Üleminek kliimaneutraalsele elektritootmisele

8. aruanne: lõpparuanne

Trinomics TAL TECH SEI Stockholm Environment Institute E3Modelling Energy Economy Environment European Commission

Lepingu üksikasjad
Euroopa Komisjon – struktuurireformide toe peadirektoraat

Üleminek kliimaneutraalsele elektritootmisele

REFORM/SC2020/068

Esitaja
Trinomics B.V.

Westersingel 34

3014 GS, Rotterdam

Madalmaad

Kontaktisik
Koen Rademaekers

T: +31 6 2272 5505

E: koen.rademaekers@trinomics.eu

Kuupäev
13. oktoober 2022

Kinnitus
Siinne uuring tehti Euroopa Liidu rahastamisel struktuurireformi tugiprogrammi kaudu ja koostöös Euroopa Komisjoni struktuurireformide toe peadirektoraadiga.

Vastutuse välistamine

Selles aruandes väljendatud seisukohad on üksnes autorite omad ja neid ei saa mingil juhul pidada struktuurireformide toe peadirektoraadi või Euroopa Komisjoni ametlikuks seisukohaks.

Rotterdam, 13. oktoober 2022

Klient: Euroopa Komisjon - struktuurireformide toe peadirektoraat REFORM/SC2020/068

Üleminek kliimaneutraalsele elektritootmisele

Koen Rademaekers – Trinomics
Matthew Smith – Trinomics
Andrea Demurtas – Trinomics
Nora Cheikh - Trinomics
Lauri Tammiste – SEI
Jason Veysey – SEI
Silvia Ulloa – SEI
Hardi Koduvere – TalTech
Ioannis Charalampidis – E3M
Leonidas Paroussos – E3M

Koostöös:

SISUKORD

Sissejuhatus **6**

Kokkuvõte **7**

Eesti elektritootmise stsenaariumid 7

Tehnoloogia arendamine ja vajalikud investeeringud 10

Stsenaariumi valik 10

Esmatähtsad tegevused 12

1 Projekti tegevused ja tulemused **13**

1.1 Kolmas aruanne: Stsenaariumide modelleerimine **13**

1.2 Neljas aruanne: sotsiaalmajandusliku mõju analüüs **15**

1.3 Viies aruanne: riskianalüüs **18**

1.4 Kuues aruanne: tundlikkusanalüüs **19**

1.5 Seitsmes aruanne: tegevuskavad **23**

1.5.1 Võtmetegevused stsenaariumi tasandil 25

1.5.2 Soovitatavad meetmed ebasoodsa mõju vähendamiseks ja soodsa mõju suurendamiseks 26

2 Lõpparuanne: Peamised tulemused ja järeldused **28**

2.1 Kokkuvõtlik hinnang **28**

2.2 Peamised järeldused **29**

2.2.1 Tehnoloogia arendamine 30

2.2.2 Poliitika tegevused 31

2.2.3 Vajalikud investeeringud tehnoloogiatesse ja poliitikameetmetesse 31

2.2.4 Nõuanded stsenaariumide kohta 32

2.3 Soovitused **33**

2.4 Õppetunnid tulevaste projektide jaoks teistes EL-i liikmesriikides **35**

3 Vastused uurimisküsimustele **37**

4 Seireindikaatorid **43**

4.1 Peamised suundumused ja indikaatorid **43**

4.1.1 Seminaride ülevaade 43

4.1.2 Intervjuude ülevaade 43

4.2 Tulemuste jälgimine 44

4.3 Tulemusindikaatorid 45

5 Peamised väljakutsed 46

6 Lisad: projekti aruanded ja Exceli failid 47

Sissejuhatus

Pärast põhjalikke arutelusid, on Eesti valitsuse loodud ja peaministri juhitav kliima- ja energiakomisjon võtnud kohustuse aidata kaasa sellele, et kooskõlas Pariisi kliimakokkuleppega, saavutataks Euroopa Liidus 2050. aastaks kliimaneutraalsus. Kliimaneutraalsuse saavutamiseks peab Eesti valitsus hindama, kuidas järgmise kolmekümne aasta jooksul vähendada selleks sobivate tehnoloogiate ulatuslikuma kasutuselevõtu ja asjakohaste uute poliitikameetmete abil elektritootmisest tulenevat süsinikuheidet.

Käesolev dokument, projekti „Üleminek kliimaneutraalsele elektritootmisele“ lõpparuanne, on tellitud Euroopa Komisjoni struktuurireformide toe peadirektoraadi poolt. Aruanne on abiks Eesti Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumile, et valida välja sobiv stsenaarium, saavutamaks 2050. aastaks kliimaneutraalne elektritootmine ja töötada välja valitud strateegia elluviimist toetav tegevuskava. Aruande tulemused annavad Eesti poliitikakujundajatele selge ülevaate võimalike süsinikuheite vähendamise stsenaariumidega seotud kuludest ja tuludest, samuti tõenduspõhiseid soovitusi tulevaste poliitikameetmete kohta, mis toetaksid Eesti üleminekut vähese süsinikuheitega elektrienergia tootmisele. Aruande koostasid Trinomics (juhtpartner), Stockholmi Keskkonnainstituudi Tallinna Keskus (SEI) ja E3-Modelling (E3M).

Aruanne koosneb järgmistest osadest:

- kokkuvõte;
- projekti tegevused ja tulemused;
- vastused uurimisküsimustele;
- saadud kogemused ja soovitused;
- ülevaade seirenäitajatest;
- ülevaade peamistest raskustest;
- lisad.

