

Kas põlevkivi-energeetikal on tulevikku?



ALAR KONIST
Tallinna Tehnikaülikooli
riikliku põlevkivitehnoloogia
tehnikaprofessuuri hoidja

Põlevkivienergeetikal on tulevikku, kui investeerime uutesse nüüdisaegsetesse tehnoloogiatesse ja väärindame tekkinud tahket jääki vajaminevateks toormeteks ja materjalideks.

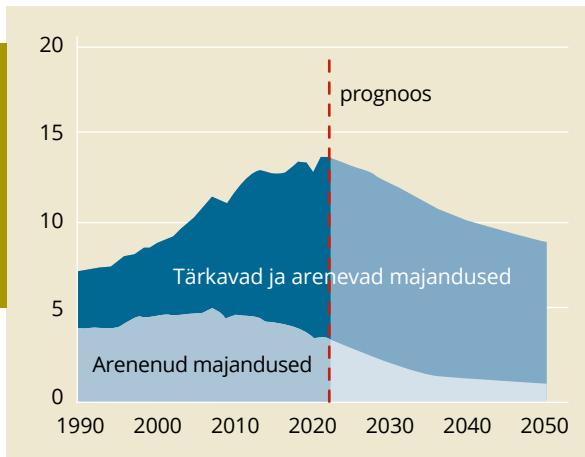
Võetud kliima- ja rohepöörde-eesmärkide täitmiseks tuleb ilmselgelt midagi ette võtta. Selles pole kahtlustki. Kuidas aga seatud eesmärkideni jõuda riikides või regioonides spetsiifiliselt, selle üle pole laiemat arutelu käinud. Kahjuks võime seetõttu teha vähemalt Eesti vaates rutsakaid otsuseid, mis mõjutavad negatiivselt meie tööhõivet ja sotsiaalmajanduslikke näitajaid ning mida hiljem kahetseda võime.

ARENGURIIGID EI SUUDA LEIDA HEAD JA SOODSAT ALTERNATIIVI FOSSIILKÜTUSTELE

Lähtudes praegu Euroopa Liidus (EL) valitsevast poliitilisest kliimast ja suunistest, saab väita, et õigem on

panustada taastuvenergiasse ning sulgeda CO₂ heitmeid põhjustavad tööstused ja energiatootmised. Kui vaadata Rahvusvahelise Energiaagentuuri (IEA) prognoose, mis on esitatud joonisel 1, siis on nii toimimisel kindlasti efekti. Kuid paraku see ei vii meid 2050. aastaks isegi selle tasemeni, mis oli näiteks 1990. aastal. Üheks juurpõhjuseks on arenguriigid, kes heal juhul suudavad CO₂ emissioonide kasvu pidurdada, aga nende prognooside järgi heitmete vähenemist ei toimu. Üheks põhjuseks saab siin olla ka asjaolu, et Euroopas olev tootmine kolib karmistuvates keskkonnatingimustes järjest enam kolmandatesse riikidesse, mis ei anna meile globaalses võtmes soovitud tulemust ehk heitmete vähenemist. Seega tuleb võtta suund, et vajaminev energia, materjalid ja tooted toodetak kohapeal, sest vaid sellisel juhul saame neid just sellise keskkonnamõjuga, nagu on meile aktsepteeritav.

Paljud jõukamad riigid on pikka aega panustanud kestlikematesse energiatootmise lahendustesse, kuid kahjuks suuremat pilti vaadates pole saavutatud tulemusi just ootuspärased. CO₂ emissioonide tekke muutused fossiilkütuste kasutamisel on toodud joonisel 2, kus on näha, et maagaasi ja söe kasutamisel on CO₂ heitmed kasvanud märkimisväärselt.



JOONIS 1. IEA 2022 aasta andmete põhjal tehtud CO₂ heitmete prognoos.

Allikas: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/power-sector-co2-emissions-1990-2050>

2022 aastal kasvasid need pea 1 Gt võrra. Üheks põhjuseks, miks globaalseid CO₂ heitmeid ei suudeta suures mahus vähendada, võib pidada asjaolu, et arenguriigid ei suuda leida head ja soodsat alternatiivi fossiilkütustele. Seda seetõttu, et nende tööstus on energiamahukas ja elanikkonna maksejõulisus tagasihoidlik.

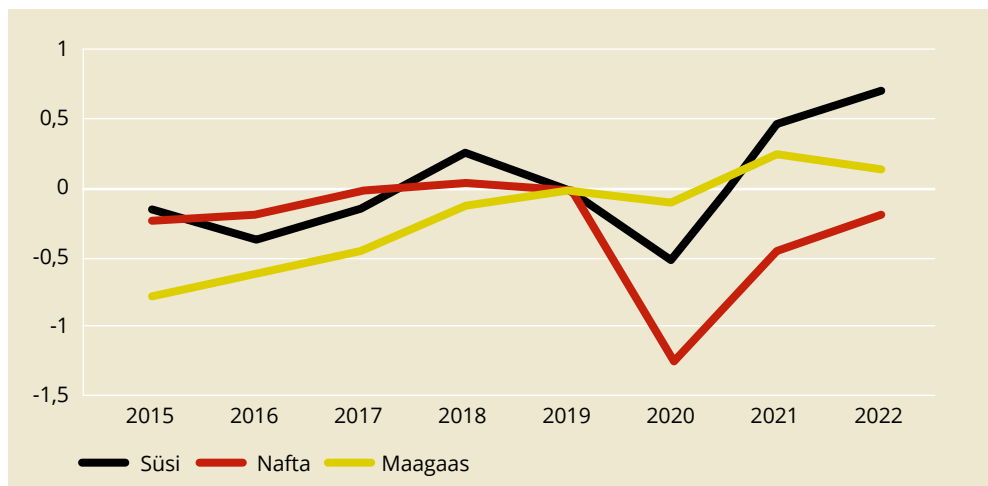
Kui loota CO₂ heitmete peatsele kiirele ja iseeneslikule vähenemisele, siis kahjuks

Rohetehnoloogiate kasutusele võtmine vajab tööstust. See on energia-, ressursi- ja heitmemahukas.

prognoosid joonisel 1 ja 3 vähemalt 2050. aastani seda ei toeta. Seega tuleb otsida lahendusi, kuidas oodatud tulemusteni jõuda.

