on Eestis ressurss etanooli tootmiseks põhust ja rohtsest biomassist. Selline tehas võiks lisada Eesti kütuseturule 0,375 TWh (50 000 tonni) etanooli aastas. Kokku oleks etanooli ressurss Eestis **1,1 TWh/a**.

CNG ja bio-CNG



Eesti biometaani ressurssiks on hinnatud **4,2 TWh_{LHV}**, millest 85% peaks tulema rohtsest biomassist. Paraku pole senini rohtsest biomassist kuigi palju biometaani toodetud, seda vaatamata riigi lahketele toetustele. Seega oleks vaja üle vaadata biometaani ressurss Eestis. Aastal 2018 toodeti Eestis kliimasõbralikult 11 GWh biometaani (0,26% ressurssist).

BEV

Taastuenergia direktiivi järgi arvestatakse taastuenergia osakaalu elektriautodel, aga samuti elektriraudteel kahe aasta taguse osakaalu järgi riigi elektritootmises. Statistikaameti KE033 andmetel ning võttes arvesse elektritootmiseks kasutatavaid kütuste eriemissioone ja elektritootmise kasutegureid, saame Eesti keskmiseks elektritootmise emissiooniks 854 kg_{CO2}/MWh_{el}. Taastuvelektri osakaal 2018. aastal oli 16%.

Bensiinimootoriga Volkswagen Golfi emissioon on 108 g_{CO2}/km. Elektriauto Nissan Leaf tarbib 20 kWh elektrit 100 kilomeetri läbimiseks, mis teeb tema emissiooniks 171 g_{CO2}/km.

Elektriauto muutuks kliimasõbralikuks alates sellest hetkest, kui Eesti elektritootmise keskmine emissioon oleks alla 630 kg_{CO2}/MWh_{el} või kui taastuvelektri osakaal tootmises oleks vähemalt 38 protsenti.

2020. aasta alguses avanes elektri-

autode ostutoetus, kus jagatakse välja 1,2 miljonit eurot ehk 5000 eurot auto kohta. Sellest jagub 240 auto ostuks. Kuna elektriauto kasutuselevõtuga tõuseb CO₂ emissioon 63 g_{CO2}/km, premeeritakse ostutoetusega täiendavat kasvuhoonegaaside emissiooni 992 €/t_{CO2}. Toetusmeetmega kaasnev täiendav emissioon on kokku **1200 t_{CO2}**.

Süntetilised kütused

Gaasistamise teel toodetava SNG või metanooli/etanooli ressurss on 3 TWh/a. Toormeks sobivad nii puit kui ka põhk ja pilliroog. Toodangut on võimalik kahekordistada, lisades protsessi taastuvelektrist elektrolüüsi teel toodetud vesinikku. Sünteetiliste kütuste ressurss on seega kokku **6 TWh_{LHV}/a**.

Kliimamaksumus

Kliimamaksumust transpordis on varem välja toodud järgnevalt:

TABEL 1.

CO₂ vältimise kulu 2020 €/t_{CO₂}.

TABLE 1.

Literature review of CO₂ avoidance costs.

Uuring / kütus või meede	Transport	Biokütus	EtOH	FAME	HVO	bio-CNG	Vesinik	Elektriauto	CNG auto	Raudtee elekt-rifitseerimine
Kliiameetmed 2021+ ³						198		204		1500
Nordic Green to Scale ⁴		2						135		
Kulutõhusuuring ⁵						428		-328		
Taastuveesmärkide täitmine ⁶										
Kliiamaambitsiooni analüüs ⁷				525 (En12)	? (Agri06)	5 (En05)	-268 (Trans12)	-576 (Trans02)	-1170 (Trans01)	100 (Trans03)
Kliimakava 2030 ⁸						428 (PM11)		-397 (TR7)		
Farm Europe ⁹	710 Eesti					209	772			
Ecofys, 2019 ¹⁰			155	187				772		
Saksamaa GHG Credits ¹¹		470								
IMHO			263	256	472	717			1067	

3 <https://www.envir.ee/et/uudised/eesti-jargmise-kumnendi-kliima-ja-energiapoliitika-eesmarkide-saavutamine-tana-arutuse-all>

4 <http://norden.diva-portal.org/smash/record.jsf?pid=diva2%3A1047248&dswid=4299>

5 <https://www.kik.ee/et/uritus/kliimapoliitika-meetmete-uuringu-tutvustus>

6 https://www.mkm.ee/sites/default/files/180917_energiatõhusus_2030_aruanne.pdf

7 <https://www.sei.org/publications/eesti-kliiamaambitsiooni-tostmise-voimaluste-analuus>

8 <https://www.mkm.ee/et/eesmargid-tegevused/energeetika/eesti-riiklik-energia-ja-kliimakava-aastani-2030>

9 https://www.farm-europe.eu/wp-content/uploads/2019/11/NECP-report_Farm-Europe-2019.pdf

10 https://www.farm-europe.eu/wp-content/uploads/2019/06/Ecofys2019_Transport-decarbonisation-2030-CEE.pdf

11 <https://www.argusmedia.com/en/news/2042839-viewpoint-eu-scrambles-to-meet-2020-biofuels-targets>

Odavaimad lahendused transpordis kliiamaesmärkide saavutamiseks on segamiskohustus ning bioetanooli ja bio-diislikütuse kasutamine. CO₂ vältimise kulu on vastavalt 263 ja 256 €/t_{CO₂}. Kõige kallimaks lahenduseks osutub CNG kasutamine kulukusega 1067 €/t_{CO₂}.

Biometaani on märksa parem lahendus võrreldes fossiilse maagaasiga ja CO₂ vältimise kulu on selle kütuse kasutamisel 717 €/t_{CO₂}. Farm Europe'i uuringust selgub, et põhjanaabrid kulutavad ühe tonni CO₂ vältimiseks 225 eurot, samas Rootsi aga 772 eurot, mis on seletatav väga ambitsioonikate kliiamaesmärkidega transpordisektoris.

Sama uuringu järgi on Eesti keskmine transpordisektori CO₂ vältimise kulu 710 €/t_{CO₂}, mis on seletatav sellega, et Eesti panustab üksnes biometaani kasutamisse.

Tehnoloogianeutraalsus

Tehnoloogianeutraalsus Eestis ei ole tagatud. Taastuvate biokütuste kõrgemalt maksustamine võrreldes fossiilsete kütustega ei teeni kliiamaesmärke. Samuti toetatakse CNG lahendusi praegu ainult tehnoloogiapõhiselt. Kliimakava 2030 järgi on plaanis aastaks 2025 loobuda 1G kütustest¹², mille tõttu meie kliiamaesmärkide saavutamine suureneb 55 miljonilt eurolt 600 miljonini.

12 https://www.mkm.ee/sites/default/files/teatis_eesti_riiklik_energia-ja_kliimakava_aastani_2030.pdf

TABEL 2.

Kütuste ja tehnoloogiate võrdlus, kliiamaesmärkide saavutamise maksumus (€/t_{CO₂}).

TABLE 2.

Comparison of alternative fuels.

Kütus/tehnoloogia	FAME	HVO	EtOH	CNG	bio-CNG	BEV
CO ₂ vähendamine (%)	-52%	-83% ¹³	-67% ¹⁴		-97% ¹⁵	+58% ¹⁶
Kütusekulu suurenemine				+30%	+30%	
Kodumaine ressurss (GWh)	1200	¹⁷	1100		?	
Hind (€/MWh _{LHV})	83	113	117	97 ¹⁸	191 ¹⁹	
Aktiis (€/MWh _{LHV})	54	51	95	5	0	4
Taastuvkohustuse maksumus kordajateta (€/MWh)	39	69	56	N/A	191	
CO ₂ vältimise kulu (€/tCO ₂)	256	472	263	1067	717	— ²⁰

13 RED2 hydrotreated oil from animal fats from rendering (**)

14 RED2 other cereals excluding maize ethanol (forest residues as process fuel in CHP plant (**))

15 RED2 Manure – Maize 80% – 20% / Close digestate, no off-gas combustion

16 Baseerub 2018. aasta keskmisel elektritootmise CO₂ intensiivsusel Eestis, arvatamisel kasutatud statistikaameti KE033 andmeid

17 Osaliselt sama tooraine FAME-ga, seega oleneb, kui suures osas vesiniktootlust rakendada

18 <https://www.getbaltic.com/en+aktsiisierinevused+ja+jagamiskulud,sh+komprimeerimine>

19 Analüüsi arvutustulemus, võttes arvesse aktsiisieliseid ja toetusi vs. diislikütus

20 RED2 direktiivi järgi arvutades CO₂ vältimise kulu suureneb Eesti elektritootmise suure süsinikuintensiivsuse tõttu

Kokkuvõtteks

Eestil on kliiamaesmärkide täitmiseks erinevaid võimalusi. Kulude optimeerimiseks võiks eelisjärjekorras kasutada odavamaid lahendusi. Samuti tuleks eelistada kodumaist ressursi ja väärindada see Eestis, jättes kütusetootmise liisandväärtuse kohalikele tootjatele. Seni kuni aktsiisielise kaudu jätkub fossiilsete kütuste toetamine taastuvkütuste ees, pole ka kodumaisel põllu- ja metsamehel

võimalust – kütuse import jätkub ja raha liigub Eestist välja.

Eesti saab toota kodumaist kütust selises koguses, mis me ise tarbime. Tarbides rohkem taastuvkütust, kui on vaja taastuveesmärkide täitmiseks, annab see meile võimaluse statistikakaubanduseks.

Eesti taastuvtranspordikütuste ressurss on kokku 12,5 TWh/a millele liisandub elektriautode – nii akudel sõitvate kui ka vesinikautode – panus.



Vesinikul töötav linnaliini buss Saksamaal. *Hydrogen city bus in German.*

Foto: erakogu

Vesinik on potentsiaalselt odav ja kohapeal toodetav kütus

The potential of hydrogen as a cheap and locally produced fuel



RASMUS PALM, TARTU ÜLIKOOL, FÜÜSIKALISE KEEMIA ÕPPETOOLI TEADUR

Kristjan Karming kirjutas eelmise aasta ajakirja Põlevad ja Mittepõlevad Energiaallikad väljaandes vesiniku tähtsast rollist, mis võimaldab saada kogu vajaliku energia taastuvatest energiaallikatest, kasutades eeskätt päikesepaneele.

Päikesepaistelise ilmaga suudavad paneelid toota rohkem elektrit, mis põhjustab nende laiema kasutuselevõtu korral elektri tootmisvõimsuse suuremaid kõikumisi ööpäeva jooksul ja sellest tingitu-

na ka suuremaid kõikumisi elektri börsihinnas.

Kasutades aga päeval suures mahus saadud odavat elektrit vesiniku tootmiseks ja hoiustamiseks, on võimalik seda hiljem, ajal, kui elekter maksab kõrget hinda, uuesti elektri või soojuseks muuta. See võimaldab tagada nii majandusliku tulu kui ka ööpäevaringse energia-varustuse taastuvatest energiaallikatest.

Lisaks potentsiaalsele majanduslikule kasule võimaldab vesiniku kasutamine energia hoiustamisel vältida CO₂ ja teiste loodusele kahjulike gaaside ning osakeste emissiooni, mis kaasneb fossiilseid kütuseid kasutavate reservjaamade tippkoormusel töötamisega.

Rakendades vesinikku ülejääva energia hoiustamiseks, saaks elektrit ja sooja-energiat toota ainult taastuvatest energiaallikatest.

Nimetatud plaani elluviimisel on kriitilisteks küsimusteks vesiniku tootmise hind ja tarvilike tehnoloogiate arengujärk ning kättesaadavus.

Vesiniku „roheline” tootmine veest

Parim variant on vesinikku toota elektrolüüsil, kasutades selleks taastuvatest allikatest pärinevat elektrienergiat. Elektrolüüsi puhul lõhutakse vee molekul elektrilise pingega all ja saadusteks on puhas hapnik ning puhas vesinik.

Elektrolüüsil saadud puhas hapnik on kasulik kõrvalprodukt ja nii toodetud vesinik ei põhjusta CO₂ ega teiste kahjulike gaaside emissiooni.

Vesinikku on võimalik toota ka biogaasist ehk orgaaniliste jäätmete lagunemisel tekkivast gaasist, mis koosneb eeskätt metaanist.

Biogaasist vesiniku tootmisel eraldub küll CO₂, aga kuna biogaasi tootmiseks kasutatakse orgaanilised lähtematerjalid on sidunud kasvamise käigus atmosfäärist CO₂-te, on biogaasi kasutamine süsinikneutraalne.

Suuremahulise biogaasist vesiniku tootmise puhul on aga probleemiks maahõive (metsa- või põllumaa) ja potentsiaalsed CO₂ ning CH₄ (metaan) emissioonid, kus

JOONIS 1.

CO₂-kvoodi hind Euroopa börsil eurodes.

FIGURE 1.

The CO₂ emission European allowance price in eur.