Kokkuvõte

See aruanne on kokkuvõte projektist „Üleminek kliimaneutraalsele elektritootmisele“, mis esitatakse Euroopa Komisjoni struktuurireformide toe peadirektoraadile. Projekti eesmärk on aidata Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumil panna paika kliimaneutraalsuse saavutamise strateegia aastani 2050, mis oleks kooskõlas Euroopa roheleppe eesmärkidega. Kliimaneutraalsuse saavutamiseks peab Eesti valitsus hindama, milliseid tehnoloogiaid ja poliitikameetmeid oleks järgmise kolmekümne aasta jooksul võimalik kasutada, et vähendada elektritootmise süsinikuheidet. Aruande üldine eesmärk on teha ettepanekuid Eesti majandusarengut toetavate reformide kohta, mis aitaksid vähendada elektritootmise süsinikuheidet. Täpsemalt toetab aruanne Eesti Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumi, aidates a) valida välja stsenaariumid, mis sobiks kliimaneutraalse elektritootmise saavutamiseks ja b) töötada välja tegevuskava, mis toetaks valitud stsenaariumi ellu rakendamist.

Uuringu tulemused annavad Eesti poliitikakujundajatele ülevaate süsinikuvaba elektritootmiseni viivate alternatiivsete stsenaariumite ellu rakendamisega seotud kuludest ja tuludest. Samuti antakse tõenduspõhiseid soovitusi tulevaste poliitikameetmete kohta, mis toetaksid Eesti üleminekut vähese süsinikuheitega elektrienergia tootmisele. Aruande koostasid Trinomics (juhtpartner), Stockholmi Keskkonnainstituut (SEI) ja E3-Modelling (E3M). Projekt kestis septembrist 2020 kuni septembrini 2022.

Eesti elektritootmise stsenaariumid

Uuringus vaadeldi võrdlusstsenaariumi ehk seniste trendide jätkumist ja seitset kliimaneutraalset stsenaariumi, mille peamised tunnused on kokku võetud tabelis 0-1.

Tabel 0-1. Stsenaariumid ja nende peamised tunnused

Stsenaarium	Peamised tunnused[1]
Võrdlusstsenaarium	- tänaste trendide jätkumine (BAU), aga ilma Euroopa Komisjoni 2020. aasta võrdlusstsenaariumis eeldatud võimsuste kasvuta naaberriikides[2] - Hõlmab nõudlust majanduslikult kulutõhusate *power-to-X*[3] lahenduste järele.
Taastuvenergia ja salvestus (avamere tuuleenergia)	- Eestisse paigaldatud avamere tuuleenergia generaatorite võimsused on 1 GW aastaks 2030, 2 GW aastaks 2035, 3 GW aastaks 2040 ja 4 GW aastaks 2050.
Tuumaenergia	- 2040. aastaks on Eestisse ehitatud väike III+ põlvkonna modulaarne tuumareaktor, mille võimsus on 900 MW.

[1] Üheski stsenaariumis, v.a. võrdlusstsenaariumites, ei ole 2050. aastal Eestis elektri tootmisel fossiilsete CO_2 heidete tekitamine lubatud. Mudelis on heitmete vähendamise lahendusena lubatud valikuna ka CO_2 otsene püüdmine õhust. Iga tehnoloogiakeskne stsenaarium eeldab investeeringut mõnda antud stsenaariumis kesksel kohal olevasse vähese süsinikuheitega tehnoloogiasse, kusjuures lisainvesteeringud on lubatud kõikidesse ülejäänud salvestamis- ja taastuvenergia tootmise tehnoloogiatesse (nt maismaa tuuleenergia, päikeseenergia, Paldiski pump-hüdroenergiajaam, akupatareid).

[2] *Euroopa Komisjoni võrdlusstsenaariumite analüüs 2020* https://energy.ec.europa.eu/data-and-analysis/energy-modelling/eu-reference-scenario-2020_en eeldas uute taastuvenergia võimsuste lisandumist Balti- ja Põhjamaades, käesolevas analüüsis seda ei eeldatud, vaid mudel sai võrdlusstsenaariumi raames valida, millisesse riiki ja millises mahus on otstarbekam uusi võimsusi rajada

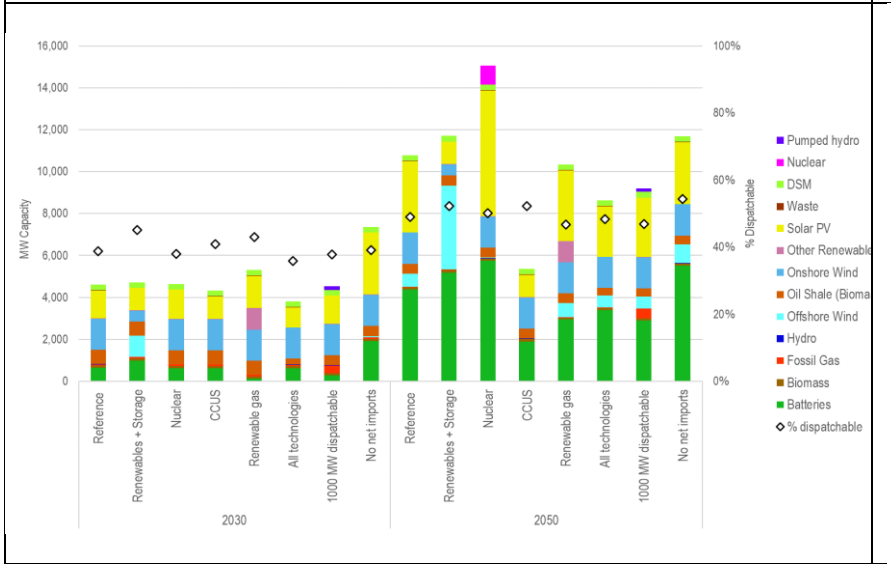
[3] Power to x tähistab võrgus ülejääva taastuvelektri muundamist kas gaasiks, vedelkütuseks või soojaks (Nt elektrist vesiniku tootmine või soojuspumpade abil toodetud sooja salvestamine).

Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)	- TG11 põlevkivijaamad saavad süsiniku püüdmise võimekuse 2025., Auvere põlevkivijaamad 2030. aastal.
Taastuvgaas	- 2030. aastaks on Eestisse rajatud 1 GW mahus biogaasi võimsusi.
Kõik tehnoloogiad	- Lubatud on investeerida kõikidesse vähese süsinikuheitega tehnoloogiatesse. - Impordile või võimsuste lisandumisele ei ole seatud lisapiiranguid.
1000 MW juhitav võimsus	- Lubatud on investeerida kõikidesse vähese süsinikuheitega tehnoloogiatesse. - Eestis on kogu analüüsitud perioodil olemas vähemalt 1000 MW juhitavat võimsust.
Kõik tehnoloogiad ilma netoimpordita	- Lubatud on investeerida kõikidesse vähese süsinikuheitega tehnoloogiatesse. - Elektri import ja eksport on igal aastal tasakaalus.

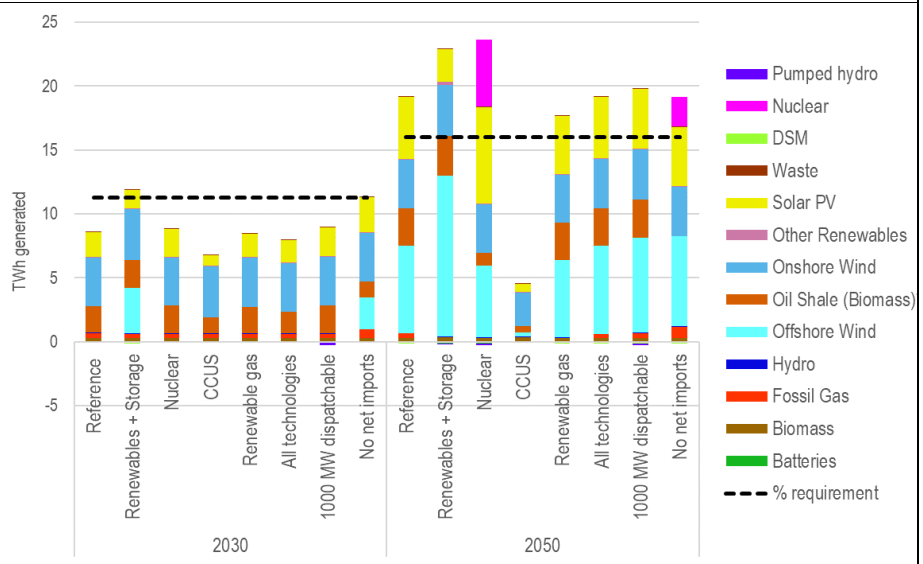
Tabelis 0-2 on esitatud stsenaariumide põhitulemused, mis puudutavad võimsust, tootmist, hindu ja kasvuhoonegaaside heiteid.

Tabel 0-2. Stsenaariumide põhitulemused

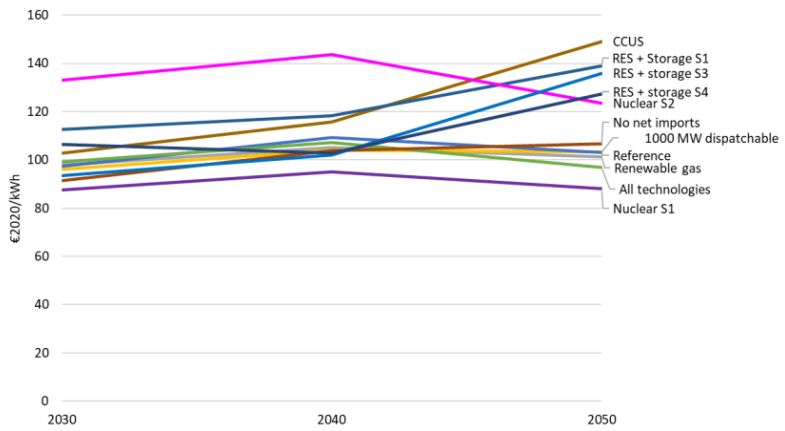
Võimsus MW



Tootmine TWh



Hinnad eurot/MWh



Heitkogused $ktCO_2e$

Kasvuhoonegaasid e heitkogused	2020	2030	2040	2050	Kumulatiivne kogus 2020-2050
BAU	2667	763	98	187	**24 306**
Taastuvenergia ja salvestus	2667	782	84	79	**23 761**
Tuumaenergia	2667	754	41	30	**22 780**
Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)	2667	493	-136	-147	**17 430**
Taastuvgaas	2667	728	77	68	**23 092**
Kõik tehnoloogiad	2667	722	77	167	**23 572**
Kõik tehnoloogiad 1000 MW	2667	787	213	199	**25 764**
Kõik tehnoloogiad ilma netoimpordita	2667	766	784	324	**31 950**

* * Kõigis stsenaariumides peale süsiniku püüdmise ja kasutamise viiakse põlevkivijaamad 2030. aastatel üle biomassile.