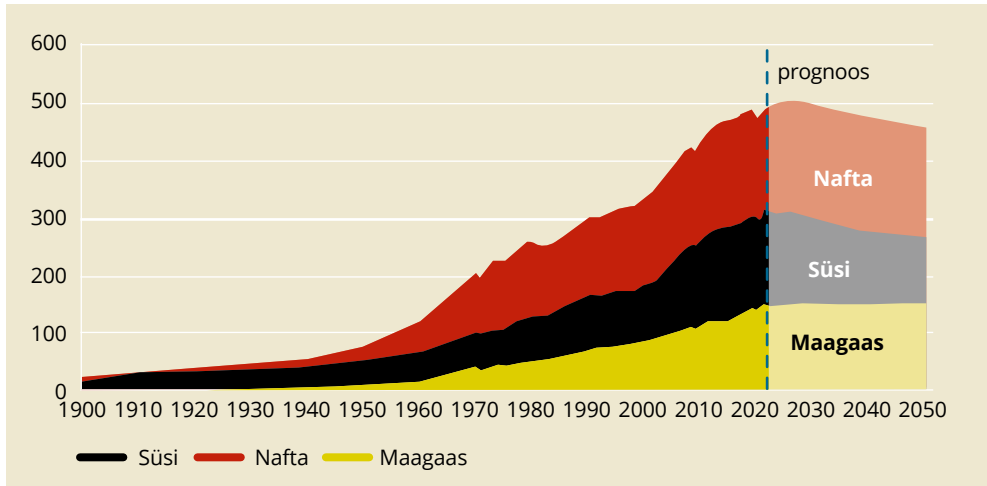
CO₂ emissioonid erinevate sektorite lõikes on toodud joonisel 4, mis aitab mõista, miks heitmete vähendamine ei õnnestu praeguseid meetmeid rakendades nii kiirelt, kui me sooviks, kui tegeme vaid energiatootmisega. Tuleb tegelda ka kasutusvaldkondade ja lõpptarbimise efektiivistamise, uute tehnoloogiate arendamise ja tootmisprotsesside optimeerimisega.

Seda veel olukorras, kus teame, et rohetehnoloogiate kasutusele võtmine vajab tööstust. See on energia-, ressursi- ja heitmemahukas. Toon näitena tuulikut, mis vajavad betoonvundamenti. Kandemast on terasest. Tuuliku labad on



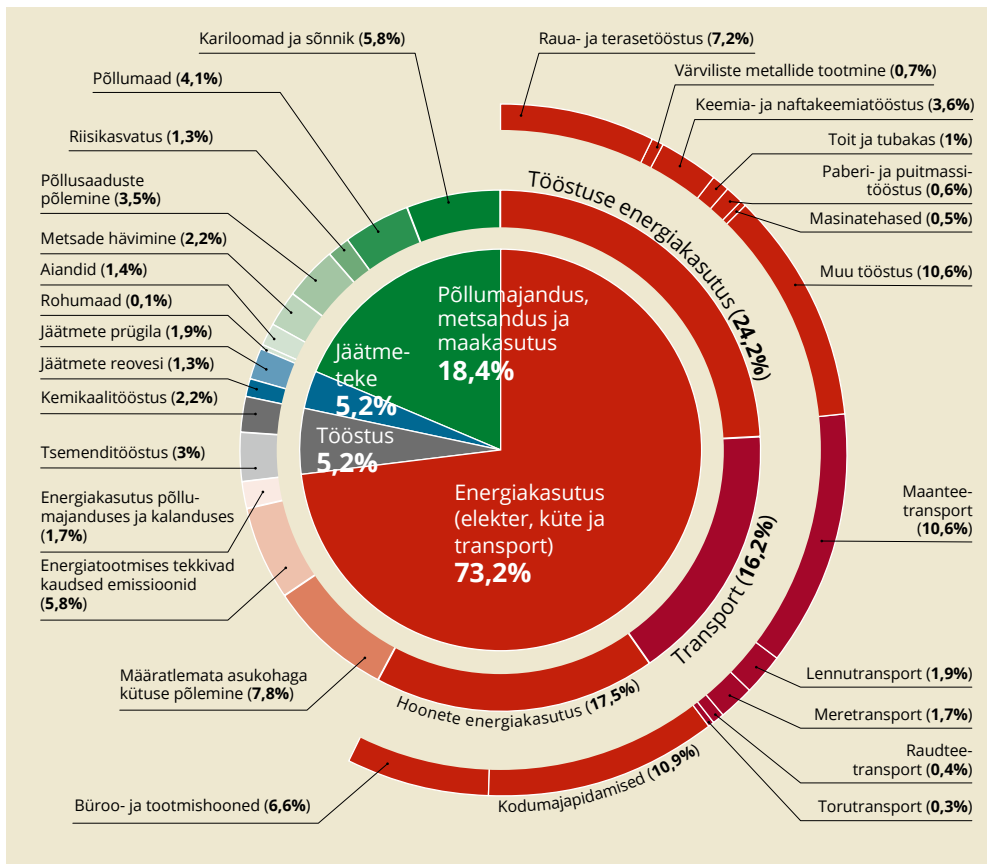
JOONIS 2. Muutused CO₂ tekkimisel fossiilkütuste tarbimise lõikes.