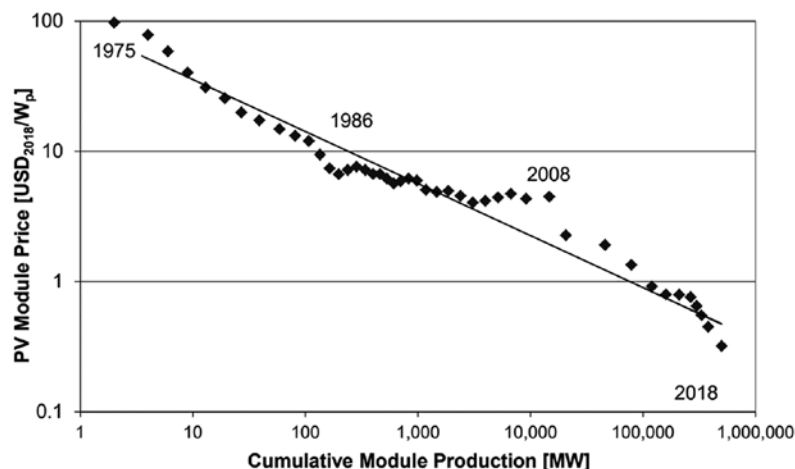


JOONIS 2.

Päikesepaneelide tootmismahu suurenemine ja moodulite hinna langus läbi aja.

FIGURE 2.

The PV module prices dependence on the cumulative production capacity over time.



TABEL 1.

Eesti elektrituru kuu keskmine elektrihind ööpäeva lõikes.

TABEL 1.

The day- and night-time monthly averaged electricity prices in Estonia.

Kuu	Ööpäeva hind, senti/kWh	Päeva hind, senti/kWh	Öö hind, senti/kWh
Okt 2019	5,86	7,03	4,54
Sept 2019	6,00	7,42	4,62
Aug 2019	6,05	7,54	4,50
Juuli 2019	6,01	7,21	4,63
Juuni 2019	4,57	7,44	3,65
Mai 2019	5,23	6,46	3,83
Aprill 2019	5,14	5,74	4,48
Märts 2019	4,86	5,35	4,38
Veeb 2019	5,72	6,18	4,24
Jaan 2019	6,79	7,49	5,99
Dets 2018	6,47	7,22	5,75
Nov 2018	6,43	7,13	5,62

Allikas: elektri börsihind, energia.ee/elekter/elektritur

CH₄ on võrreldes CO₂-ga umbes 30 korda tugevam kasvuhoonegaas.

Kõige odavamad vesinikku oleks võimalik saada maagaasi, eeskätt metaani reformimisel, kuid sellega kaasnevad CO₂ heited. Ka paneb maagaasi tarnimine vesiniku tootmiseks vesiniku hinna sõltuma maagaasi turuhinnast ja geopoliitilisest olukorrast, sest Eestil endal majanduslikult konkurentsivõimelisi maagaasivarusid pole.

Praegu toodetaksegi enamik vesinikust maagaasi reformimisel, kuid elektrolyüsi jaoks on valmis lahendused olemas.

Vesiniku tootmine elektrolyüsi teel on muutumas järjest populaarsemaks CO₂ kvoodihinna tõusu (joonis 1) ja vesiniku põhiste tehnoloogiate laiema rakendamise tõttu.

Valmismoodulitena pakutakse või ehitatakse lahendusi vahemikus 1 kW-st kuni 20 MW-ni, mis on ümberarvutatuna 0,02 kg_{H₂} kuni 360 kg_{H₂} tunnis, arvestades et 1 kg_{H₂} tootmiseks kulub praktikas 50–55 kWh energiat.

Eelmainitud vesiniku tootmise mahud on sobivad koduse taastuvenergia allikatest tuleva võimsuse optimeerimiseks.

Toodetud vesiniku hinna kujunemine

2016. aasta raporti järgi on võimalik elektrolyüsi teel vesinikku toota kapitalikuludega 2 €/kg_{H₂} [1]. Sel viisil vesiniku tootmiseks kulub ka märgatavalt elektrienergiat ja vesiniku tootmise lõpphinna arvutamisel tuleb arvesse võtta kohalikku elektri hinda.

Eesti tarbija elektri hind kõigub olenevalt kellaajast ja kuust. Näiteks kuu keskmine öine ja päevane hind kõigub vahemikus 37 €/MWh kuni 75 €/MWh (tabel 1).

Kuna 1 kg vesiniku tootmiseks kulub keskmiselt 50 kWh, varieerub pidevalt toodetud vesiniku keskmine elektrikulu ühes kuus vahemikus 1,85–3,75 €/kg_{H₂}. Seega moodustab elektri hind vähemalt poole vesiniku tootmise hinnast ja summaarne vesiniku tootmise hind oleks 3,85–5,75 €/kg_{H₂}.

Võrdluseks, vedelkütuste (bensiin ja diisel) müügihind koos aktsiiside ning maksudega on ligi 1,4 €/l ehk 1,85 €/kg.

Vesiniku eelis võrreldes vedelkütustega on märgatavalt suurem erienergia (33,3 kWh/kg_{H₂}), näiteks bensiini erienergia on 12,9 kWh/kg. Peale selle on võimalik muundada vesinik kasulikuks energiaks – elektri- või liikumisenergiaks – märksa suurema efektiivsusega.

Kui autode bensiinimootori efektiivsus on kuni 0,35, siis vesinikul töötava auto puhul on see kuni 0,6. See väljendub

otsese energiakuluna kilomeetri kohta, mis on näiteks 5 liitrit bensiini 100 kilomeetri kohta kulutava sõiduauto puhul 0,5 kWh/km ja vesinikul sõitva auto Toyota Mirai puhul 0,27 kWh/km.

Vesiniku energiaks muundamise peaaegu kaks korda suurem efektiivsus ja peaaegu kolm korda suurem erienergia muudab vesiniku juba praegu konkurent-sivõimeliseks alternatiivkütuseks.

Tehnoloogiate laiem kasutuselevõtuga kaasneb reeglina hinna kiire langemine ja tõhusamate süsteemide rakendamine. Üheks parimaks näiteks on päikesepaneelide tootmise hind, mis rakendamise algusajal ehk 1975. aastal oli 100 \$/W, kuid mis 2018. aastaks oli langedud 0,4 \$/W-ni, sest tehnoloogia oli edasi arenenud ja tootmine eksponentsiaalselt kasvanud (joonis 2).

Samadel põhjustel hakkavad suurema tootmise ja laiem rakendamise puhul langema elektrolüüserite kapitalikulud. Kuna juba praegu moodustab elektri hind rohkem kui poole elektrolüüsil saadud vesiniku tootmise hinnast, on mõistlik eeldada, et tootmise kasvades muutub elektri hind võtmetähtsusega tootmise hinna komponendiks.

Elektrihinna kriitiline tähtsus

Aktiaseltsi Enefit Green Hiiu madalikele plaanitava tuulepargi (varem Nelja Energia projekt) koguvõimsus jääb vahemikku 700–1100 MW. Ilmselt ei ole plaanitav koguvõimsus praktikas püsivalt saavutatav. Võrdluseks: Eesti ajaloo maksimaalne tarbimisvõimsus oli 28. jaanuaril 2010. aastal kella 17.40 ja 17.45 vahel 1587 MW [2].

Nimetatud võimsusmahuga tuulepargi kavandamine ja muud väiksemad tuule- ning päikseparkide projektid näitavad selgelt Eesti energeetikamaastiku suunda võtta laialdaselt kasutusse taastuvad energiaallikad.

Nende (eeskätt tuule- ja päikeseenergia) kasutuselevõtt sobivates tingimustes ka keskmiselt toodetud elektri hinna. Näiteks Ameerika Ühendriikide keskläänes on saadud sobiva tuulekoridori olemasolul tuuleelektri hinnaks keskmiselt 22 \$/MWh ja madalaimaks hinnaks 6 \$/MWh (joonis 3).

Peale selle alandab ulatuslik tuuleenergia kasutuselevõtt sobivates tingimustes ka keskmiselt toodetud elektri hinna. Näiteks Ameerika Ühendriikide keskläänes on saadud sobiva tuulekoridori olemasolul tuuleelektri hinnaks keskmiselt 22 \$/MWh ja madalaimaks hinnaks 6 \$/MWh (joonis 3).

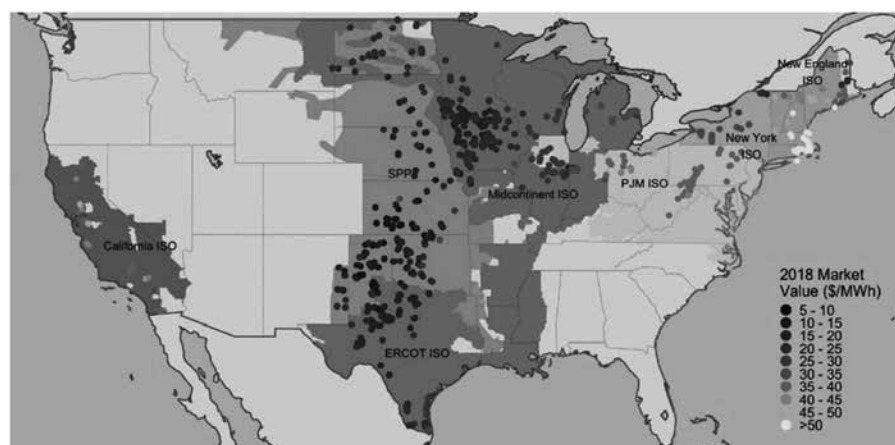
Sarnastest trendidest tingituna muutub elektri hind turul oluliselt ebastabiilsemaks ja odavamaks, mis võimaldab

JOONIS 3.

Tuuleprojektidest toodetud elektri hind Ameerika Ühendriikides.

FIGURE 3.

Wholesale market value of wind projects in USA.



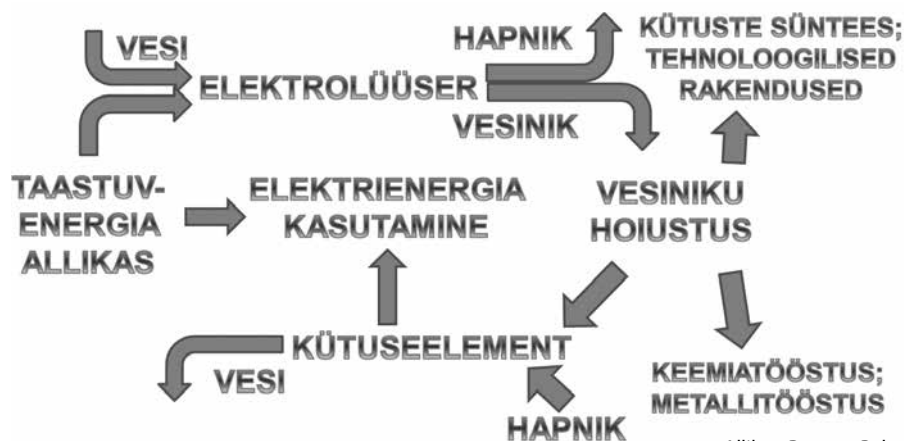
Allikas: R. Wiser, M. Bloinger, 2018, Wind Technologies Market Report, Summary, Lawrence Berkeley National Laboratory

JOONIS 4.

Vesiniku rakendamise tsüklil energaetikas ja lisarakendused.

FIGURE 4.

Hydrogen for renewable energy storage with additional hydrogen applications.



Allikas: Rasmus Palm

toota märkimisväärselt soodsamat vesinikku kui eelmises peatükis arvatatu.

Odava vesiniku potentsiaal

Vedelkütuste hinnaga võrreldes madalama või võrdväärse tootmishinnaga vesinikul on tohtu potentsiaal. Odavast elektrist toodetud vesinikku on võimalik muundada otse elektrienergiaks kõrge efektiivsusega kütuseelementides, millega ei kaasne emissioone.

See oleks potentsiaalne kasumlik lisavõimalus elektrivõrgu stabiliseerimiseks ja energeetilise julgeoleku kindlustamiseks olukorras, kus elektritootmisel vähendatakse põlevkivi osakaalu ning järjest tähtsamaks muutub taastuvatest energiaallikatest saadud elekter.

Vesinik on kasutatav ka kütuseelementidega varustatud nullemissiooni elektrimasinates, millel on patareididega

varustatud elektrimasinate ees läbisõidu ja tankimiskiiruse eelis.

Minimaalse hinnaga elektrist vesiniku tootmine ja selle kasutamine transpordisektoris oleks tohtu samm edasi Eesti püüdlustes vähendada CO₂ emissioone. Kui saab välja ehitatud vesinikutaristu, mis hõlmab tootmisüksuseid, tanklaid ja transporti, tekib vesinikule lisaks eelmainitutele veel märkimisväärne hulk tööstuslikke väljundeid. Näiteks on võimalik vesinikku kasutada vedelkütuste tootmiseks kinni püütud CO₂-st, terasetööstuses CO₂ emissioonide oluliselt vähendamiseks, õhulämmastiku sidumiseks ja sellega seondult väetiste ning teiste produktide tootmiseks jne (joonis 4).