Muude analüüsi puudutavate oluliste eelduste hulgas on ka eeldused ELi heitkogustega kauplemise süsteemi (HKS) hindade ja elektritarbimise kohta aastani 2050. Need on ära toodud tabelis 0-3.

Tabel 0-3. Peamised stsenaariumide modelleerimise eeldused

	2030	2035	2040	2050
ELi HKSi hinnaeeldus eurodes /t CO_2	50	55	80	159
Eesti elektritarbimine TWh	11,30	12,17	13,04	16,03

Tehnoloogia arendamine ja vajalikud investeeringud

Modelleerimistulemused näitasid, et mõnda tehnoloogiat - eelkõige maismaa tuuleenergiat, tarbimise juhtimist ning osalisel määral päikeseenergiat - rakendatakse oma täieliku kasutuspotentsiaali (lähedases) mahus kõikides analüüsitud stsenaariumides. Teiste tehnoloogiate kasutuselevõtt (nt avamere tuuleenergia, süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU) ning tuumaenergia) varieerub analüüsitud stsenaariumite lõikes rohkem ning kasutuselevõtu määr sõltub igale stsenaariumile seatud piirangutest ja eeldustest. Läbivalt on kõigis stsenaariumides oluliseks lahendamist vajavaks probleemiks salvestusvõimsuste (nt akupatareide) vajalikus mahus kasutuselevõtt. Kõikide stsenaariumide puhul on vaja teha suures mahus investeeringuid nii tootmisvõimsustesse kui ka ülekandevõrkude tugevdamiseks, mis kokku ulatuvad 2050. aastaks keskmiselt 8 miljardi euroni stsenaariumi kohta. Uuringus käsitletud stsenaariumite elluviimisel on vajalik arvestada ka täiendavate kuludega poliitikameetmetele, kuid usaldusväärsete kuluprognooside esitamine nende detailse maksumuse osas ei olnud selle aruande piires võimalik.

Stsenaariumi valik

Allpool olev tabel 0-4 võtab kokku stsenaariumide võrdleva hindamise tulemused. Stsenaariume võrreldi kahe alternatiivse kriteeriumikomplekti alusel (kasutatud metoodika on põhjalikumalt kirjeldatud aruande osas 2.1). Esimese kriteeriumikomplekti[4] kohaselt on elluviimise kulude, kasude, riskide ja teostatavuse mõttes parimad stsenaariumid **„Kõik tehnoloogiad“** ja **„Taastuvenergia ja salvestus (avamere tuuleenergia)“**. Samuti saab nende kriteeriumite lõikes võrdlemisi kõrge hinde stsenaarium „Taastuvgaas“. Samas tuleks positiivsete mõjude tagamiseks selles stsenaariumis esialgselt eeldatud 1GW asemel rajada biogaasil töötavaid tootmisvõimsusi väiksemas mahus, kuna mudel näitab, et suurte tegevuskulude tõttu toodaksid biogaasi võimsused vähe elektrit (ning seeläbi väheneks tegelikkuses stsenaariumi positiivne majandusmõju).

Teise kriteeriumikomplekti[5] kohaselt on kõige atraktiivsemad stsenaariumid **„Tuumaenergia“**, **„Taastuvenergia ja salvestus (avamere tuuleenergia)“** ja **„Kõik tehnoloogiad“**. Pannes kokku nende kahe hindamise tulemused, oleks kokkuvõttes kõige paremad stsenaariumid **„Taastuvenergia ja salvestus (avamere tuuleenergia)“** ja **„Kõik tehnoloogiad“**.

[4] mis oli laiapõhjalisem ja sisaldas 12 erinevat parameetrit, nt sotsiaalpartnerite eelistusi, elluviimisega seotud riske, sotsiaal-majanduslikku kasu, finantskulu ja keskkonnamõjusid

[5] mis oli kitsam ja sisaldas 5 majanduslikku mõju iseloomustavat parameetrit

Erinevate kriteeriumikomplektide kasutamine hindamiseks näitas, et sobivaima stsenaariumi valik on poliitiline küsimus (ja sõltub millistele kriteeriumitele valiku tegemisel rohkem kaalu anda), sest kõik analüüsitud stsenaariumid võimaldavad jõuda süsinikuvaba elektritootmiseni ja tagada ka teiste Eesti elektrimajanduse strateegiliste eesmärkide täitmise. Siinset aruannet ja selles esitatud hinnanguid ei peaks otsustajad ja huvirühmad käsitlema lõpliku otsuse või soovitusena, vaid kasutama sisendina selleks, et valida neile sobivaim tee, kuidas vähendada süsinikuheidet. Eeldame, et eri huvirühmad omistavad stsenaariumite võrdluseks kasutatud kriteeriumitele erineva kaalu ja jõuavad seetõttu eelistatava stsenaariumi osas erinevatele järeldustele.