Allikas: <https://www.iea.org/reports/co2-emissions-in-2022>



JOONIS 3. IEA 2022. aasta andmete põhjal tehtud fossiilkütuse tarbimise prognoos.

Allikas: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/fossil-fuel-demand-in-the-stated-policies-scenario-1900-2050>



JOONIS 4. CO₂ emissioonid erinevate sektorite lõikes.

Allikas: <https://ourworldindata.org/emissions-by-sector>

toodetud naftakeemiast. Tuuliku generaator sisaldab palju haruldasi muldmetalle ja suures koguses vaske. Siinkohal on hea välja tuua, et teras ja tsement on energiamahukad ning kaks suurimat heitkoguseid tekitavat tööstuse allsektorit. Näiteks kokku moodustasid need 2017. aastal 12 protsenti ülemaailmsest otsesest CO₂ heitkogustest: 2,2 GtCO₂ tsemendist ja 2,1 GtCO₂ rauast ja terasest. Keemia allsektor oli 1,1 GtCO₂ juures suuruselt kolmas heitkogus (<https://www.iea.org/reports/transforming-industry-through-ccus>).

SÜNERGIA JA UUED TEHNOLOOGIAD ANNAVAD PÕLEVKIVILE UUE ROLLI

Rohepöörde üheks edu aluseks saab olla sünergia, millele pole senini piisavat tähelepanu pööratud.

Just sünergia ja uute tehnoloogiate kasutusele võtmisega peaks põlevkivil olema oma kindel roll kliimanetraalsuse saavutamisel – pakkudes nii igapäevaelus vajaminevaid materjale kui ka energiat. Seejuures on nende tootmisel võimalik saavutada isegi negatiivne CO₂ emissioon, kui rakendatakse CO₂ püüdmise, ladustamise ja kasutamise tehnoloogiaid (CCUS). Teiste energiatootmise lahendustega selliseid võimalusi pole.

Lähenedes põlevkivitööstusele sünergia põhimõttel, avaneb võimalus seda sektorit kasutada toormete allika ja energiasalvestina.

Näiteks põlevkivienergeetikas tekib kõrvalproduktina suurtes kogustes aherainet ja tuhka, mida saame ära kasutada ka teistes valdkondades. Tuhka, mis 2020. aastast tegelikult ei ole enam ohtlik jääde, pole me senimaani tahtnud ulatuslikult kasutusse võtta. Seda tekkivat tuhka on võimalik kasutada portlandtsemendi tootmisel. Kui me seda unikaalset mineraalset tooret tõesti ei tahagi kasutada, siis pole mõtet rääkida ka põlevkivi edasisest kasutamisest rohepöörde valguses. Kui saame aga aru, et tuleviku väljakutse on keskkonnasõbralikumate materjalide loomine või keskkonnasõbralikum tootmine

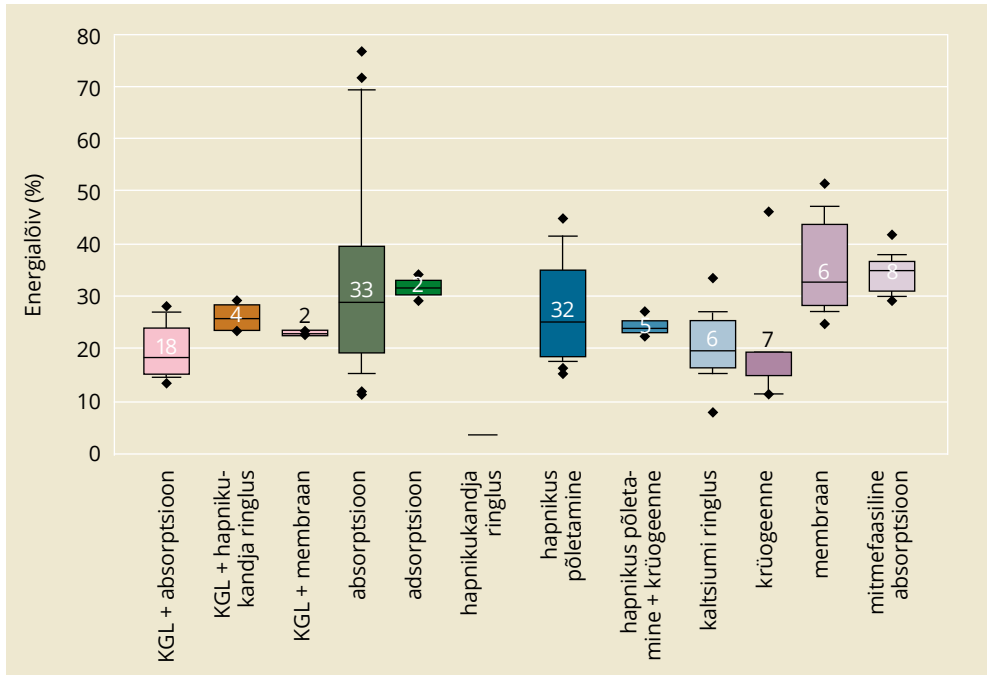
üleüldiselt, on kombinatsioon energia ja materjali tootmisest ühes protsessis just üks osa ringmajandusest. Alternatiivsete energiatootmise viiside puhul selliseid väärtuslikke kõrvalprodukte ei teki!

Põlevkivituhka on võimalik kasutada adsorbendina, ehitusmaterjalina, täitematerjalina plastides, aga ka väetisena, mulla parandajana, keemiliste elementide toormematerjalina, teede aluskatte, ehitusplokkide täitematerjalina ja paljudes teistes rakendustes. Kasutati ju põlevkivituhka omal ajal portlandtsemendi ühe koostisosana ja seda on ühe komponendina kasutatud näiteks Tallinna teletorni ehitamisel.