Viited

[1] Final report: Hydrogen Production Pathways Cost Analysis (2013–2016), DOE-Strategic-Analysis-6231-1

[2] Eleringi koduleht, Elektri tarbimine ja tootmine, elering.ee/elektri-tarbimine-ja-tootmine



Etanoolkütust kasutatakse rasketranspordis üha rohkem näiteks Soomes, Norras ja Rootsis.

Ethanol is used more and more as a heavy duty fuel in Nordic countries.

Fotod: Scania

Scania sõidukid kasutavad etanoolkütust

Scania vehicles use ethanol as a fuel



KAUR SARV

SCANIA BALTIKUMI KESKKONNA-
SÄÄSTLIKE TRANSPORDILAHEN-
DUSTE JUHT

Ligi 130-aastase ajaloo jooksul ei ole taastuvkütustel töötavate mootoritega sõidukite tootmine Scania jaoks midagi uut. Rohkem kui sada aastat tagasi, 1916. aastal valmistas Scania esimese etanoolmootoriga veoki ja 1938. aastal esimese gaasiveoki.

Nüüdseks pakub Scania raskesõidukite seas kõige mitmekesisemat taastuvkütust kasutavate veokite ja busside valikut alates esimese (FAME) ja teise põlvkonna biodiislist (HVO), biogaasist (CNG ja LNG) kuni etanooli, hübriid- ja täiselektriliste mudeliteni. Katsetatakse isegi vesinikulahendusi, aga selle kütuse praktiliste kasutusvõimalusteni rasketranspordis läheb veel aega.

Etanool kütusena on sisepõlemismootorite valmistajatele sageli huvi pakkunud kui alternatiiv bensiinile ja diislile, sest selle energiasisaldus ja põlemisomadused on head.

Etanooli kasutamises on viimase saja aasta jooksul toimunud mitmekesine areng. Kui praegu lisatakse seda bensiinile, et vähendada fossiilsete kütuste kasutamist, siis esimesed etanoolmootoriga veokid töötasid bensiini- ehk ottomootori tööpõhimõttel ega olnud

sel ajal nii võimsad kui diiselmootorid. Seetõttu kasutati etanooli veokites keerulisemates tarneolukordades, kui diisli või bensiini ei olnud eriti saada, näiteks sõdade kitsikuses või kaugemates piirkondades.

Brasiilia kaudu tagasi Rootsi

Võib öelda, et etanooli kasutati üsna vähe, kuni 50 aastat tagasi hoogustus Brasiilias suhkruroo tootmine. Samal ajal suurenes Lõuna-Ameerika riikides mure energiaturvalisuse pärast. Kuna suhkruroost toodetud etanool tundus hästi sobivat autokütuseks, pöördusid brasiillased riigis tegutsevate autotööstuste poole, et välja töötada sobivad autode ja veokite mootorid.

Sellest ajast saadik sõidavad paljud Brasiilia sõidua autod etanooliga, kuid raskesõidukite mootorite arendamine jäi pooleli, sest nende valmimise ajaks oli

maailma suhkrurooturg nii palju kahane-
nud, et see ei tasunud end ära.

Vahepeal unustusse vajunud etanooli
lil töötavate mootoriteni jõudis Scania
taas 1980. aastatel, kui Stockholmis ühis-
transpordikeskus alustas bussipargi üle-
viimist puhtamatele taastuvkütustele, et
parandada Rootsi pealinnas õhu kvali-
teeti.

„Sel ajal oli meil väga suur probleem
peenosakeste ja lämmastikühendite
reostusega, mis muutus eriti ohtlikuks
talvel,” rääkis Scania arendusosakonna
tehniline juhataja Eva Iverfeldt. Etanooli
kasutamine parandas oluliselt linnaõhku
ja kõige rohkem on Stockholmis olnud
kasutusel üle 400 etanoolbussi.

Üldiselt on etanooli kasutamine selle
sajandi alguses kahanenud, sest taastuva-
te kütuste valikusse on lisandunud ka bio-
diisel ja biogaas. Siiski on Scania jätkanud
etanoolmootorite arendamist, eriti just
seoses Stockholmis bussidega, mille puhul
on tehnoloogiat pidevalt uuendatud.

Diisli omadustega etanool

Kuigi kütus võib olla etanool, diisel või
gaas, on Scania veoki või bussi puhul
tegemist siiski täpselt ühesuguse kabiini
või raamiga. Nimelt kasutab Scania kõi-
gi sõidukite puhul modulaarset platvormi,
milles on eri mudelite ja versioonide
detailid ühtlustatud. Vahet pole, missu-
gune on kasutatav kütus, varuosade tel-
limisel on kõik samamoodi ja klient ei
pea erinevate versioonide tõttu pikemalt
ootama.

Eva Iverfeldt sõnul on Scania eta-
noolmootor projekteeritud väga sarnas-
selt diiselmootoriga – lähtudes algusest
saadik modulaarse platvormi põhimõt-
test. Kuigi, nagu eespool mainitud, sobib
etanool väga hästi sadesüütega otto- ehk
bensiinimootori töötükliga töötama,
valis Scania teise tee, ehitades oma eta-
noolmootori kompressioonsüütega diisli
töötüklile järgi.

„Kompressioonsüüde sobib paremini
raskesõidukitele ja kulutab vähem kütust.
Seetõttu saame madalatel pööretel roh-
kem võimsust ja pikendame seeläbi moo-
tori eluiga,” selgitas Iverfeldt.

2018. aastal tõi Scania turule uue
410-hobujõulise etanoolmootori, mil-
le väändemoment on 2150 Nm, mis on
samaväärne tavapärase diiselmootoriga.
Kuna etanoolmootori aluseks on kuuesi-
lindriline diisel, tuli teise kütuse kasuta-
miseks teha väga vähe muudatusi.

Etanooli kasutaval versioonil on samu-
ti diisli töötükk ja seetõttu tuli mootoril
vahetada üksnes 14 osa sisselaskesüs-

teemis ja silindrite juures, mis peavad
töötama suurema survega.

Heitgaaside järeltöötlus on sarnane
kõigi teiste Scania Euro 6 diiselmootori-
tega, kuid etanooli kasutades on nii läm-
mastikühendite kui ka peenosakeste arv
väiksem kui diisli.

Etanooli populaarsus taas tõusuteel

Võrreldes fossiilse diislikütusega on või-
malik taastuva bioetanooli kasutamisel
vähendada CO₂ heidet 90% võrra, sest
tegemist on meie igapäevase eluringluse
energiaga. Just sellepärast on etanool
viimasel ajal taas populaarseks muutun-
ud.

Teine taastuvkütus, HVO (*Hydrotreated Vegetable Oil*) ehk teise põlvkonna
biodiisel on parim alternatiiv fossiilsele
diislikütusele. Kahjuks ei suudeta seda
praegu veel piisavalt palju toota ja see on
võrreldes tavadiisliga ka kallis. Samasu-
gused skaleeritavuse ja piisava kättesaa-
davuse probleemid on esimese põlvkon-
na biodiisli FAME (*Fatty Acid Methyl Ester*).

Iverfeldt sõnul sobib etanool palju-
dele veokitüüpidele ja bussidele ning
etanooli eelis on võimalus toota kütust
suurtes kogustes, näiteks rasketranspordi
tarvis.

„Meil ei ole tooraine puudust etanooli
tootmiseks, kuid peamiseks takistuseks
on puudulikud investeeringud etanooli
tootmise tehastesse,” ütles Pål Börjesson,
Lundi ülikooli keskkonna- ja energiasüs-
teemide uuringute keskuse professor.

Selleks, et etanooli tootmisse tuleks
rohkem investeeringuid, on vaja kindlust
võimalike tarbijate osas ja selle kütusetu-
ru kasvamist.

Etanooli kasutamise kasvu rasketrans-
pordis on Euroopas märgata Soomes,
Norras, Rootsis ja viimasel ajal ka Prant-
susmaal. Näiteks Euroopa piimatööstuse
hiiglasel Arlal on praegu 26 etanooliveo-
kit ja tellitud kaheksa uut veokit.

„Kõik transpordiettevõtted ja firmad
soovivad muuta oma tegevust keskkon-
nasõbralikumaks,” ütles transpordijuht
Erik Haugland. „Pärast põhjalikku katse-
tamist saame öelda, et me ei näe mingeid
riske etanooli kasutavate veokite lisamisel
meie veokiparki. Keegi peab ju esimene
olema.”

- Rohkem infot Scania etanooli kasutamise aja-
loost saab siit: scania.com/group/en/the-story-of-scania-and-ethanol
- Prantsuse veinijääkidest tehtud etanooliga
sõitvatest bussidest saab pikemalt lugeda siit:
scania.com/group/en/scania-buses-fuelled-by-ethanol-from-wine-residues



Etanoolbussid sõidavad Stockholmis, et parandada linnaõhku.
Stockholm city buses run on ethanol to improve the air quality.

Vanarehvid – probleem või võimalus?

Used car tires – a problem or an opportunity?



OLGA PIHL

TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOLI
VIRUMAA KOLLEDŽI PÕLEVKIVI
KOMPETENTSIKESKUSE KÜTUSTE
TEHNOLOOGIA TEADUS- JA
KATSELABORATOORIUMI JUHATAJA

Maailmas kogutakse iga päev jäätmetena tohutused kogused kulunud autorehve. Vanarehvide kõrvaldamise vajadus on ülemaailmne probleem, aga ka tootmisvõimalus.

Euroopa Liidus kaitses rehvi- ja kummimaterjali tootjate huve 1959. aastast alates ühing ETRMA. Ühingu 2015. aastal avaldatud vanarehvide käitlust käsitleva aruande „End-of-life Tyres” järgi koguti Euroopa Liidus 2013. aastal jäätmetena hinnanguliselt 3,6 miljonit tonni kasutatud rehve, millest sortimise järel töödeldi ümber 2,7 miljonit tonni. Võrdluseks – 1999. aastal töödeldi ümber ainult 50% rehvidest (joonis 1). See on muude Euroopa jäätmeliikidega võrreldes väga hea tulemus [1].

Peenestatud rehvi- ja kummimaterjali on võimalik kasutada näiteks teehituse bituumeni modifikaatorina, kummibituumenmastiks-ite, katuse- ja komposiitmaterjalide valmistamiseks ning trammi- ja raudteeülesõidu kohtades, tootmishoonete põrandates ning spordiväljakutel ja laste mänguväljakute plaatide-mattide valmistamiseks.

Osa vanarehvidest põletatakse, seda tehakse peamiselt tsemenditööstuses ja soojuselektrijaamades. Selline teguviis ei ole keskkonda saastavate dioksiinide ja furaanide moodustumise tõttu vastuvõetav.

Laguneb algmaterjalideks

Üks parimatest autorehvide ümbertöötlusmeetoditest on pürolüüs, mis on orgaaniliste ainete lagundamine kõrgel temperatuuril õhu juurdepääsuta. Kui rehve õhus kuumutada, hakkavad need kõigepealt hõõguma ja seejärel leegiga põlema. Ent kuumutades rehve hapniku juurdepääsuta, ei ole põlemine võimalik ja rehvid lagunevad keeruliste keemiliste protsesside tulemusena nende tootmisel kasutatud toormaterjalideks – tavalisteks süsivesinikeks.

Pürolüüsil moodustuvad tahke jääk ja auru-gaasisegu. Auru-gaasisegu koosneb süsivesinike aurudest (pürolüüsivedelkütus), veeaurust (pürolüüsivesi) ja mittekondenseeruvatest põlevgaasidest.

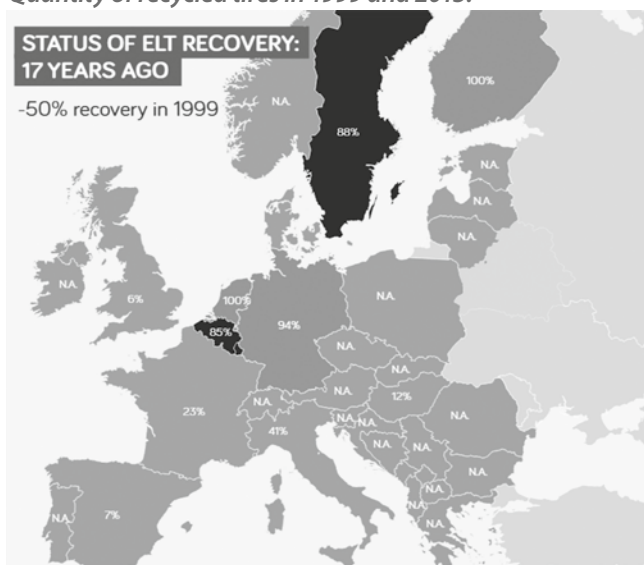
Selline taaskasutusvõimalus tuleneb rehvide koostisest. Tabelis 1 on esitatud autorehvide keskmine koostis [1].

JOONIS 1.