Tabel 0-4. Kokkuvõtlik hinnang stsenaariumidele

	Konsultandi hinnang*	Alternatiivne pingerida**	Hinnang ja põhimeetmed
Taastuvenergia ja salvestus	Soovitatav	2	See on kõige ambitsioonikam stsenaarium, mis näeb ette avamere tuuleenergia ja salvestustehnoloogiate suuremahulist kasutuselevõttu ning millega kaasnevad suurimad investeeringute mahud nii tootmisvõimsuste kui ka ülekandetaristu osas. Investeeringud avaldavad siiski positiivset majanduslikku mõju ja avamere tuuleenergia ulatusliku kasutuselevõtuga kaasnevaid keskkonnamõjusid on võimalik piirata. Stsenaariumi rakendamiseks on vaja keskenduda avamere tuuleenergia kasutuselevõtu hõlbustamisele (tehnoloogia-spetsiifiline toetus; võrgu arendamine; ülekandevõimsuste loomine), salvestuslahenduste kasutuselevõtu toetamisele ja haavatavate tarbijate kaitsmisele energiaarvete võimaliku suurenemise eest.
Taastuvgaas	Soovitatav	4	Kuigi taastuvgaasi stsenaariumi modelleerimistulemused annavad suhteliselt tasakaalustatud elektrisüsteemi, selgus samas, et positiivsete mõjude tagamiseks tuleks selles stsenaariumis esialgselt eeldatud 1GW asemel rajada biogaasi võimsusi väiksemas mahus, kuna mudel näitab, et suurte tegevuskulude tõttu (biogaasi tooraine kõrge hind) toodaksid biogaasi võimsused vähe elektrit. See vastuolu viitab, et muutmata kujul ei ole tegemist Eesti jaoks ideaalse arengusuunaga. Eelkõige parandaks stsenaariumi kulutõhusust väiksemas mahus biogaasivõimsuste kasutuselevõtt.
Kõik tehnoloogiad	Soovitatav	2	See on põhistsenaarium tehnoloogianeutraalsete[6] stsenaariumite hulgas. See lähenemine tagab tasakaalustatud tootmisportfelli ja investeeringute mahu vaadeldud perioodi jooksul. Kuigi stsenaarium ei tõuse esile eriti positiivsete tulemustega ühegi võrdluskriteeriumi lõikes, ei ole sel ka ühtegi olulist nõrka külge.
Netoimpordita stsenaarium	Elluviidav	6	Nende kahe stsenaariumi, mis põhinevad kõikide tehnoloogiate konkurentsil, tulemused on tootmisportfelli (tuule-, päikeseenergia, akusalvestuse jmt osas), kulude ja juhitavate võimsuste mõttes suures osas sarnased. Erinevate eelduste tõttu on stsenaariumite vahel erinevusi mõningate tehnoloogiate osas[7]. „Kõik tehnoloogiad ilma netoimpordita“, on üks vähestest stsenaariumidest, milles ei kasutata biomassile üle viidud põlevkivivõimsusi. See on säästlikum Eesti metsade ressursi kasutamise mõttes, kuid selle hinnaks on, et maagaasi kasutatakse rohkem. Antud stsenaarium on majandusmõjude mõttes üks kasulikumaid. Soovitatavad poliitikameetmed on samuti tehnoloogianeutraalsed ja hoiavad ukse lahti kõigile lahendustele, kuniks selgub, millised neist on kõige kuluefektiivsemad.
1000 MW juhitav võimsus	Elluviidav	5	
Tuumaenergia	Ei soovita	1	Seda stsenaariumit iseloomustab keskendumine tuuma- ja päikeseenergiale. See on investeeringute mahu mõttes suuruselt teine stsenaarium, samas võib selle tulemusel 2050. aastal oodata kõige madalamaid elektrihindu[8]. Peamised meetmed on seotud riikliku tuumaenergia valdkonna arendamisega ja muude taastuvaid energiaallikaid toetavate tegevustega. Huvirühmade sõnul on see stsenaarium kõige riskantsem kuivõrd tugineb tehnoloogiale, millel

[6] kus ei eeldatud ühe spetsiifilise tehnoloogia nagu tuumaenergia, biogaas jmt ette määratud mahus kasutuselevõttu

[7] nt 1000MW juhitavate võimsuste stsenaariumis eelistab mudel lisada tootmisportfelli ka ca 400 MW pumphüdroenergia võimsusi, samas kui „Kõik tehnoloogiad ilma netoimpordita“, puhul eelistab mudel lisada taastuvenergia- ja salvestusvõimsuste kõrvale tootmisportfelli 300MW tuumaenergiavõimsusi

[8] seda juhul, kui tuumajaamad töötavad 65-70% koormusteguriga

			puudub Eestis ajalugu ja mida eeldatavasti ei saa kasutusele võtta enne 2035. aastat.
Süsiniku püüdmine ja kasutamine	Ei soovita	7	See stsenaarium nõuab kõige vähem uusi investeeringuid ja jätkab kodumaiste fossiilkütuste kasutamist pikemas perspektiivis, vähenedes sellegipoolest umbes veerandini võrreldes tänase põlevkivi kasutamisega. Kuigi selle stsenaariumi ellu rakendamine on lihtsam ja nõuab vähem täiendavaid meetmeid, on teisalt see stsenaarium majanduse ja tööhõive seisukohast ilmselt kõige halvem ning jätaks Eesti tulevikus kõige rohkem sõltuvaks elektri impordist. Süsiniku püüdmine ja kasutamine võiks olla Eesti jaoks atraktiivsem valik, kui leitaks CO_2 edasised kasutus- ja transpordivõimalused, nii et süsiniku püüdmist saaks rakendada ka teistes elektrijaamades ja tööstusettevõtetes ning kui süsiniku püüdmise ja kasutamise kulusid oleks võimalik läbi mastaabisäästu muuta majanduslikult konkurentsivõimeliseks .