Teades, et tsemendi tootmisel tekib 0,6 tonni kuni tonn CO₂ ühe tsemenditonni kohta, peaks olema võimalik vastav hulk heitmeid kas siis elektri või tsemendi tootmisest maha lahutada – see on eelkõige ju poliitilise kokkuleppe ja otsuse küsimus. Aga nii vaadatuna saaks elektrienergia tootmise keskkonnamõju olla märkimisväärselt väiksem – heitmete mõttes jõuaksime isegi nulli kanti. Kuid mitte selles pole küsimus – tuhka toorainena kasutades näeksime paremini kogu väärtusahelat ja saaksime ressursi maksimaalselt ära kasutada. Nii väheneb ka uute karjäärade avamise vajadus teistes piirkondades.

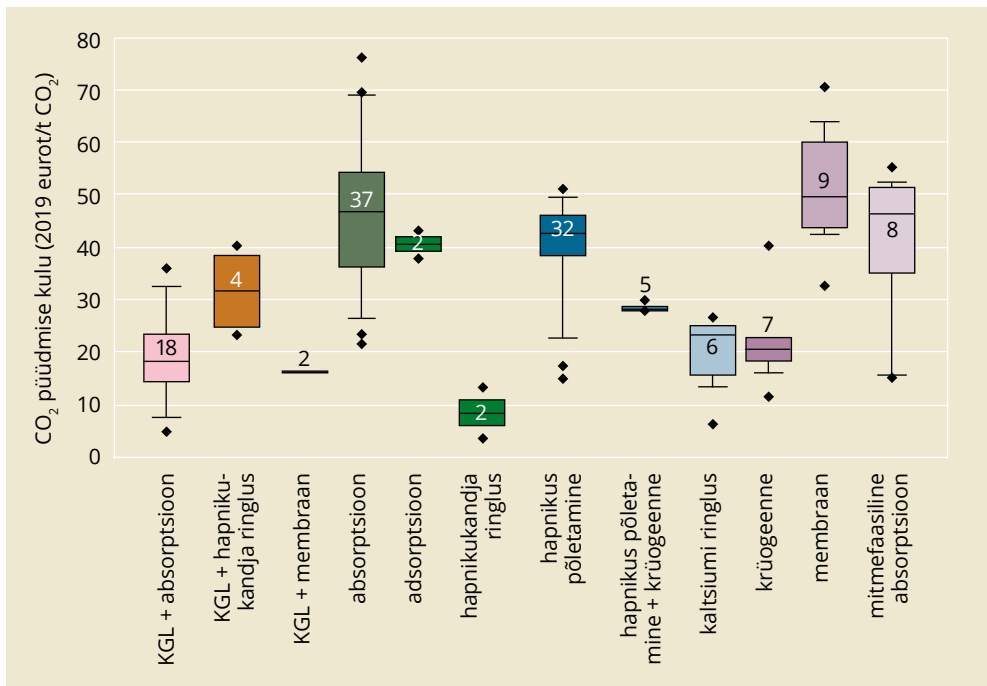
Sünergiat leiab veelgi. Kui taastuvenergiat on palju, toodetakse hüdrolüüsi teel vesinikku, mille tootmise kõrvalproduktina saame hapnikku. Seda saab kasutada süsinikupüüdmise tehnoloogia rakendamisel nn hapnikus põletamisel, mis aitaks selle tehnoloogia praegust energiamahukust (joonis 5) märkimisväärselt vähendada. Seeläbi saame vähendada ka selle tehnoloogia rakendamise maksumust (joonis 6) ja tõsta süsinikupüüdmise tehnoloogia jätkusuutlikkust ja konkurentsivõimet.

See ei ole sünergia võtmes veel kõik. Kinni püütavat CO₂ saab kasutada otse või võib toota sellest erinevaid kemikaale. Lihtsustatud skeem kasutusvõimalustest



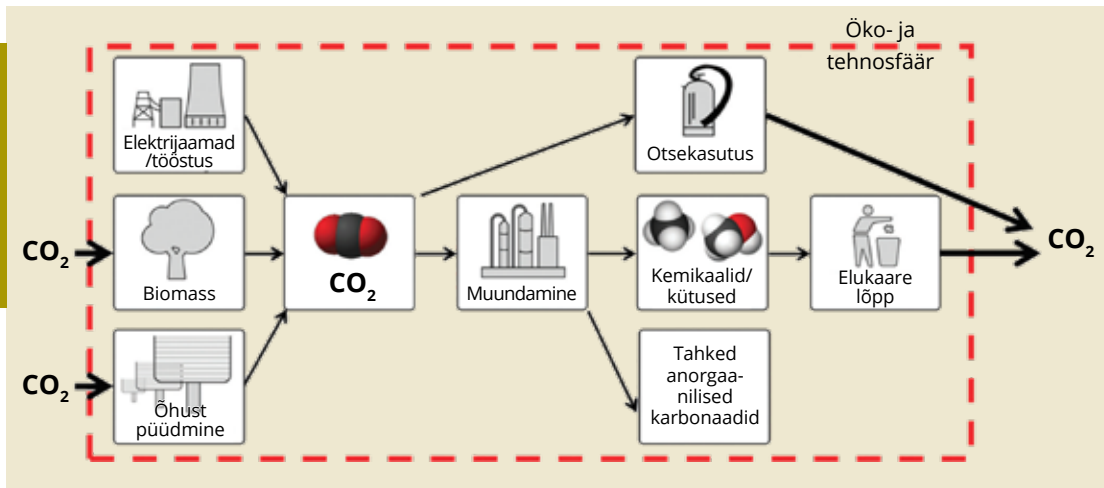
JOONIS 5. Erinevate tehnoloogiate energialõiv.