Ümbertöödeldud rehvide kogused aastatel 1999 ja 2013.

FIGURE 1.

Quantity of recycled tires in 1999 and 2013.



TABEL 1.

Autorehvi koostis.

TABLE 1.

The composition of car tires.

Koostisosa	Sõiduauto rehvi, massi%	Veoauto rehvi, massi%
Kumm/elastomeerid	47	45
Tahm	21,5	22
Metall	16,5	25
Tekstiil	5,5	0
Tsinkoksiid	1	2
Väävel	1	1
Lisandid	7,5	5
Süsinikku sisaldavad materjalid kokku	74	67

Uurimislaborites kasutatakse pürolüüsisaaduste saagise määramiseks alumiiniumist Fischeri retorti (vt fotot). Meetod põhineb uuritava näidise kuumutamisel alumiiniumretordis 80 minuti vältel temperatuurini 520 °C. Enne retorti panekut peenestatakse rehvi kummipuruks.

Tabelis 2 on esitatud kummipuru ja põlevkivi pürolüüsisaadused ning kummipuru pürolüüsiõli ja põlevkivikütteõli omadused.

TABEL 2.

Kummipuru ja põlevkivi pürolüüsisaadused ning pürolüüsiõlide omadused.

TABLE 2.

Oil yield and properties of pyrolysis oils from rubber crumb and oil shale.

Omadus	Kummipuru	Eestis kaevandatud põlevkivi
Õlisaagis	54,9	17,5
Tahke jääk	33,2	77,0
<i>Pürolüüsil saadud vedelsüvisesinikud</i>		
	Kummipuru pürolüüsiõli	Põlevkivi-kütteõli, max
Tihedus, g/cm ³ (15 °C)	0,921	0,950
Väävlisisaldus, %	0,85	0,90
Joodiarv, gJ2/100 g	160	110
C, massi%	87,4	84
H, massi%	9,9	10
Põlemissoojus, MJ/kg	41,1	41,0 (min)

Tabelis esitatud andmetest nähtub, et peenestatud rehvide pürolüüsil saadud õli on omadustelt sarnane põlevkivikütteõliga. Ainsana erineb märkimisväärselt õlide joodiarv, mistõttu on autorehvidest toodetud õli põlevkiviõliga võrreldes väiksema stabiilsusega.

Hüdrogeenimine tõstab kvaliteeti

Tippkvaliteediga stabiilsete kütuste tootmiseks kasutatakse lõhustava hüdrogeenimise meetodit. Lõhustav hüdrogeenimine on mitmejärguline protsess, mis koosneb toorme rikastamisest vesinikuga ja hüdrogeenitud toorme katalüütilisest krakkimisest rõhu all vesinikus. Hüdrogeenimise lõpptulemus oneleneb rõhust, temperatuurist, kuumutuskestusest ja kasutatavatest katalüsaatoritest.

Kummipuru katalüütilisel hüdrogeenimisel rõhuga 5 MPa ja 15 MPa, kuumutamisega 2,5 tunni vältel temperatuuri



Fischeri retort pürolüüsisaaduste määramiseks.

Fischer retort for determining the yield of pyrolysis products.

Foto: erakogu

rini 550 °C, on õlisaagis väiksem, kuid õli kvaliteet palju parem. Kummipuru hüdrogeenimisel saadud õli omadused on esitatud tabelis 3.

TABEL 3.

Kummipuru hüdrogeenimisel saadud õli omadused.

TABLE 3.

Properties of the oil obtained by hydrogenation of rubber crumb.

Omadus	Kummipuru, vesinikurõhk 5 MPa	Kummipuru, vesinikurõhk 15 MPa
Õlisaagis	47,8	50,0
Tahke jääk	33,0	30,7
<i>Pürolüüsil saadud vedelsüvisesinikud</i>		
Tihedus, g/cm ³ (15 °C)	0,884	0,881
Väävlisisaldus, %	0,10	0,07
Joodiarv, gJ2/100 g	69	43
C, massi%	87,5	86,0
H, massi%	10,7	10,9
Põlemissoojus, MJ/kg	41,2	42,1

Tabelis esitatud andmetest nähtub, et vanarehvidest on võimalik saada kvaliteetset kütust. Pürolüüsiga võrreldes on hüdrogeenimise vedelsaagis väiksema tihedusega (881,0 vs. 921,0 kg/m³), väiksema väävlisisaldusega (0,07 vs. 0,85%) ja väiksema joodiarvuga (43 vs. 160), mis võimaldab saada kergemat ja termosta- bilsemat kütust, näiteks autobensiini.

Vanarehvide ümbertöötlemisel on probleemiks metallkoort, mille peab pidevprotsessiga õlitootmisel rehvidest enne eemaldama. Metallkoordi eemaldamine suurendab õlitootmise maksumust. Rehvide ümbertöötlemisel tsükliprotsessiga eemaldatakse metallkoort tsükli lõpus käsitsi või mehaaniliselt.

Kokkuvõtteks võib öelda, et vanarehvide ümbertöötlemine on tootmisvõimalus, mida on mõistlik kasutada. Vanarehvid ei ole lihtsalt jäätmed, mis on vaja kõrvaldada, vaid ka taaskasutatavate materjalide ja energia allikas.

Kasutatud kirjandus:

- ETRMA 2015. aasta aruanne „End-of-life Tyres”
- Pihl, O. A.; Soone, Yu. Kh.; Kekisheva, L. V.; Kaev, M. A. (2013). Tire processing using pyrolysis and hydrogenation methods. Solid Fuel Chemistry, 47 (3), 183–192

Eesti biokütuste ühingu õppepäev Koksvere biometaanijaamas ja aktsiaseltsis ESRO

EBA Study Day at Koksvere Biomethane Station and ESRO Ltd



ÜLO KASK (EBÜ)



JANITA
ANDRIJEVSKAJA
(PILVERO OÜ)

Eesti biokütuste ühing külastas suve hakul Baltimaade esimest põllumajanduslikul toormel töötavat biometaanijaama Koksvere külas Põhja-Sakala vallas Viljandimaal. Osaühingu Biometaan rajatud biometaanijaam alustas tööd 2018. aastal ja toodab praeguseks ühe laudakompleksi jäätmetest ligi 1,2 miljonit Nm³ biometaanit aastas (97% metaanisaldusega). Jaama kõrvale rajatud avalikust tanklast saavad kõik soovijad biometaanit ka tankida.

Tooraine biogaasi tootmiseks

Toorbiogaasi tooraineks on naabruses asuva osaühingu Mangeni PM farmi lüpsilehmade läga ja tahesõnnik. Aastas kasutatakse ära 81 000 tonni läga, 5000 tonni tahesõnnikut, lisaks pannakse juurde 5000 tonni silo, nii et päevas kulub 200–250 tonni toorainet.

Mangeni laudakompleksis on kasutusel uudne liiva-allapanu tehnoloogia, mis tagab loomadele head elamistingimused ja tõstab väljalüpsitava piima kogust. Läga ja virts kogutakse koos liivaga kokku ning vajalikku biogaasi tooret pestakse liiva seest välja nii, et 95% liivast saab taaskasutada. Väljapestud tooraine aga juhitakse maa-aluse torustiku kaudu läghoidlasse.

Tahke materjal (silo ja tahe sõnnik) tuleb enne lägaga segamist mikserdada pehmeks ja homogeenseks seguks, misjärel suunatakse see koos vedelläga kääritisse (foto 1). Vedela ja tahke osa õige



Foto 1: Biogaasikääritid, ees tahemassi vastuvõtu konteiner.

Photo 1: Biogas digesters, in front is bulk container.

vahekord kindlustatakse programmujuhtava seadme abiga. Biogaasi toorainet ei pastöriseerita.

Biogaasi kääritid

Toorbiogaasi toodetakse kahes 5000 m³ mahutis (eelkääriti ja järelkääriti). Kasutusel on läbivoolutehnoloogia, kus värsket substraati lisatakse kääritisse mitu korda päevas. Lisatava substraadi koguse võrra väljub samal ajal poolkäärinud substraat järelkääritisse ja sealt lõpphoidlasse.

Mõlemad kääritid (foto 1) on soojustatud (80 mm isolatsiooniga) ja tooraine eelsoojendamiseks kasutatakse soojusvahetite (soojustagastus 25–30%) vahendusel saadavat ning kõrvalasuva katlamaja soojust. 20% katlamajas toodetud soojust tarbib farm ja 80% biogaasijaam.

Kääritid on varustatud kahekihilise membraankupliga: alumise membraani alla koguneb biogaas, alumise ja ülemise membraani vahele aga puhutakse õhku, et kuppel oleks kumera kujuga, mis tagab lume ja vihmavee allavajumise. Alumise membraani alla on võimalik paigaldada võrk, mille peal töötajad saavad ohutult kõndida, kui biogaasijaam vajab remonti (nt kui segaja tiivikute reduktor läheb katki).

Kääritite sees on neli tiiviksegajat: kaks kahemeetrise läbimõõduga ja kaks ühe-meetrise tiivikuga. Tiivikute kõrgust saab reguleerida.

Toorainet kääritatakse 37 °C juures ligi 35 päeva. Toorbiogaasis on 55% metaani (CH₄), u 39% süsihappegaasi (CO₂) ja vähesel määral väävelvesinikku, vesinikku ning siloksaane.

Inhibiitoreid ja muid aineid lisati ainult jaama käivitamise perioodil, käärimisprotsessi tekitamiseks. Praegu lisatakse üksnes raudkloriidi (100–250 l päevas) ja hapnikku.

Hapnikku juhitakse kääritisse ja doseeritakse nii, et selle sisaldus ei ületaks 0,5%. See on oluline, sest väävelvesiniku kontsentratsioon tuleb saada alla 5 miljondiku, kui see ületab 8 miljondikku, siis jaam seiskub.

Järelkääritist välja tulnud digestaat on väga nõrga lõhnaga, sellest eraldatakse tahkem osa ja vedel osa suunatakse hoidlasse (laguuni). Mõlemat saab kasutada väetisena.

Toorbiogaasist biometaanini

Eesti standardite järgi peab biometaan sisaldama metaani (CH₄) vähemalt 96,5–97% ja CO₂ sisaldus ei tohi ületada 2,5%.

Seega tuleb toorbiogaasi puhastada nii veest, süsihappegaasist, väävelvesinikust kui ka siloksaanidest.

Alguses toimub biogaasist vee eemaldamine. Selleks suunatakse toorgaas maa-alusesse torustikku, kus see jahtub 10 kraadini ja biogaasis sisalduv vesi kondenseerub välja.

Järgmisena suurendatakse gaasi rõhku 150 millibaarini ja suunatakse see eelpuhastisse. Kahe filtri abiga (aktiivsöe- ja raudoksiidi graanulid) puhastatakse gaas väävelvesinikust ning siloksaanidest. Alles siis suunatakse see membraanpuhastisse.

Membraanpuhastuse tehnoloogia (DMT Carborex MS) on välja töötanud Hollandi ettevõtte DMT Environmental Technology BV (foto 2).

Enne puhastust tõstetakse gaasi rõhku 15 millibaarist 15 baarini. Membraanpuhasti puhastab gaasi CO₂-st ja muudest gaasidest, tõstes nii CH₄ sisaldust 60 protsendilt 97 protsendini. Lõpp-produkti koostist kontrollitakse gaaskromatograafia (ostetud Eesti Gaas AS-i nõudel). Kromatograaf seirab kuut näitajat: CH₄, CO₂, H₂O, O₂, SO₂, H₂. Puhastusprotsessi juhitakse automaatselt (ICP Solutions OÜ).

Biometaanijaama keskmine tootlikkus on 150 m³ metaani tunnis ja membraanfiltreid tuleb vahetada üksnes iga 7–8 aasta tagant. Ühest tonnist silost saadakse keskmiselt 150 m³ biometaani. Ühest tonnist keskmisest toorainest (vedela ja tahke segu) saadakse 100 m³ biometaani.

Biometaani müük

Enne müüki biometaan lõhnastatakse (kahe kemikaaliga) ja tõstetakse rõhku 250 baarini 100 kW kompressoriga, mille jääksoojust kasutatakse garaaži põrandakütteks.

Suurem osa biometaani viiakse klientidele ballooneidena konteineris, kasutades selleks eritellimusel valminud surubiometaaniga sõitvat 410 hj Iveco Stralise veoautot (foto 3).

Konteinerisse mahub 11 alumiiniummist ballooni, mis sisaldavad kokku 5000 m³ ehk 3,5 tonni biometaani, mis on jaama 1,5 päeva toodang. Ettevõtte on kasutusele võtnud neli konteinerit ja praegu on biometaani peamine tarbija Paides asuv ettevõtte Eesti Pagar.

Osa biometaanist müüakse jaama kõrvale rajatud tanklas (foto 4). Biometaani hind on 84 eurosent/kg (5.06.2019 seisuga).



Foto 2: EBÜ liikmetele tutvustatakse Koksveres biometaani puhastusseadmeid ja -tehnoloogiaid.