*põhineb 12 kriteeriumil, mis katavad keskkonna-, majandusmõjusid, elluviimisega seotud riske, valdkonna sotsiaalpartnerite eelistusi

**Põhineb viiel kriteeriumil: investeerimiskulud, elektrihinnad 2050. aastal, SKP, töökohtade loomine ja kodumaise tootmise osakaal 2050. aastal.

Esmatähtsad tegevused

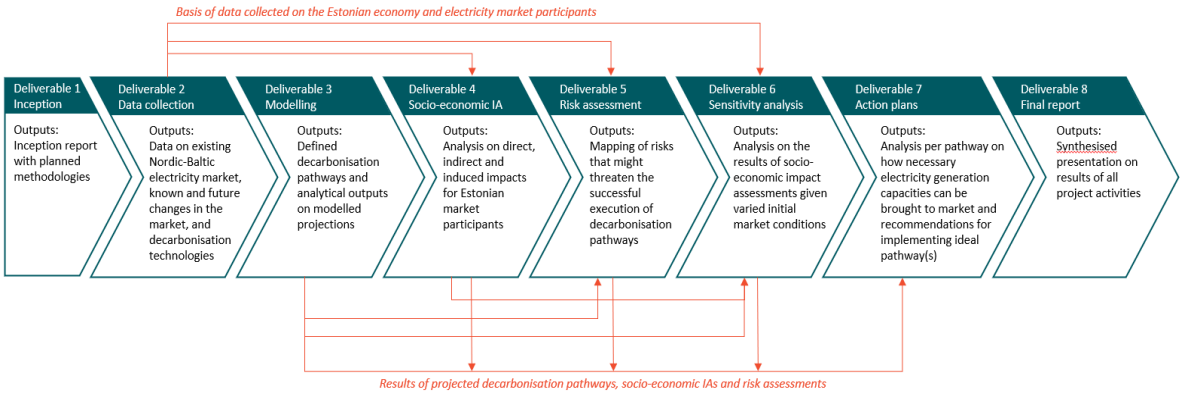
Järgnevad tegevused on kõikides stsenaariumites nende edukaks elluviimiseks läbivalt vajalikud:

1. planeerimisprotsessi lihtsustamine;
2. taastuvenergiasse või vähesesse süsinikuheitesse tehtavate investeeringute toetamine;
3. elektrisüsteemi tasakaalustamisturu arendamine, et soodustada investeeringuid paindlikkus -teenusteks sobivatesse tehnoloogiatesse;
4. ülekandevõrgu tugevdamine (kuigi analüüs ei hinnanud jaotusvõrgu tugevdamist, on sedagi suure tõenäosusega vaja teha).

1 Projekti tegevused ja tulemused

Projekt koosnes kaheksast omavahel seotud ülesandest. Joonis 1-1 annab ülevaate meie uurimismeetodist, väljunditest, tegevustest ja ülesannete järjestusest. Projekti raames koostati kaheksa aruannet. Neist esimene oli lähteraport, mille käigus lepiti kokku ühine arusaam edasisest protsessist ning projekti oodatavatest tulemustest. Teine aruanne võttis kokku modelleerimiseks vajalikud alusandmed. Ülejäänud kuue aruande sisu on üksikasjalikumalt kirjeldatud järgnevates alapeatükkides. Viimases peatükis antakse vastused uuringu käigus tekkinud lisaküsimustele.

Joonis 1-1. Projekti tegevused[9]



1.1 Kolmas aruanne: Stsenaariumide modelleerimine

Kolmas aruanne keskendus stsenaariumide modelleerimisele, milles analüüsiti võimalikke viise, kuidas Eestis 2050. aastaks üle minna väiksema süsinikuheitega elektritootmisele. Modelleerimisel võeti arvesse Eesti turuolukorda, poliitilist raamistikku ja elektrisüsteemi füüsilisi karakteristikuid. Analüüsis vaadeldi üheksat tulevikustsenaariumi, mis erinesid üksteisest modelleerimisele seatud spetsiifiliste piirangute ja eelduste poolest, samuti eelistatud tehnoloogiate, vajaminevate investeeringute ja kaasnevate mõjude poolest. Kõiki stsenaariume kõrvutati võrdlusstsenaariumi ehk tänaste trendide jätkumisega.

Modelleerimine hõlmab perioodi 2015–2050, milles iga aasta on jagatud 192 ajavahemikuks. Need vahemikud tähistavad tunni täpsusega tüüpilise tööpäeva ja nädalavahetuse päeva elektritarbimist igal aastaajal. Nende ajavahemike modelleerimistulemused kalibreeriti ajalooliste andmetega, mida valideeriti Eleringiga. Prognoose sisaldav periood algab 2021. ja lõpeb 2050. aastaga. Mudelis käsitletakse 21 geograafilist piirkonda, sealhulgas on Eesti jaotatud analüüsis veel täpsemalt viieks piirkonnaga. Lisaks Eestile on analüüsis hõlmatud järgmised Nord Pooli pakkumispiirkonnad - Taani, Soome, Saksamaa, Läti, Leedu, Norra, Rootsi ja Poola.

Elektritarbimise modelleerimine on jaotatud Eesti suuremate majandussektorite või tarbijate kaupa, sh elamusektor, põllumajandus, mäetööstus ja töötlev tööstus, ehitus, muu tööstus, jaekaubandus ja

[9] Koostati 8 aruannet: 1) lähteraport 2) alusandmete kogum 3) stsenaariumide modelleerimine 4) sotsiaalmajandusliku mõju analüüs 5) riskianalüüs 6)tundlikkusanalüüs 7) tegevuskavad 8) lõpparuanne

teenused ning transport[10]. Muudes piirkondades prognoositakse elektrienergia lõpptarbimist ilma sektoriteks jaotamata. Kõigis piirkondades on arvesse võetud elektritootjate enda elektritarbimise vahenõudlust, samuti kadusid elektri ülekande- ja jaotusvõrkudes.