Allikas: A. Konist et al., „Kliimamuutuste leevendamine läbi CCS JA CCU tehnoloogiate (ClimMIT)“, 2019



JOONIS 6. Hinnanguline CO₂ püüdmise kulu erinevate tehnoloogiate rakendamisel.

Allikas: A. Konist et al., „Kliimamuutuste leevendamine läbi CCS JA CCU tehnoloogiate (ClimMIT)“, 2019



JOONIS 7. Kinnipüütava CO₂ kasutusvõimalused.

Allikas: Mai Bui et al., 2018

on toodud joonisel 7. Energia salvestamise seisukohalt saab kinnipüütud CO₂-st toota nt e-kütuseid, metanooli, dimetüülkarbonaati või muid vajaminevaid kemikaale, mille tootmine nõuab samuti energiat.

Tulles energiatootmise juurde, siis põlevkivil töötavate elektritootmisvõimsuste oluliseks eeliseks on see, et meie põlevkivi hind ei sõltu maailmaturu hindadest ja meil on sellele vaba juurdepääs olemasolevate kaevanduste näol. Lisaks sellele tagab põlevkivienergeetika ka energiasõltumatuse ehk teisisõnu energiapuudumise vältimise.

ENERGIAIMPORD EL-I ON KASVANUD

Energiasõltuvusest ja -süsteemi haprusest saadi aru alles veidi enam kui aasta eest, kui Venemaa alustas täiemahulist sõda Ukraina vastu. See muutis tarbijatele tavapäraseks hoiatused võimalikest elektrikatkestustest ning tõi pidevalt uusi uudiseid järjekordsetest rekordilistest energiahindadest. Kuidas see siis juhtuda sai, kui enne sõda oli kõik hästi? Võib vastu küsida: kas ikka oli hästi?

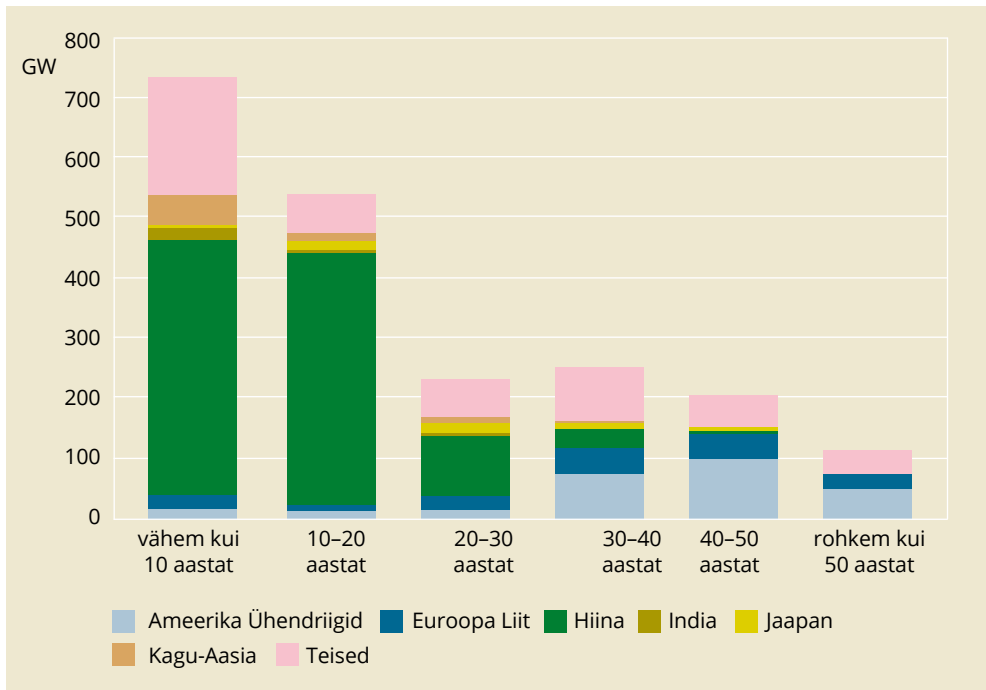
Heitmete vähendamine Euroopa Liidus (EL), mida on esitletud kui suurt saavutust ja eeskujut muule maailmale, on tege- likkuses osaliselt saavutatud kohapealse tootmise sulgemise ja vähendamise ning

toodete ja energia impordi suurendamisega. Nii oli 2020. aastaks energiaimport kasvanud 57,5 protsendini. See tähendab, et me ei suuda isegi poolt ELis vajaminevast primaarenergiast kohapeal toota ning sõltume väga palju meile energiat ekspordivatest riikidest ja nende dikteeritavast hinnast.

Märkimisväärne on ka senine energia- kandjate impordi osakaal Venemaalt. 2020. aastal pärines 26,9 protsenti ELi imporditud naftast, 46,7 protsenti söest ja 41,1 protsenti maagaasist just sealt. Praeguseks on suudetud energiakandjate impordi Venemaalt oluliselt vähendada. Vene torugaas on asendunud veeldatud maagaasiga (inglisekeelse lühendiga LNG), mida me jällegi väga suures mahus impordime. Gaasi osakaal kasvab lähiaastatel veelgi, sest see hakkab asendama söe kasutust.

Miks siis soovitakse ELis suuremahuliselt söekasutuselt üle minna gaasile? Põhjuseid on mitu. Toon siinkohal välja kolm.

- ▶ Esiteks on söelektrijaamade vanus juba selline (joonis 8), et nende ressurss on ammendunud ja need tuleb sulgeda. Omamata söekaevandusi, pole nendega jätkamine või nende asemel uute söejaamade rajamine otstarbekas.