Photo 2: EBA members will be introduced to biomethane purification equipment and technology in Koksvere.



Foto 3: Surubiometaaniga sõitev 410 hj Iveco Stralise veoauto surubiometaanikonteineriga.

Photo 3: 410 HP Iveco Stralis truck running on compressed biomethane with compressed biomethane container.



Foto 4: Koksveres asuv biometaani automaattankla on avatud kõigile soovijatele.

Photo 4: Automatic filling station for biomethane in Koksvere, open to anyone.

Foto: Ülo Kask

Projektist üldisemalt

Biometaanijaama ehitus läks maksma 5,1 miljonit eurot, koos transporditehnikaga üle 6,3 miljoni euro. Keskkonnainvesteeringute keskuse (KIK) toetuse osa selles oli üle 2,6 miljoni euro.

Biogaasijaama käib regulaarselt kontrollimas audiitor, kelle üks peami-

si ülesandeid on CO₂ kokkuhoiu arvu-tamine ja selle võrdlemine põlevkivist energia tootmisega. CO₂ kokkuhoid peab olema vähemalt 60% (st fossiilenergia osa biometaani tootmisel ei tohi ületada 40% sellest energiast, mida biometaanist saadakse), normaalolukorras on see 75%.

Eesti turbatööstus kliimaneutraalses maailmas

Estonian peat industry in a climate-neutral world



REIN VESKI

Turbatööstus on näide tööstusharust, mis oleneb ilmast – pike- mas perspektiivis kliimast, seda ise mõjutades. Alljärgnevat tuleks võtta näitena sama ajakirja numbris avaldatud loole „Inimkond enda sepi- setud kliima tõmbetuules: kas sellist Maad me tahame?“. Märgalad, sh sood, on alad, kust eritub kasvuhoonegaase, mille kogus ja koostis muutub inimtegevuse tule- musel. Olgu selleks siis soode kuivendamine metsa- ja põllumajandusmaaks, turba- kaevandamine, jääkväljade kasutamine või märgalaks kujundamine.

Turba kaevandamise ja kasutamise kümnend Eestis

Eesti turbaliit koostas 27. novembri 2019 seisuga ülevaate „Turba kaevandamine ja kasutamine Eestis 2010–2019“. Üht-teist võib seal jooksva aasta kohta täpsustada, kuid kaevandusmahu sõltu- vus sademetest oli ilmne. Soodsal 2013. aastal kaevandati turvast 994 100, väga viimasel 2016. aastal 517 400 ja enam- vähem keskmise sademete hulga

2019. aastal 763 200 tonni (3. kvartali seisuga).

Freesturba kasutamine elektrienegia ja soojust tootmisel langes ajavahemikus 2010–2018 353 000 tonnilt 121 000 tonni- ni, jäädes viimasel neljal aastal enam- vä- hem samale tasemele.

Turbabriketi viimase kümne aasta põletamise „kõrghetk“ jäi aastasse 2012 – vaid 13 000 tonni – ja alates 2017. aas- tast pole see enam kasutuseski. Sellega on üks etapp Eesti turbatööstuses lõppenud. Samas on vanu rabasid piisavalt, et kütte- turvast kaevandada.

Turvas muutub põletamisel otse süsi- nikdioksiidiks või oksüdeerub kasvutur- bana aeglaselt kasvuhoonegaasiks eks- portdisihtriikides või Eestis.

Kui palju turvast täpselt Eestist välja vee- takse, pole teada, sest kaevandatava turba kohta peetakse täpset arvestust 40%-lisele niiskusele ümberarvestatult, eksportturba niiskuse üle arvestust ei peeta. Nii kasvatab vesi vihma-aastatel eksportturba kogust.

Kümnendi statistikast tegi Eesti tur- baliidu aastakoosolekul novembris 2019 ülevaate OÜ Inseneribüroo Steiger esi- ndaja Epp Kuslap.

Tema ülevaatest ja turbaliidu juhatu- se esimehe Jüri Tiidermanni, AS-i ASB Greenworld Eesti esindaja sissejuhatusest ning turbaliidu tegevdirectori Erkki Niit- laane aruandest võis üheselt aru saada, et turbatootjatel tuleb hakata rakendama tegevuse jätkamise kindlustamiseks se-

nisest tõhusamaid keskkonna- ja kliima- meetmeid.

Mismoodi seda teha? Selles selgusele jõudmiseks kutsuti seminarile välisesi- nejaid laiemat taustaolukorda avama ja mõtteid avaldama.

Kõige tõhusam oleks Euroopa Liidu kliimaeesmärgi toetavas Eestis turba- kaevandamine üldse lõpetada, kuid see poleks lahendus lähiaastakümnel mitme- kordistuva nõudluse tõttu kasvusubstraa- tidele, mida kataksid kolmandad riigid. Tõsi küll, ka neil on Pariisi kokkuleppega võetud kohustusi.

Olukord turbarindel Iirimaal, Soomes ja mujal

Soome biokütuste ühingu turbaharu ju- hataja, Growing Media Finlandi esindaja Hannu Salo ettekandest saadi teada Ees- tiski uudisekünnise ületanud muutustest aastaid tagasi Euroopa Liidu toetust nau- tinud Iiri turbatööstuses. Toetust saadi näiteks kõrgtehnoloogilise turbaelektri- jaama rajamiseks.

Mitme asjaolu kokkulangemisel on kolmes turbaelektrijaamas ja ühes brike- titehases töö peatunud, mis aitab Iirimaal kliimaeesmärgi täita, kuid tekitab ka vaja- duse sotsiaalseteks ümberkorraldusteks.

Väheneb turbakaevandamise maht, kuid soositakse jätkuvalt aiandusturba kaevandamist. Siit tuleneb ka huvi kor- raldada Eesti turbaettevõtete töötajate tutvumisreis Iirimaale.



Hannu Salo.



Erkki Niitlaan.



Jüri Tiidermann.



Eesti turbatootjad mõtlevad, kuidas keskkonna- ja kliimasäästlikumalt turvast kaevandada.

Estonian peat producers are considering how to extract peat in an environmentally and climate-friendly way.

Foto: Priit Simson

Tagasivaatavalt – esimene Eesti tutvumisgrupp käis Iirimaal oktoobris 1995, nelja päevaga saadi põhjalik ülevaade turbaga seonduvast. Uuele tutvumisringile minejatel on vaadata käesoleva ajakirja eelkäijas Eesti Turvas (2/4, 1995) avaldatud Iiri Bord na Móna konsultatsioonitalituse asedirektori Thomas Bradley ülevaade ja osavõtjate tähelepanekud.

Salo hinnangul oli Soomes tavaline turba-aasta. Kuid energiaturba kasutamine oli kümne aastaga ligi poole peale langenud ja kliimaeesmärke silmas pidades langeb see tehnilise miinimumini, mis viib osa kombijaamade sulgemiseni.

Turbatööstuse arengut aitab toetada mittetulundusühing Responsibly Produced Peat (RPP), kes otsib lahendust vastutustundlikuks turbatootmiseks. Ühingu kohta leiab internetist põhjalikku infot, ka oli selle esindaja Maureen Kueneni ettekanne taotluslikult seminari pikim – 60 minutit.

2013. aastal asutatud RPP sertifikaat on mõnel Eesti ettevõttel juba olemas. Turvast kaevandatakse 13 186 serditud hektarilt.

Kueneni jutt mujal toimuvast tegi ettevõtjad paratamatult ettevaatlikuks.

Šveits, kus turvast ei kaevandata, oli otustanud kärpida kasvuturba kasutamist 5 protsendini. Hobiaednikele kehtib see 2020. ja professionaalidele 2030. aastast.

Ühendkuningriikide siht 2020. aastaks hobiaednikele on 0%, kümme aastat hiljem sama ka professionaalidele.

Suur turbaeksportöör Saksamaa kasvatab turbakaevandamist lõpetada aas-

tal 2050. Sellega drastilisemate tagasilöö- kide nimekiri esialgu piirdus.

Kuulati veel ettekandeid kliima- neutraalse Eesti eesmärkidest (Getlyn Denks), Eesti aiandusliidust (Raimond Strastin), energeetika arengutest (Jaanus Uiga), CO₂ püüdmis- ja utiliseerimistehnoloogiate rakendustest (Alar Konist), Hiina ja Kagu-Aasia ärikultuurist (Rafael Jiménez Buendia) ning robotikast turbatööstuses.

Järeilmõtteid

Faktidest: Eestimaa looduse fondi, Growing Media Europe'i ja Eesti turballiidu andmetel (Maaleht, 31.10.2019) kaevandatakse maailmas stabiilselt vaid umbes 0,1% turbamaid, Eestis 2%. Maailma soodest 86% on looduslikus või sellele lähedases olekus.

Orgaanilist ainet lisandub soodes mitukümmend korda kiiremini kui mullas. 2013. aasta lõppraportis „Eesti võimalused liikumaks konkurentsivõimelise madala süsinikuga majanduse suunas aastaks 2050“ hinnati meie inimõjutamata 300 000 hektari suuruste soode aastast süsiniku sidumisvõimet 55 000–69 000 tonnile, avaldades kahtlust, et see ei pruugi kompenseerida turba kaevandamise käigus kaevandusaladelt (30 000 ha) ega ka teistelt kuivendatud aladelt (380 000 ha põllumajandusmaad) eralduvat CO₂ emissiooni, samuti mitte turba kaevandamise käigus ökosüsteemist välja viidud süsinikku. Tekib küsimus, miks peaks turbakaevandamine kompenseerima näi-

teks üle 12 korra suurema kuivendatud põllumajandusala emissiooni.

Sood seovad aastas keskmiselt 620 000 tonni süsinikku, seda on turba orgaanilises aines keskmiselt 55%, seega toodavad Eesti sood aastas 620 000 : 0,55 = 1 127 000 tonni turvast, arvestades ümber 40%-lisele niiskusesisaldusele – 1 878 000 tonni. See ületab kümneaastast keskmist kaevandamismahtu 750 000 tonniga ja jääb lubatud kaevandamismahust 2 850 000 – 972 000 tonni väiksemaks.

Taastuvkütuse etaloni – puidu taastuvust – arvestatakse riigiti. Kui kuskil raiutakse metsa või põletatakse puitkütust, seotakse tekkiv CO₂ üle Eesti kasvavas metsas.

Sama loogika järgi pole õiglane mak- sustada kaevandatut, sh kütetturvast. Maksustamisobjektiks oleks täiendav kasvuhoonegaaside emissioon alates turba kaevandamise algusest kuni kaevandatava ala taastamiseni. See oleks arutlemiskoht. Arutlusele kutsuvas internetikirjutises „Looduskaitse arengukava aastani 2020. 1. osa 2.1. Loodusvarade säästlik kasutamine“ on justkui eelneva väite toetusena fraas: „Nõnda kahanevad aastatuhandete jook- sul ladestunud turbavarud pidevalt mitte ainult kaevandamise jagu, vaid eelkõige (sageli mõttetu) kuivendamise tõttu.“

Ükski turbakaevandamise ettevõtte ei peaks peamiselt 1960. aastate mõttetute põllumajanduslike-metsanduslike kuivendustööde eest vastutama. Küll aga võimaldab mõttetutele tegudele tagasikäigu andmine aidata riigil täita kohustust vä- hendada kasvuhoonegaaside kogust.

Oluline samm on astutud – Euroopa Liidus on määratletud energიაühistud

An important step has taken - in the European Union is defined energy communities



NELE IVASK
CO2MMUNITY
PROJEKTIJUHT



ÜLO KASK
ENERGEETIKAEX-
PERT, TARTU
REGIOONI ENERGIA-
AGENTUUR (TREA)

Kogukonnaenergeetika¹, kitsamalt energიაühistute loomine on Eestis siiani visalt kulgenud. Meil puuduvad kogemused, teadmised ja head näited ühistegevuseks, eriti kogukondliku energia tootmise ning ka tootangu müümise valdkonnas.

Kollektiivses mälus on säilinud helged ajad esimese Eesti Vabariigi ajal õitsenud ühistutest peamiselt põllumajandus- ja metsandussektoris, kuid vahepealne okupatsiooniaeg löikas selle kogemuse pooleks sajandiks selgelt läbi. Ka 1990. aastatel toimunud ühiskondlikud protsessid ei soodustanud ühistegevust.

Alles sajandivahetuse algusest saati on kogukondlik kuuluvustunne ja tegevus hakanud taas jalgu alla saama ning ühistegevus arenema.

Varem takistas energia ühistootmist muu hulgas ka meie õigusruum, mis piiras olulisel määral energiaturul osalemist. Viimastel aastatel on seadusloome muutunud energia ühistootmise suhtes soosivamaks, kuid täpsemaid energიაühistute määratlusi meil veel riiklikul tasandil välja töötatud ei ole.

Taastuvate energiaallikate kättesaadavus ja muutuv olukord elektriturul annab aga aina rohkem võimalusi ka väiketootjatele, sealhulgas energიაühistutele, mis on kogukonnaenergeetika kõige levinum väljund.