Elektritarbimist mõjutab ka vesiniku tootmine. Seda arvesse võttes modelleeriti nõudlust vesiniku tootmiseks majanduslikult otstarbekas ja tasuvas mahus ning eeldati, et Eesti 2050. aastal on 160 kt vesiniku tootmiseks vaja 4,1 TWh süsinikuvaba elektrit.

Pakkumise poolel käsitleb mudel kõiki suuremaid elektritootmis- ja salvestusjaamu Eestis (nt Auvere põlevkivielektrijaama ja Paldiskisse kavandatavat pumphüdroakumulatsioonijaama[11]) jaamade kaupa detailselt. Ülejäänud elektritootmis- ja -salvestusvõimsused nii Eestis kui ka muudes piirkondades on käsitletud agregeeritult tehnoloogiate kaupa. Samuti simuleeriti kõrgepinge ülekandeühendusi modelleeritud piirkondade vahel ning kolmandate riikide (st uuringupiirkonnast välja poole jäävate riikide) vahel. Piirkondade vahelisi ülekandevõimsusi modelleeriti agregeeritult, mitte iga ülekandeliini kaupa.

Modelleerimisel oli peamiseks lähenemiseks vähima kulu meetod. Arvestades elektrinõudluse prognoosi ja stsenaariumides kohaldatud piiranguid, leiab mudel iga stsenaariumi puhul soodsaima tootmisportfelli, mis minimeerib kogu süsteemi diskonteeritud elektritootmiskulud.

Esialgsed modelleerimistulemused[12] näitavad, et kõigi kliimaneutraalsete stsenaariumide korral **liigub elektritootmine Eestis põlevkivilt tuule- ja päikeseenergiale** (kõigi stsenaariumide korral toodetakse 2050. aastaks 70–85% kodumaisest elektrist tuule- ja päikeseenergiast). Tuule- ja päikeseenergia toodangu kõikumisi **tasakaalustavad peamiselt rajatavad juhitavad elektritootmise ja salvestamise võimsused[13] ning mõningane tarbimise juhtimine ja elektrienergia import**. Pumphüdroakumulatsiooni võimsust kasutatakse ainult mõnes stsenaariumis („Taastuvenergia ja salvestus“, „Tuumaenergia“ ja „1000 MW juhitavaid võimsusi“), kuid akudega võrreldes palju väiksemas mahus (1000 MW juhitavate võimsuste stsenaariumi korral moodustab pumphüdroakumulatsiooni võimsus 2050. aastal kuni 4% kogu salvestusvõimsusest). Mudel eelistab akusid nii kulutõhususe kui ka pumphüdroakumulatsiooni piiratud füüsilise mahu potentsiaali tõttu.

Akud ja tarbimise juhtimise lahendused on kulupõhiselt konkurentsivõimelised kõigis stsenaariumides. Akude ulatuslikku kasutuselevõttu (4,6–9,3 GW mahus) prognoositakse kõigis stsenaariumides, sest akud on paindlikud ja tulevikus vähenevate kuludega. Tuule- ja päikeseenergia samaaegne arendamine on kasulik süsteemi töökindluse seisukohalt, sest **tuule- ja päikeseenergia täiendavad teineteist**. Üldjuhul on **maismaa tuuleenergia** kõigis stsenaariumides **kulupõhiselt konkurentsivõimelisem kui avamere tuuleenergia**, kuid mõningal määral võetakse avamere

[10] Elektritarbimine (nõudlus) on 2020. aastaks 10,3 , 2030. aastaks 11,3 , 2040. aastaks 13,0 ja 2050. aastal 16,0 TWh. Jaotus s ektorite kaupa on esitatud joonisel 3-3.

[11] Töös modelleeriti ligikaudu 50 elektrijaama, üksust või tehnoloogiat, sh nii praeguseid kui ka potentsiaalseid uusi jaamu. Täielik nimekiri on esitatud väljundi D3 lisas D.

[12] Oluline on märkida, et tundlikkuseanalüüsis testitud alternatiivsete tuulekõveratega korrigeeritud tulemusi kasutatakse lõpptulemustena tegevuskava (seitsmes väljund) koostamiseks .