JOONIS 8. Olemasolevate söeenergia tootmisvõimsuste vanuseline struktuur piirkondade kaupa.

Allikas: <https://www.iea.org/data-and-statistics/charts/age-structure-of-existing-coal-power-capacity-by-region>

- ▶ Teiseks saab gaasiturbiine lihtsalt ja kiirelt rajada ning nende CO₂ emissioon saadava energiaühiku kohta on kaks-kolm korda väiksem võrrelduna traditsioonilise söejaamaga (joonis 9).
- ▶ Kolmandaks saab neid gaasijaamu vastavalt vajadusele väga kiirelt käivitada ja koormust reguleerida, mis tagab tuulikutega koostöös stabiilsema energiasüsteemi toimimise.

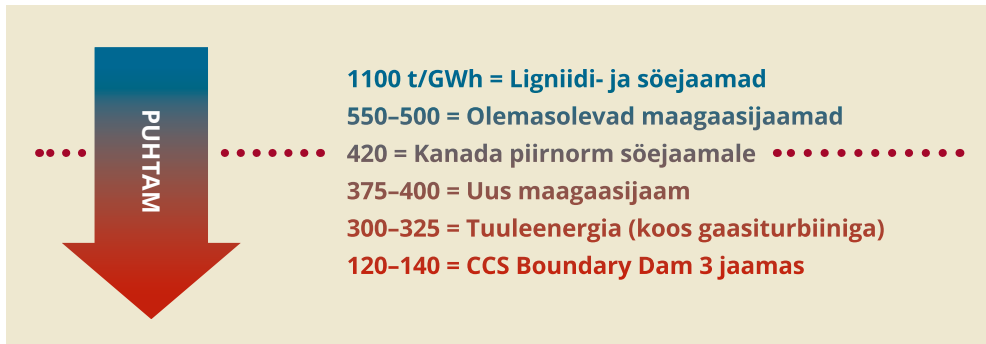
Eestis räägitakse samuti gaasijaamade/turbiinide kasutuselevõttust, mis aitaks tagada varustuskindlust ja süsteemi paindlikkust. Siiski mina ei poolda ainult gaasile lootmist, nagu teeb seda ülejäänud Euroopa. See lihtsalt ei taga meile energiapõlvkõlvikut, mida põlevkivi teeb. Hiljutise näitena saab tuua 2022. aasta energiakriisi, kus vaid vähesed riigid olid nõus oma gaasitarbimist piirama, et seda ka teistele jätkuks.

Seega: kui peaks tekkima tõsine energiakriis, lähtub enamik riike enda

vajadustest ja võimalustest ning naabritega jagatakse energiat vaid siis, kui seda üle peaks jääma. Kindlasti ei tasu selle juures ära unustada ka energiakandjate hindu, mis puudujäägi tekkimisel lakke tõusevad. Põlevkivi hind seevastu maailmaturu hindadest ei sõltu ja saaksime seeläbi saadava energia hinda kontrolli all hoida.

KAS SOOVIME SUURENDADA ENERGIASÕLTUMATUST JA -JULGEOLEKUT?

Siit tekib küsimus, mida me tuleviku asjus ette võtame. Kas jätkame senist teed – sõltuvust teistest – või soovime suurendada energiasõltumatust ja -julgeolekut? Kui valime viimase strateegia, peame mõistma, et sel juhul ainult turupõhine lähenemine tulemust ei anna. See eeldab täiendavaid investeeringuid ja mitte ainult taastuvenergeetikasse, vaid ka põlevkivitööstusesse. Selles valguses tuleb praegused Eesti energiapoliitika



JOONIS 9. Elektritootmise CO₂ heitmenormid ja nende saavutamismõimalused Kanada näitel.

Allikas: <https://ccsknowledge.com/what-is-ccs>

arengutsenaariumid ja tulevikusuunad üle vaadata. Üheks lisapõhjuseks, miks seda teha, on senini kestev sõda Ukrainas, mida meie arengukavades ja lahendustes arvesse pole võetud.