Tulenevalt vajadusest ühtlustada kliimaeesmärke ja nende täitmist liikmesriikide vahel, hõlbustada üleminekut fossiilkütustelt puhtamatele energiaallikatele ning vähendada kasvuhooonegaaside heidet, on Euroopa Liit põhjalikult ajakohastamas oma energiapoliitika raamistikku, sealjuures elektrituru toimimise mehhanisme.

Esimene suur samm on astutud ja 2018. aasta lõpust alates on jõustunud mitu direktiivi, mis kokku moodustavad puhta energia paketi. Energiaühistute jaoks olulisi aspekte käsitlevad eelkõige uuenenud **taastuenergia direktiiv** ja **elektrituru direktiiv**. Liikmesriikidel on kohustus direktiivid oma õigusruumiga kohandada 30. juuniks 2021.

Energiakogukondade (energiaühistute) määratlused uuendatud direktiivides

Puhta energia pakett sisaldab kahte energiakogukondade määratlust:

Kodanike energiakogukonnad (ingl *k citizen energy communities*), mille sisu kirjeldatakse Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiivis (EL) 2019/944, 5. juuni 2019 (artikkel 2, lõige 11).

Taastuenergia kogukonnad (ingl *k*



¹ Kogukonnaenergeetika on kogukondlik ühistegevus (näiteks külakogukonnad, korteriühistu, metsaühistu, väikesaare elanikud jne), mille peamine eesmärk on ühistule kuuluvate seadmete abiga toota, jaotada ning müüa oma liikmetele elektrit ja soojust kulude vähendamiseks ning parema elukeskkonna loomiseks ja/või teha ühtlasi investeeringuid elektrit ja soojuse tootmise eesmärgiga osaleda elektriturul tootja, müüja ja tarbijana. Kõige levinum viis selleks on energიაühistute loomine.



Energiaühistule kuuluvad elektriautod Sprakebüllis Põhja-Saksamaal.
The electric cars owned by energy community in Sprakebüll in North-Germany.

renewable energy communities), mille sisu kirjeldatakse Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiivis (EL) 2018/2001, 11. detsember 2018, (artikkel 2, lõige 16).

Oluline on märkida, et mõlemaid energiakogukondi käsitletakse kui eelkõige mitteärilist tüüpi turuosalisi. See on ka üks peamisi põhjuseid, miks liikmesriikidele on pandud kohustus tagada, et neil oleksid võrdsed tingimused elektriturul tegutsemiseks. Selline nõue sisaldub mõlemas kõnealuses direktiivis ja peaks tulevikus looma soodsamad tingimused energiakogukondade tekkeks.

Kodanike energiaühendused

Elektrituru direktiivi määratluse järgi on „kodanike energiaühendus” juriidiline isik:

a) mis põhineb vabatahtlikul ja avatud osalusel ning seda kontrollivad ühenduse liikmed või aktsionärid, kes võivad olla füüsilised isikud, kohalikud omavalitsused ja/või väikeettevõtted;

b) mille peamine eesmärk on rahalise kasumi teenimise asemel pakkuda oma liikmetele, aktsionäridele või kohalikele piirkondadele, kus ta tegutseb, keskkonnanalast, majanduslikku või sotsiaalset kasu ja

c) mis võivad tegeleda tootmisega, sealhulgas taastuvatest energiaallikatest, jaotamise, tarnimise, tarbimise, energia salvestamise, energiatõhususe teenuste või elektrisõidukite laadimisteenustega või osutada oma liikmetele või aktsionäridele muid energiateenuseid.

Uue käsitluse järgi on „kodanike energiaühendused” oma liikmete struktuuri, valitsemisnõuete ja eesmärgi tõttu uut tüüpi üksused energiaturul, sest peamine eesmärk pole niivõrd teenitav kasum, vaid teenuste või hüvede pakkumine liikmetele või kohalikule kogukonnale.

Sellise organisatsioonilise ülesehituse kasutamine annab paremad võimalused väiksematele pooltele (kodanikele, väikeettevõtjatele ja ka kohalikele omavalitsustele) energiasektoris ning energiaturul osalemiseks.

Taastuenergiakogukonnad

Taastuenergiadirektiivi järgi on taastuenergiakogukond juriidiline isik:

a) mis põhineb vabatahtlikul ja avatud osalusel, on autonoomne ning seda kontrollivad ühenduse liikmed või osanikud, kes asuvad kogukonna omanduses olevate ja arendatavate taastuenergiaprojektide läheduses;

b) mille liikmed või osanikud on kodanikud, kohalikud omavalitsused või väikeettevõtted;

c) mille põhieesmärk ei ole kasumit teenida, vaid pakkuda kohalikule kogukonnale ja piirkonnale majanduslikku, sotsiaalset või keskkonnaval kasu;

d) mis võivad tegeleda taastuenergiatootmise, tarbimise, energia salvestamise ja müümisega.

Sarnasused ja erinevused

Taastuenergiakogukonnad on määratluse järgi sarnased ja **järgivad sama loogikat kui kodanike energiaühendused**.

Taastuenergiakogukond:

- peab olema juriidiline isik (nt MTÜ, tulundusühistu või muu ühistuvorm);
- peab olema vabatahtlik ja avatud;
- peamine eesmärk ei ole rahaline kasum, vaid muud väärtused. Kuigi mõningane tulu teenimine investeringutelt ühistu liikmetele on ette nähtud, siis peamine kasu ettevõtmisest seisneb pigem liikmetele teenuste osutamises, kogukonna tegevuste ja algatuste arendamises, toetamises, energiaarvete vähendamises, kohaliku taristusse panustamises jne;
- mõlemal on selgelt paika pandud juhtimisskeem;
- peab olema ühistegevus.

Samas on taastuenergiakogukonnadel aga rangemad juhtimise nõuded, nad tegelevad ainult taastuvate energiaallikatega ja on tugevalt seotud kohaliku koguning piirkonnaga (vt tabel 1).

Liikmesriikidel on nende puhul lisaks võrdsete võimaluste tagamisele kohustus edendada ja soodustada taastuvate energiaallikate kasutuselevõttu.

TREA – Co2mmunity projekti partner

TREA osaleb alates 2017. aastast partnerina koostööprojekti Co2mmunity (ra-

TABEL 1.

Peamised erinevused taastuenergiakogukonna ja kodanike energiakogukonna vahel.

TABLE 1.

Major differences between renewable energy community and citizens energy community.

KODANIKE ENERGIKOGUKOND	TAASTUENERGIKOGUKOND
Geograafilisi piiranguid ei ole, liikmed või osanikud võivad olla ka kaugemalt.	Lähedusnõue (määratletakse täpsemalt siseriiklikus õiguses).
Avatud ka keskmistele ja suurtele ettevõtetele, kuid neil ei saa olla otsustusõigust.	Piiratud liikmesus (aktsionäride või liikmete hulka ei kuulu suurettevõtted).
Ainult elektrienergia (tulenevalt elektrituru direktiivi reguleerimisalale).	Nii elektrienergia kui ka soojust.
Tehnoloogianeutraalne (mitte tingimata taastuenergiat).	Ainult taastuenergiat.
Raamistiku loomise peamine eesmärk: luua kodanike energiaühendustele kui uuele turul tegutsejale võrdsed võimalused.	Raamistiku loomise peamine eesmärk: edendada taastuvate energiaallikate kasutamist ja arengut, et suurendada taastuenergiat osakaalu riigi tasandil.

hastatud Interregi Läänemere piirkonna programmist 2014–2020), mis on suunatud kogukonnaenergeetika toetamisele ja populariseerimisele. Agentuur koondab partnereid kõigist Läänemere regiooni riikidest ja toob kokku nende kogemused.

Igas projektis osalevas riigis on moodustatud energia ühistootjate kogukond (RENCOP – ingl k *renewable energy cooperation partnership*), mille eesmärk ja missioon on nõustada uusi ning olemasolevaid energiaühistute algatusi.

Co2mmunity projekti käigus koostatakse andmebaas olemasolevatest energiaühistutest kogu Läänemere regioonis ja luuakse kogukonnaenergeetikat käsitlev terviklik dokument suurendamiseks riikide ning regiooni taastuenergiat eest vastutavate otsustustasandite võimekust ja teadmisi kogukonnaenergeetika arendamiseks.

Kokkuvõtteks

Energiakogukondade võimaluste defineerimine Euroopa Liidu tasandil, nende loomise soodustamine ja liikmesriikide kohustamine viia 30. juuniks 2021 vastavad sätted sisse ka siseriiklikesse õigusaktidesse on olulised sammud kogukonnaenergeetika arendamisel. Kindlasti annab laialdasem kajastus seadustes hoogu ka valdkonnaspetsiifilise tead-

mistepagasi tekkeks Eesti tingimustes, millest on praegu puudus, sest toimivaid energiaühistute näiteid meil veel ei ole.

Seetõttu muutub energia ühistuline tootmine loodetavasti lähiaastatel kättesaadavamaks ja populaarsemaks ka Eesti inimeste ning väikeettevõtete hulgas.

Kui teil on plaanis energiaühistu loomine ja tekib vajadus nõuande järele või tunnete üldisemalt huvi energiaühistute teema vastu, siis palume lahkesti pöörduda TREA poole (Co2mmunity projekti-juht Nele Ivask, nele.ivask@trea.ee).

Infoallikad:

- Taastuenergiadirektiiv: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>
- Elektrituru direktiiv: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ET/TXT/PDF/?uri=CELEX:32019L0944&from=EN>
- Rohkem infot energiaühistute kohta kogu Euroopas: <https://www.rescoop.eu/>
- Rohkem infot Co2mmunity projekti kohta: <http://co2mmunity.eu/>

Kohalikud energiaallikad ja nende kasutamine

Noppeid Eesti trükiajakirjandusest 2019

■ 3. jaanuar 2019, Põhjarannik: „Püssi soojuse hind pöörab langusele koos uue katlamaja valmimisega”

Püssis, kus alates kütteperioodi algusest on hind iga kuu kasvanud, võiks soojuse hind minna madalamaks alles pärast seda, kui valmis saab uus, hakkpuidul töötav katlamaja. Katlamaja ehitamiseks kuulutas Adven Eesti välja hanke. Kui praegu köetakse linna gaasiga, siis tulevikus tuleb suurem osa soojusest uuest hakkpuidukatlast ning gaasikatlamaja võetakse kasutusele ainult siis, kui ilmad on väga külmad.

■ 15 veebruar 2019, Harju Elu: „Haabneemes uus biokütuse katlamaja”

16. veebruaril avatakse Haabneeme alevi Sõpruse tee 4 uus biokütuse katlamaja võimsusega 6 megavatti, mille ehitab kaugkütte terviklahendusi pakkuv Adven Eesti AS. Uus hakkpuidu katlamaja, mis ehitati gaasikatlamaja külge, hakkab nii Haabneeme kui Viimsi alevikku soojaga varustama. „Kõige suurem väljakutse Haabneemes oli nii suure katlamaja ehitamine väikesele alale. Teine ainulaadne asi on, et see katlamaja on võimeline põletama nii hakkpuitu kui ka turvast,” räägib katlamaja seadmed kokku pannud ICP Solutionsi juht Siim Tenno.

■ 29 märts 2019, Harju Elu: „Adven ehitab Saele biokatlamaja”

Energiaettevõtte Adven on koostöös Saue linnaga rajamas Kasesalu tänavale uut kaasaegset hakkpuidul töötavat katlamaja. Ehitustöödega alustati käesoleval nädalal. Lähiajal alustatakse ka soojusvõrkude renoveerimisega. Kokku uuendatakse 2,7 km soojustorustikku. Sügisel valmival katlamajal on 3-megavattise võimsusega katel ja 0,8-megavattise võimsusega suitsugaasipesur ning elektrifilter.

TUULEENERGIA

■ 4. september 2019, Meie Maa: „Vald lubas tuuletehnoloogia liidu kaasata üldplaneeringusse”

Tuuletehnoloogia liidu juhatuse liige Hans Teiv avaldas Saaremaa vallale saadetud pöördumises kahetsust, et Saaremaa vald ei ole kaasanud tuuletehnoloogia liitu Saaremaa valla üldplaneeringu

protsessi. Saaremaa vald lubas tuuletehnoloogia liitu asjade käiguga kursis hoida. „Kuna avaldate oma kirjas soovi olla protsessi kaasatud, siis teavitab Saaremaa vald teid edaspidi üldplaneeringu ja selle keskkonnamõju strateegilise hindamise etappidest. Samuti teavitame teid, kui on võimalus anda sisulist panust üldplaneeringu koostamisse,” kinnitas Saaremaa abivallavanem Jaan Leivategija vastuses Teivile.

■ 3. oktoober 2019, Postimees: „Tuuleenergia patiseis võib laheneda uute radaritega”

Kui valitsusest tuleb heakskiit, võivad kaitseväge radaritest tingitud piirangud tuulikutele kaduda 2024. aastal. Võitluses tuulikute ja radarite vahel võidakse veel sel sügisel astuda samm lahenduse poole, sest valitsus kaalub lisaradarite ostmist. Kuna praegu takistaksid tuulikud mitmes paigas radarite tööd, on mitmele arendusele pidurit tõmmatud. Tuuleettevõtjad on probleemile aastaid lahendust nõudnud ja sel esmaspäeval jõudis valitsuse kliimaja energiakomisjoni lauale põhjalik ülevaade, kuidas seda lahendada.

PÄIKESEENERGIA

■ 16. mai, 2019, Maa Elu: „Päikeseenergia kasvatab eestimaalaste pensioniraha”

Huvi päikeseenergia kasutamise vastu kasvab nii eramajade kui ka tootmisettevõtete seas – kes loodab elektriarvetelt kokku hoida, kes soetab jaama endale pensionisambaks. Kel aga soov osa saada taastuvenergia toetusest, on aega jaama soetada veel poolteist aastat. Ikka veel jagub kahtlejaid, kas meil on piisavalt päikest, et päikesepaneelidest maksimum võtta. Eesti Energia hajatootmise tootevaldkonna tootearendusjuht Margus Potisepp seda muret ei jaga. „Julgen küll öelda, et Eesti on igati hea koht, kus päikesest elektrienergiat toota,” sõnab ta.

■ 18. september 2019, Postimees: „Eestis tekkis sel aastal üle 600 päikeseenergia tootja”

Elektrilevi andmeil on ainuüksi sel aastal tekkinud juurde sadu ja sadu väikest päikesejaamasid, mis oma elektrit võrku müüvad. Kui näiteks eelmisel aastal lisandus Elektrilevi võrku üle 500 päikeseenergia tootja, siis sel aastal on liitunud juba üle 600 tootja. Seejuures on eriti pal-

ju lisandunud just mikrotootjad ehk kuni 15 kW võimusega jaamu, mida tihti peale kasutatakse kodumajapidamistes.

■ 14. november 2019, Maa Elu: „Päikeseenergia pakub põllumeestele suurt huvi”

Põlvamaal asuva Kellamäe talu päikesejaam hakkas elektrit tootma mai-kuus. Talu peremees Jaak Kõiv näeb, et põllumehed tunnevad päikeseenergia vastu elavat huvi – viimastel kuudel on tema juures asja uurimas käinud ümbruskonna ettevõtjaid ja kaugemalt tulijaid, isegi Pärnumaalt on kohale sõidetud. Kellamäe talu pererahvas hakkas oma päikesejaama ehitamise peale mõtlema kaks ja pool aastat tagasi. Ühest küljest utsitas tagant mure kliimamuutuste pärast. „Kliimaprobleem on tõsine ja varem või hiljem peame nagunii taastuvenergiale üle minema,” sõnas Kõiv. Teisalt sundis tegutsema pidevalt tõusev elektrihind: kahe aasta eest äriplaanis prognoositud elektrihind on nüüdseks juba ületatud. Ja mis peamine – talu tootmises kulub palju elektrit, eriti vilja kuivatamise ajal, ja enda toodetud päikeseelekter aitab tootmiskulusid märgatavalt vähendada.

PÕLEVKIVI

■ 31. august 2019, Põhjarannik: „Põlevkivi on kaevandatud aasta lõpuni ette”

Kui Estonia kaevandusest ja Narva karjäärist ei võetaks sel aastal enam välja ühtegi tonni põlevkivi, saaksid Eesti Energia õlitehased ja elektrijaamad töötada planeeritud mahus vähemalt aasta lõpuni, kui mitte kauem. „Põlevkiviladu on peaaegu täis,” tõdes kaevurite ja energeetikute sõltumatu ametiühingu juht Marina Lukjanova, pidades silmas Narva lähedal Auveres asuvat hiidladu, kuhu mahub üle 4,5 miljoni tonni põlevkivi. Eesti Energia õlitehastes kulub aastas põlevkivi ligikaudu 3,7 miljonit tonni. Et alates veebruari algusest on suurem osa elektrijaamade plokkidest kõrgete saastekvoodihindade tõttu seisnud, on elektri tootmiseks kulunud põlevkivi mitu korda vähem kui eelnevatel aastatel.

Ülevaate koostamisel oli abiks

dea.digar.ee

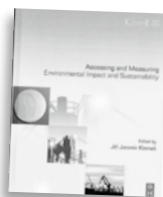
Raamatud

Assessing and Measuring Environmental Impact and Sustainability.

Ed Jiří Jaromír Klemeš. Butterworth-Heinemann. Amsterdam etc. 2015. 559 pp.

Hilinenult meie raamatukogudesse hangitud mahukas jätkusuutlikkuse eriküsimuste kohta kirjutatud raamat inseneridele. Sisukord on lugemisotsuse tegemiseks internetist kättesaadav aadressil <https://www.sciencedirect.com/book/9780127999685/assessing-and-measuring-environmental-impact-and-sustainability>.

Raamat aitab hinnata, määrata ja mõõta tööstuse jätkusuutlikkust, pakub tehnoloogilisi lahendusi ning toob näiteid.



Belyi, A. Stepping on the Gas Future-Proofing Estonia's Energy Market and Security.

International Centre for Defence and Security. 2019. 44 pp. https://icds.ee/wp-content/uploads/2019/05/ICDS_Report_Stepping_on_the_Gas_Belyi_May_2019.pdf. Võrguteavik 53 lk. <https://www.digar.ee/arhiiv/nlib-digar:392033>

Lisaks soovitusel suurendada gaasi tarbimist transpordikütusena ja paindlikumat LNG kasutamist, tõstatatakse päevakorda energiaministri ning iseseisva energiaministeeriumi loomise küsimus.



Eesti elektrisüsteemi varustuskindluse aruanne 2019.

Elering. 2019. 107 lk.

Aruanne sisaldab Taavi Veskimäe eessõna, lisasid ja artikleid Eesti elektrisüsteemi Mandri-Euroopaga sünkronimise, elektrivõrgu arengu, tagasisaadete, varustuskindluse hinnangu, turuülevaate ning küberturvalisuse kohta



Eesti Teadus 2019.

76 lk.

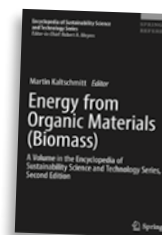
Eesti Teadusagentuuri faktitihe kogumik Eesti teaduse olukorrast. Artikleid kirjutasid Eesti TA akadeemikud Ü. Niinemets, J. Allik, E. Karo, A. Karu, professor K. Kull, Eesti Teadusagentuuri juhatuse esimees A. Koppel ja teised agentuuri, haridus- ja teadusministeeriumi ning ülikoolide juhtivspetsialistid, statistikaameti juhtiv analüütik ja ERR-i Novaatori vastutav toimetaja M. Himma-Kadakas. Kogumik sisaldab 19.12.2018 Kadriorus allkirjastatud teaduse ja innovatsiooni arengut kindlustavat Eesti teaduslepet. Nüüd on selge, et kõikide erakondade poliitikud, kes andsid sellele heakskiidu, pole suutnud lepet täita ja pole isegi näha, millal jõuavad avaliku sektori teaduskulutused vähemalt 1%-ni SKP-st. (Vt https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2019/02/Eesti_teadus_2019_veeb.pdf, <https://novaator.err.ee/1015642/aasta-teaduslepe-allkirjastamisest-kas-ja-mis-on-muutunud>). Kogumikust saab teada, et kõigele vaatamata läheb meie teadusel hästi, kuid pole selge, kauaks.



Energy from Organic Materials (Biomass).

2nd ed. Ed Martin Kaltschmitt. Springer. New York. 2019. 1445 pp.

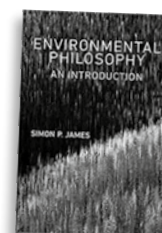
Mahukas ülevaade biomassi kasutusest energeetikas, elektrienergia tootmisel ja transportkütusena. Tähelepanu pööratakse tehnilistele, majandus-, loodushoiu ja sotsiaalsetele küsimustele. Antakse ülevaade tahke-, vedel- ja gaaskütuse kasutamisest ning muundamisest teisteks energialiikideks. Raamat on mõeldud nii asjaarmastajatele kui ka professionaalidele.



James, S. Environmental Philosophy: An Introduction.

Polity Press. Cambridge. 2017. 182 pp.

Loodusfilosoofi kirjutatud raamat on mõeldud keskkonnatundlikule lugejale, eeskätt humanitaar- ja sotsiaalteaduste üliõpilastele. Selles käsitletakse eetikat ja tõstatatakse küsimus inimese kuuluvusest looduslikku maailma.



Johnson, B. Jäätmeteta kodu. Kuidas elada prügivabalt?

Helios Kirjastus 2019. 375 lk.

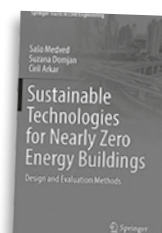
Raamat sobib peredele, kes on otsustanud anda panuse kliimamuutuste peatamiseks isikliku prügimajanduse korrastamise kaudu. Selles on soovitusel peaaegu igaks elujuhtumiks, kuid ka manitsus konsulteerida meditsiini ja tervist puudutavate otsuste tegemisel asjatundjatega.



Medved, S., Domjan, S., Arkar, C. Sustainable Technologies for Nearly Zero Energy Buildings. Design and Evaluation Methods.

Springer. Cham. 2019. 388 pp.

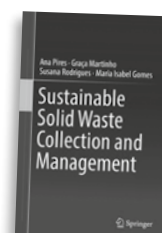
Raamatus on juttu Euroopa Liidu energiatõhususe direktiivist, liginullenergiahoone ehitamisest, nende parimast võimalikust tehnoloogiast, energiaallikatest ja nende, k.a taastuvenergiaallikate kasutamisest. Mõeldud üliõpilastele, teadlastele ja praktikutele.



Pires, A., Martinho, G., Rodrigues, S., Gomes, M. I. Sustainable Solid Waste Collection and Management.

Springer International Publishing AG. 2019. 368 pp.

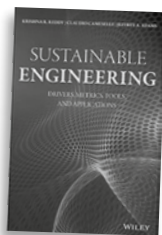
Raamatus käsitletakse jäätmetekke ennetamist, taaskasutust ja seda, mida annab ära teha enne nende kogumist, samuti tehnoloogiat ning kogumissüsteeme, korduskasutust, taasinglust, utiliseerimist, ladestamist, olulusringi hindamist, jäätmeregulatsiooni ja jäätmepoliitikasse puutuvat.



Reddy, K. R., Cameselle, C., Adams, J. A. Sustainable Engineering. Drivers, Metrics, Tools, and Applications. John Wiley and Sons.

Hoboken, NJ. 2019. 526 pp.

Ülikoolidele mõeldud käsiraamatus leidub definitsioone, metodoloogiat ja kõigi käibel olevate inseneridistsipliinide jätkusuutlikkuse printsiipe. 22 peatüki hulgast võivad ajakirja lugejat enam huvitada kolmanda sektsiooni (inseneriteaduse jätkusuutlikud praktilised lahendused) peatükk 14 kõikide energialiikide ja peatükk 15 jäätmemajanduse kohta.



Reinsalu, E. Eesti mäendus. III: diplomeeritud mäeinseneri õpik.

TTÜ Kirjastus, 2019. 271 lk.

Emeriitprofessori kirjutatud õpik on varasemate (2011 ja 2013) täiendatud ja uuendatud järg. Käsitleb samu metoodilisi osi, mis varem: mäeõiguse alused, keskkonnaõigus ja kaevandamise projekteerimine, kuid autori sõnul varasemast vähem poleemilisena.



Sustainable and Responsible After-Use of Peat Extraction Areas.

Eds Agnese Priede, Agita Gancone. Baltijas krasti. Riga. 2019. 256 pp. https://restore.daba.gov.lv/public/eng/activities_and_deliverables/international_conference_about_the_degraded_peatland_management_and_re_use/

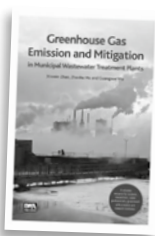
Kaevandatud turbaalade kasutamise rahvusvahelisel konverentsil olid arutlused seotud loodushoiu, kliimamuutuste, vastustust võtva kaevandamise ja kasvuhoonegaaside emissiooniga. Posterettekannetes käsitleti rekultiveerimist ja muid üksikküsimusi. Osavõtjad said kaasa Läti turbatööstusekeskse trükise „Sustainable and Responsible After-use of Peat Extraction Areas” (2019, 259 lk), mis on leitav ülal viidatud internetiaadressil. Selle ning konverentsi ettekannete ja posterite tekst on samuti samal aadressil saadaval.



Zhan, X., Hu, Z., Wu, G. Greenhouse Gas Emission and Mitigation in Municipal Wastewater Treatment Plants.

IWA Publishing. London. 2018. 160 pp.

Professionaalidele ja üliõpilastele mõeldud raamat annab ülevaate kasvuhoonegaaside tekkest üldiselt ning munitsipaalheitevee puhastusjaamades täpsemalt, nende koguste, sh metaani ja diilämmastikoksiidi arvutamisest ning mõõtmisest. Raamatu lõpuosas on heitveepuhastusjaama olelusanalüüs.



Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine – XXI.

2019.

Konverentsil käsitleti taastuenergia rolli kliimamuutuste leevendamisel ja ettevõtluse innovatsioonil. Kogumik pole veel raamatukogudesse jõudnud. Ettekanded on leitavad aadressil <http://tek.emu.ee/teuk-konverentsid/teuk-programm>.

Tanrikulu, F. The European Union's Energy Security and Turkey's Role in the Southern Gas Corridor. Interdependence on the Natural Gas Pipeline Between Turkey and EU.

Peter Lang. Berlin. 2018. 209 pp.

Raamatus analüüsitakse Euroopa Liidu gaasivarustust, mida on ohustanud pinged Venemaa, Ukraina ja Valgevene vahel. Maagaasi lõunapoolne juhe avaldab Eestile kaudset mõju Euroopa Liidu kaudu.



10th International Conference on Biosystems Engineering 2019.

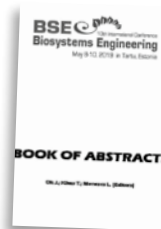
Book of Abstracts. May 8–10 2019 in Tartu, Estonia.

Estonian University of Life Sciences. 2019. 206 pp.

http://193.40.25.6/xmlui/bitstream/handle/10492/4955/ABS_2019_Book_VV.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Teemaderohke päevakavaga konverentsil käsitleti otseste põllumajandusküsimuste (tehnik, majandus, ergonoomika jm) taastuenergeetika ja jäätmete probleeme. Ajakirja lugejale pakuvad ehk enam huvi oli tootmine jäätmebiomassist, erinevatest jäätmeliikidest bioenergia tootmise eripärad, fermentatsioonil tekkivad lipiidid, biogaas, -metaan, -etanool, -kütused, ja -majandus, torrefitseerimise tehnoloogia. Taastuenergiat kasutatakse eraldi, teemaring hüdronergiast akudeni. Teeside tekstid on internetist kättesaadavad, ka võrguteavikust

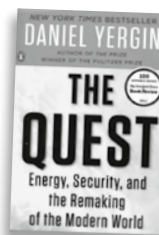
<https://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/4955>.



Yergin, D. The Quest. Energy, Security and the Remaking of the Modern World. Revised and updated. Penguin Books.

London. 2012. 820 pp.

Pulitzeri auhinna võitnud raamat jõudis aastaid pärast trükist ilmumist meie raamatukogudesse lisaks kümnele sama autori peamiselt energeetikateemalisele raamatule. Teos annab põhjaliku ülevaate energeetikas toimunud. Proloog tuletab meelde 30 aasta tagust Iraagi vägede tungimist Kuveiti. Yergini raamat on täis nafta, gaasi, kivisöe, tuuma- ja teiste energialiikidega seotud sündmuste kirjeldusi nende tagapõhjade avamisega. Ennustus, et õige pea muutub mõni tavatu energiaallikas tavaliseks, on täitumas, sealhulgas asjaolu, et viiendaks energiaallikaks saab kokkuhoitud energia ehk efektiivsus. Kliimaprobleemid murravad jõuliselt sisse selle sajandi alguse ülevaadetes. Kel huvi, leiab ehk vastuse, miks me oleme planeedil Maa lõhkise küna ees olukorras, kus energeetikaga läheb hästi, sest seda toodetakse aastast aastasse rohkem.



Ülevaate koostas Rein Veski

Doktoritööde kaitsmisi 2019

Kallemets, K. Development of Resource Regime of Oil Shale Industry. A Case of Estonia (Põlevkivitööstuse ressursipoliitika arendamine Eesti näitel) TalTech Press, 2019. 102 pp. <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/b9c71886-f6a7-47ae-a44d-1591c3bd8dd6>

Autori arvates lõpeb põlevkivielektritootmine lähema 30 aasta jooksul, põlevkiviõli toodetakse pigem vähem kui rohkem. Seega tuleks tegeleda nii elektritootmise kui ka Ida-Virumaa sotsiaalmajandusliku arengu küsimustega. Eestis toimuvast arusaamiseks analüüsi muutusi Poola kivisöe-, California 19. sajandi kulla-, Jordaania fosfaadi- ja Kanada Alberta naftaliivatööstuses.

Ühes publikatsioonis on mittetraditsioonilise-alternatiivse õlitööstuse (*unconventional oil*) näitena esitatud Eesti ja Kanada, mõeldes naftale.

Tööd juhendas professor Üllas Ehrlich Tallinna tehnikaülikoolist, oponeerisid professor Magnus Ericsson Lulea tehnoloogiaülikoolist Rootsis ja professor Urmas Varblane Tartu ülikoolist.

Metsaots, K. Holistic Development of the Oil Shale Region as an Industrial Heritage, Recreational, Sports and Tourism District (Põlevkiviregiooni terviklik arendamine puhke-, spordi-, turismi- ja tööstuspärandipiirkonnana) Eesti Maaülikool. 2019. 248 pp. <https://dspace.emu.ee/xmlui/handle/10492/5167>

Maastikuarhitektuuri eriala töös arutatakse põlevkiviregiooni tööstuspärandi üle ja tehakse ettepanekuid piirkonna arendamiseks, toetudes teiste riikide kogemusele.

Juhendaja professor Kalev Sepp Eesti maaülikoolist, oponent professor Dietwald Gruehn Dortmundi ülikoolist Saksamaalt.

Pulkkinen, S. Development Prospects of the Oil Shale Industry Under Conditions of Renewable and Low-Carbon Energy Policy (Põlevkivitööstuse arenguperspektiivid taastuvenergia ja madala süsinikuehitmega tehnoloogia arendamise poliitika tingimustes) TalTech Press. 2019. 95 pp. <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/7ca88c09-79ed-4bde-9772-9ab94795ce10>

Doktoritöös arutati maailmas leiduvate suurte põlevkivivarude ja -tööstuse märkimisväärse keskkonnamõju üle. Käsitleti põlevkiviõli tootmise ja selle kõrvalsaaduse – uttegaasist põlevkivielektrijäämas elektrienergia genereerimise kasumlikkust. Põlevkiviõli tootmistehnoloogiat peetakse doktoritöös maailma õliturul konkurentsivõimeliseks, põlevkivi-utmisõli kombinajama projekti aga mittetasuvaks isegi nüüdisaja CO₂ hinnatrendi juures.

Juhendaja professor Juhan Valtin Tallinna tehnikaülikoolist, oponendid professor Sanna Syri Aalto ülikoolist Soomes ja professor Andres Annuk Tallinna ülikoolist.

Põldsaar, K. Soft-sediment deformation and gravity flow structures in the Lower Palaeozoic successions of the Baltic Basin (Setteformatsioonide ja gravitatsiooniliste settevoolude tekstuuriid Balti basseini vara-paleosoikumi läbilõigetel) University of Tartu Press. 2019. 105 pp.

Käesolevas geoloogidele uusi teadmisi andvas töös kirjeldatakse ordoviitsiumi ajastu varasemaid teadusüldsusele vähem teadaolevaid sündmusi – tugeva maavärina tagajärjel setteid edasikandvaid tsunamisid. Töös saab üsna põhjaliku ülevaade Eestist edelas paiknevast Volhovi naftakollektorist.

Juhendaja doktor Leho Ainsaar Tallinna ülikoolist, oponent professor Antonius J. Van Loon, Geocom Consultantsist Hispaanias.

Sultson, S. Stalinist Urban Ensembles in East Estonian Oil-Shale Mining and Industrial Town Centres: Formation Mechanisms and Urban Space Identity as the Potential for Spatial Development (Ida-Eesti põlevkivikaevandus- ja -tööstuslinnade keskuste stalinistlikud linnaansamblid: kujunemise mehhanismid ja linnaruumi identiteet kui ruumilise arengu potentsiaal) TalTech Press. 2019. 283 pp. <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/f8a2b077-c4da-4164-83b2-34fb44fd331f>

Doktoritöös määrati kindlaks Ida-Eesti põlevkivikaevandus- ja -tööstuslinnade Kohtla-Järve, Sillamäe, Ahtme, Sompä, Kukruse, Kiviõli, Jõhvi, Kohtla-Nõmme ja Viivikonna kujunemise mehhanismid ning identiteet sõjajärgsel stalinistlikul perioodil (1944–1955).

Juhendajad PhD-d Karin Hallas-Muula ja Nele Nutt Tallinna tehnikaülikoolist, oponendid PhD-d Aino Elina Niskanen Aalto ülikoolist Soomes, Georgy Smirnov Moskva kunstiuuringute ülikoolist ja Tõnis Tatar Tallinna ülikoolist.

Toom, U. Ordovician and Silurian Trace Fossils of Estonia (Ordoviitsiumi ja siluri ajastu jäljekivistised Eestis) TalTech Press. 2019. 263 lk. <https://digikogu.taltech.ee/et/Item/e8c71b8a-d696-4ef1-aa09-70f6543a5e6f>

Osaliselt ordoviitsiumi ajastu kuker-siitpõlevkivi tekketingimustega seotud tööst selgus näiteks, et bioerosioonsete jäljekivististe mitmekesisus Baltoskandia ordoviitsiumis korreleerub organismide kaltsiitse skeleti arenguga, mis on mitme regionaalselt ja globaalselt soodsa teguri – Baltika paleokontinendi soojeneva kliima, settimiskeskonna ning meretaseme stabiilsuse, toitainete külluse ja fütoplanktoni kasvava arvukuse ning „kaltsiitse mere” geokeemia ja keskkonna suureneva hapnikusisalduse koostmõju.

Juhendajad professor Olle Hints Tallinna tehnikaülikoolist ja doktor Olev Vinn Tallinna ülikoolist, oponendid professor Luis A. Buatois Saskatchewan ülikoolist Kanadas ja doktor Oive Tinn Tallinna ülikoolist.



Koostas Rein Veski



Foto 1: AS ESRO renoveeritud Männimäe katlamaja sisevaade.

FOTO: AIN LAIDOJA

Photo 1: Interior view of the renovated Männimäe boiler house of AS ESRO.

EBÜ külaskäik ESRO-sse

ÜLO KASK, EBÜ

Aktsiaselts ESRO on Eesti erakapitalil põhinev firma, mis asutati juba 1991. aasta jaanuaris. Firma tegeleb soojuste tootmise, jaotamise ja müügi Viljandi linnas ning Viljandi valla Jämejala külas (Jämejala katlamaja soojus jõuab ka Viljandi haiglasse ja linna), elektrienergia müügi ning võrguteenuste osutamisega Viljandi linna Männimäe linnaosas, kütte- ja ventilatsioonisüsteemide ning katlamajade hooldus- ja remondi-teenuste osutamisega Viljandi linnas ning selle lähikümbruses ja ehitustegevusega peamiselt tehnosüsteemide rajamisel.

Firmas töötab keskmiselt 40 inimest ja aastane netokäive on 7 miljoni euro piires.

AS ESRO on Eesti kaubandus-tööstuskoja, Eesti jõujaamade ja kaugkütte ühingu ning Eesti biokütuste ühingu liige. Ettevõttele on antud tõhusa kaugkütte sertifikaat, seda nii Männimäe (foto 1) kui ka Jämejala katlamaja (foto 2) võrgupiirkonnale.

Ettevõtte mõlemad katlamajad on renoveeritud, üle viidud hakkpuiduküttele, tipukoormuse katmiseks ja reservkütusena kasutatakse maagaasi ning nende juhtimine on täielikult automatiseeritud.

Külälastuse jooksul kuulati ettekandeid biogaasi puhastamisest biometaaniks ja biokütuste kasutamisest Euroopas (foto 3).



Foto 2: Kaugkütteettevõtte ESRO Jämejala katlamaja hakkpuiduladu.

FOTO: AIN LAIDOJA

Photo 2: Chipwood warehouse of the district heating company ESRO in Jämejala village, Viljandi parish.



Foto 3: EBÜ liikmed kuulavad seminari ettekannet.

FOTO: EHA KASK

Photo 3: EBA members listen to the seminar presentation.

Soojustehnikainseneride selts külastas Paide koostootmisjaama

Estonian Association of Thermal Engineers visited Paide cogeneration plant.



Puiduhakkel töötav Paide koostootmisjaam. Jaama elektriline võimsus on 2 megavatti ja soojuslik võimsus 8 megavatti.

Paide cogeneration plant working on wood chips. The plant has an electrical capacity of 2 megawatts and a thermal capacity of 8 megawatts.



Eesti soojustehnikainseneride seltsi juhatuse aseesimees Leo Rummel jälgib katla tööd.

Leo Rummel, the Vice-Chairman of Estonian Association of Thermal Engineers monitors boiler operation.



Vee happelisuse määramisseadmed. Vesi peab aurukatlas olema leeliseline.

Water acidity analyzers. The water in the steam boiler must be alkaline.

FOTOD: AIN LAIDOJA