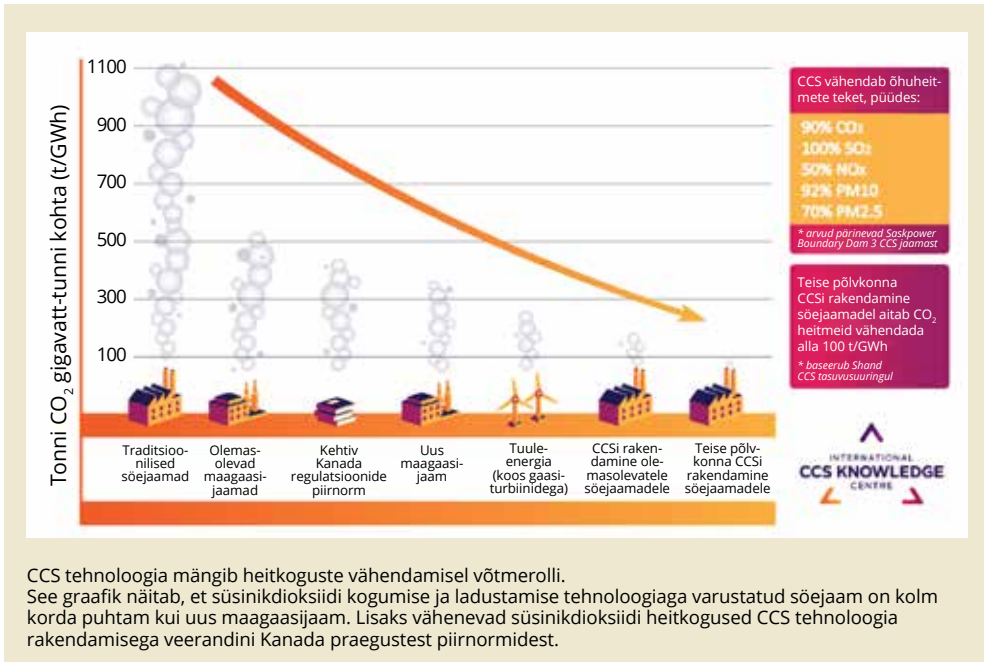
Lisaks sellele on ilmunud mitmeid artikleid, mis soovivad rohepöörde elluviimisel tehtud vigu ja saadud kogemusi arvesse võtta ning sellest lähtuvalt teha korrektsiivseid senises energiapoliitikas. Näiteks sel aastal ilmus ajakirjas Energy Policy artikkel „Are 2050 energy transition plans viable? A detailed analysis of projected Swiss electricity supply and demand in 2050“. Autorid jõudsid oma uuringutega järgmise soovituseni: kutsume Šveitsi ametivõime ja teisi Euroopa riike üles läbi vaatama olemasolevat energiapoliitikat ja vajadusel tegema sellesse korrektsiivseid. Nimelt leidsid nad oma uuringus, et 2050. aastal jätab päikeseenergia nõrk pakkumine Šveitsi ainuüksi jaanuaris 6 TWh pakkumise puudujäägi, mis moodustab 69 protsenti prognoositud nõudlusest, mis võib viia kas plaaniliste katkestusteni või halvemal juhul lähiregiooni elektrivõrgu kokku kukkumiseni. Põhjuseks on juhitavate tootmisvõimsuste pidev vähenemine. See on vaid üks näide, mis kinnitab, et taastuvate energiaallikate kõrvale on lisaks salvestuslahendustele vaja ka juhitavaid tootmisvõimsusi.

Meie juhitav tootmisvõimsus, mis tagaks Eesti energiajulgeoleku, peaks

baseeruma põlevkivil. Seda saab teha täiesti kliimaneutraalselt, investeerides uutesse, nüüdisaegsetel süsinikupüüdmise tehnoloogiatel baseeruvatesse tootmisvõimsustesse. See aitaks seniseid põlevkivienergeetika CO₂ emissioone märkimisväärselt vähendada ja teatud tingimustel anda isegi negatiivse emissiooni, mida ühegi teise energiatootmise lahendusega saavutada pole võimalik.

Toon selle väite toetuseks näite Kanadast, kus on pikka aega tegeldud süsinikupüüdmise tehnoloogiate uurimise ja arendamisega. Jooniselt 10 on näha, et süsinikdioksiidi püüdmise tehnoloogia rakendamisel on söeelektrijaama CO₂ heitmed saadava energiaühiku kohta kolm korda väiksemad võrrelduna uue maagaasijaamaga. Lisaks vähenevad süsinikdioksiidi heitkogused süsiniku püüdmise ja ladustamise (CCS) tehnoloogiaga veerandini Kanada praegustest kehtivatest eeskirjadest, milleks on 0,42 t CO₂/MWh_{el}. Auvere jaama puhul on see näitaja põlevkivi kasutamisel umbes 0,9 t CO₂/MWh_{el}.

Põlevkivienergeetikast saab lihtsasti CO₂ heitmeid 0,9 tonnilt alandada veelgi, kui kasutada sisendkütusena pool puiduna. Sel juhul väheneb vastav näitaja 0,45 t CO₂/MWh_{el}, mis on peaaegu võrdne Kanada praeguste regulatsioonidega. Keerukam meetod põlevkivienergeetika heitmete vähendamiseks on rakendada süsiniku püüdmise tehnoloogiaid, mis vaid



CCS tehnoloogia mängib heitkoguste vähendamisel võtmerolli. See graafik näitab, et süsinikdioksiidi kogumise ja ladustamise tehnoloogiaga varustatud söejaam on kolm korda puhtam kui uus maagaasi-jaam. Lisaks vähenevad süsinikdioksiidi heitkogused CCS tehnoloogia rakendamisega veerandini Kanada praegustest piirnormidest.

JOONIS 10. Süsinikupüüdmise tehnoloogiate potentsiaal heitmete vähendamisel. CO₂ heitmed 1000 t CO₂/GWh = 1 t/ t CO₂/MWh.

Allikas: <https://ccsknowledge.com/what-is-ccs/energy-mix>

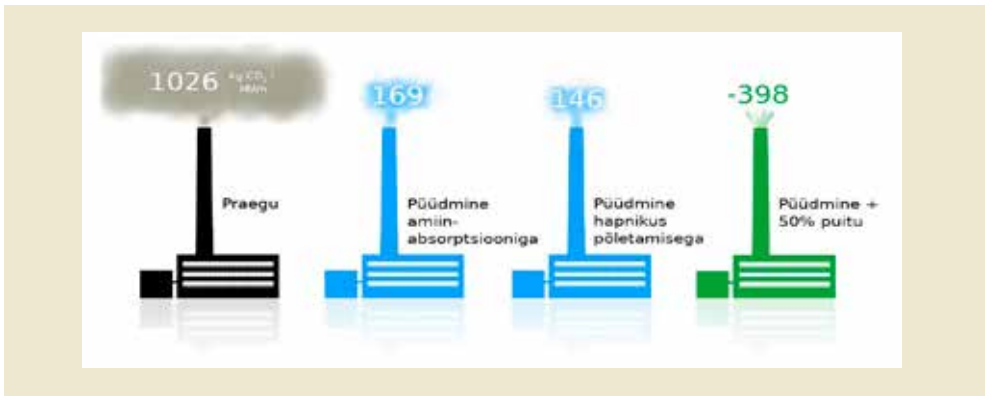
põlevkivi kasutamise korral võimaldaks saavutada nn hapnikurikkamas keskkonnas põletustehnoloogiat kasutades CO₂ eriheitmeks 0,146 t CO₂/MWh_{el}. Kui aga lisaks püüdmistechnoloogia rakendamisele pool sisendkütusest oleks biogeenset päritolu, on võimalik saavutada lausa negatiivne ehk miinusmärgiga heide ehk -0,398 t CO₂/MWh_{el} (joonis 11).

Süsinikupüüdmise tehnoloogiad annavad meile kindluse, et kliima-neutraalsus on saavutatav ka põlevkivi kasutamist jätkates. See leidis kinnitust Tallinna Tehnikaülikooli ja Tartu Ülikooli ühisuuringu 2021. aastal valminud lõpparuandes „Kliimamuutuste leevendamine CCS ja CCU tehnoloogiate abil“.

Näide süsinikupüüdmise tehnoloogiate sõlmpunktidest põlevkivi keevkihtkatlal on esitatud joonisel 12. Aga CCUSi tehnoloogiaid, mida põlevkiviga koos uurida, on veel palju teisigi. Paljulubavad

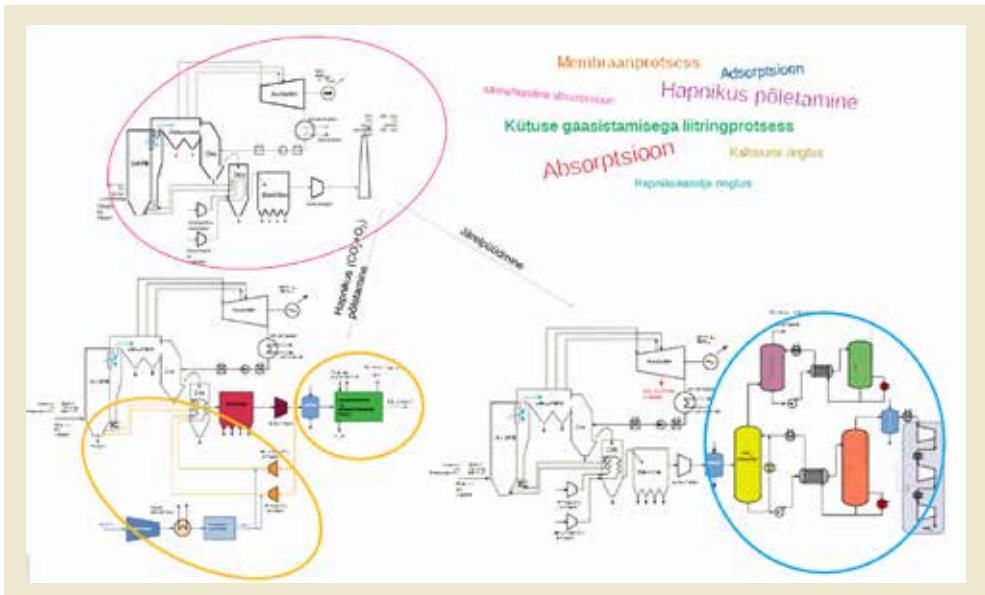
on näiteks keemiline ringpõletus või keemiline ringmuundamine, eesmärgiga toota süngaasi (H₂+CO) ja kõrvalproduktina saada energiat.

Nende erinevate tehnoloogiate teadus- ja arendustegevusse ning kasutuselevõttu peaks kindlasti investeerima. Seda kinnitavad ka viimased arengusuunad nii ÜRO kui ka Euroopa Komisjoni suunistes, kus on jõuliselt asutud toetama CCSi ja CCUD ehk CCUSi. Märgineline oli ka möödunud aasta lõpus Sharm El-Sheikhis toimunud COP 27 kohtumine, kus esmakordselt käsitleti CCUSi tehnoloogiaid, millesse tuleb panustada, kui soovime seatud kliimaeesmärke täita. Eestil oleks siin ainult võita. Juhul kui lisaks kõrvalproduktide väärindamisele oleme nende CCUSi tehnoloogiate arendamisel ja rakendamisel edukad, tekib võimalus neid teadmisi koos tehnoloogiatega ka Eestist väljapoole müüa. Esimese võimalusena



JOONIS 11. Põlevkivienergeetika CO₂ jalajälg erinevate süsinikupüüdmise tehnoloogiate rakendamise korral.

Allikas: <https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2021/04/L%C3%B5pparuanne.pdf>



JOONIS 12. Süsinikupüüdmise tehnoloogia tehnilised lahendused põlevkivi keevkihtkatlale.

Allikas: Tallinna Tehnikaülikooli energiatehnoloogia instituut, 2021

siis riikidesse, kes põlevkivi kasutamisega on otsustanud jätkata, kuid teadmised on üle kantavad ka nt pruunsöele ja ligniidile. Sellel oleks juba globaalne mõju ja

Eesti võiks siin eesrinnas olla, jagades oma teadmisi ja tehnoloogiaid arenguriikidele, kes on lubanud fossiilkütuste kasutamisega jätkata.

KASUTATUD ALLIKAD

„Are 2050 energy transition plans viable? A detailed analysis of projected Swiss electricity supply and demand in 2050”, Energy Policy 2023 – <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0301421522005663>.

TTÜ ja TÜ ühisuuring „Kliimamuutuste leevendamine CCS ja CCU tehnoloogiate abil”, 2021. – <https://www.etag.ee/wp-content/uploads/2021/04/L%C3%B5pparuanne.pdf>.

COP 27 Outcomes – https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2022/11/COP-27-OUTCOMES_291122.pdf