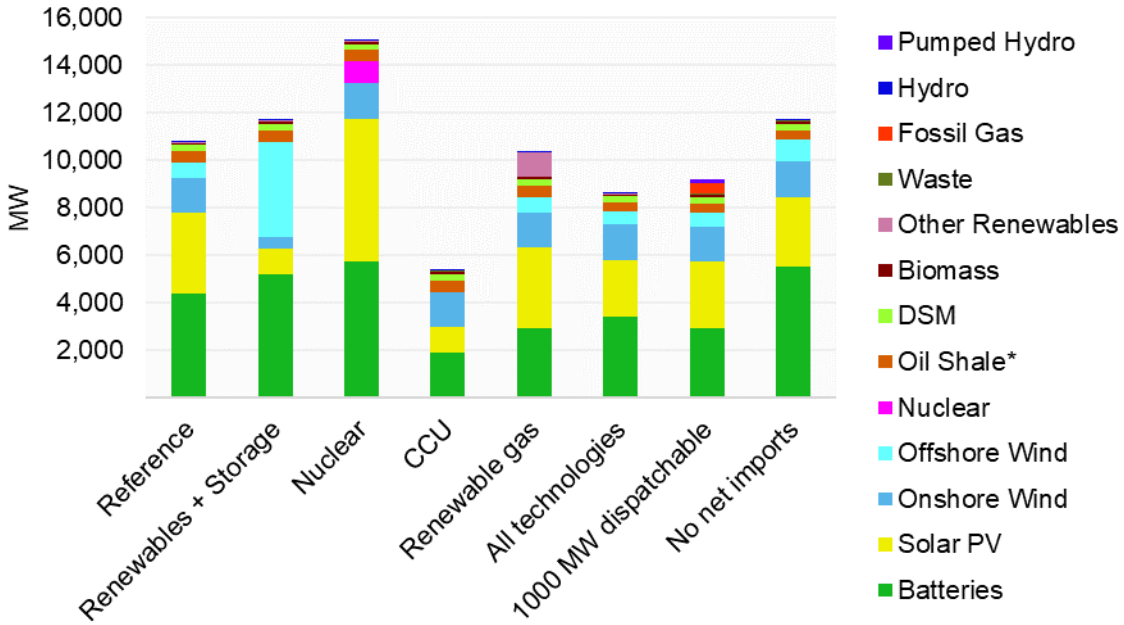
[13] Kõigi stsenaariumide korral moodustab akusalvestus aastatel 2030 ja 2050 üle 90% kogu salvestusmahust.

tuuleenergia kasutusele peaaegu kõigis kliimaneutraalsetes stsenaariumides (mõnel juhul 2030. või 2040. aastaks, mõnel juhul alles 2050. aastaks). Eesti avamere tuuleenergia kasutamiseks on vaja investeerida ülekandeliinide rajamisse ja tugevdamisse (tõenäoliselt vahemikus 600-1300 MW Lääne-Eesti ja muude piirkondade vahel).

Hilisem tundlikkuseanalüüs näitas, et stsenaariumide modelleerimisel oleks parem kasutada alternatiivseid tuulekõveraid[14] võrreldes esialgselt modelleerimise aluseks olnud eeldustega. Seetõttu said esimeses tundlikkusanalüüsis (S1) testitud tuulekõverad aluseks kõikide stsenaariumide peamiste tulemuste ümberarvutamisele.

Joonis 1-2 näitab korrigeeritud tuulekõverate korral prognoositavaid võimsusi Eestis 2050. aastal. Kulueelise tõttu toimub kõigis stsenaariumides akude, päikeseenergia ja maismaa tuuleenergia olulises mahus kasutuselevõtt . Enamiku stsenaariumide puhul kasutatakse maismaa tuuleenergia ja tarbimise juhtimise potentsiaal täielikult ära. Jäätmetel või biomassil põhineva tootmisvõimsuste laiendamise potentsiaal on tagasihoidlik või puudub üldse, sest nende ressursside kasutamine on piiratud. S ama kehtib hüdroelektrienergia kohta, mis ei ole alternatiivsete tehnoloogiatega võrreldes kulutõhus.

Joonis 1-2. Prognoositavad võimsused stsenaariumide kaupa (S1), Eesti 2050[15]



**Aastaks 2050 viiakse endised põlevkivielektrijaamad täielikult üle biomassi le, välja arvatud juhul, kui need on varustatud süsiniku püüdmise ja kasutamise (CCU) seadmetega (lubatud ainult süsiniku püüdmise ja kasutamise ning kõigi tehnoloogiate stsenaariumis).*

1.2 Neljas aruanne: sotsiaalmajandusliku mõju analüüs

[14] Tuulekõver (ingl k *wind availability curve*) tähistab tuulegeneraatorite töötamise jaoks sobilikku tuulekiiruste vahemikku

[15] Stsenaariumide nimed: reference=võrdlus, renewables+storage=taastuvenergia ja salvestus, nuclear=tuumaenergia, CCU=süsiniku püüdmine ja kasutamine, Renewable gas=taastuvgaas, all technologies=kõik tehnoloogiad, 1000MW dispatchables=kõik tehnoloogiad 1000MW, no net imports=kõik tehnoloogiad ilma netoimpordita. Tootmistehnoloogiad: pump hydro=pumphüdro, hydro=hüdro, fossil gas=maagaas, waste=jäätmed, other renewables=teised taastuvenergia allikad, DSM=tarbimise juhtimine, oil shale=põlevkivi, nuclear=tuumaenergia, Offshore wind=meretuuleenergia, onshore wind=maismaatuuleenergia, solar PV=päikeseelekter, batteries=akud

Neljas aruanne keskendus analüüsitud kliimaneutraalsuse saavutamise stsenaariumide sotsiaalmajanduslikule mõjule. Modelleerimisel kvantifitseeriti mõju, mis avaldub iga stsenaariumi ellu rakendamise korral energiasektori investeeringutele, SKP-le, tööhõivele ja kasutatavale sissetulekule. Kuivõrd tundlikkuse analüüsi käigus selgus, et alternatiivsetel tuulekõveratel (mis eeldasid suuremat tuule varieeruvust) on oluline mõju kõikide stsenaariumite tulemustele, siis otsustati seetõttu ümber arvutada esialgsed modelleerimistulemused. Sellest tulenevalt on ka allpool toodud sotsiaalmajanduslike mõjude analüüs ajakohastatud tundlikkuseanalüüsi tulemusel tehtud muudatustega.

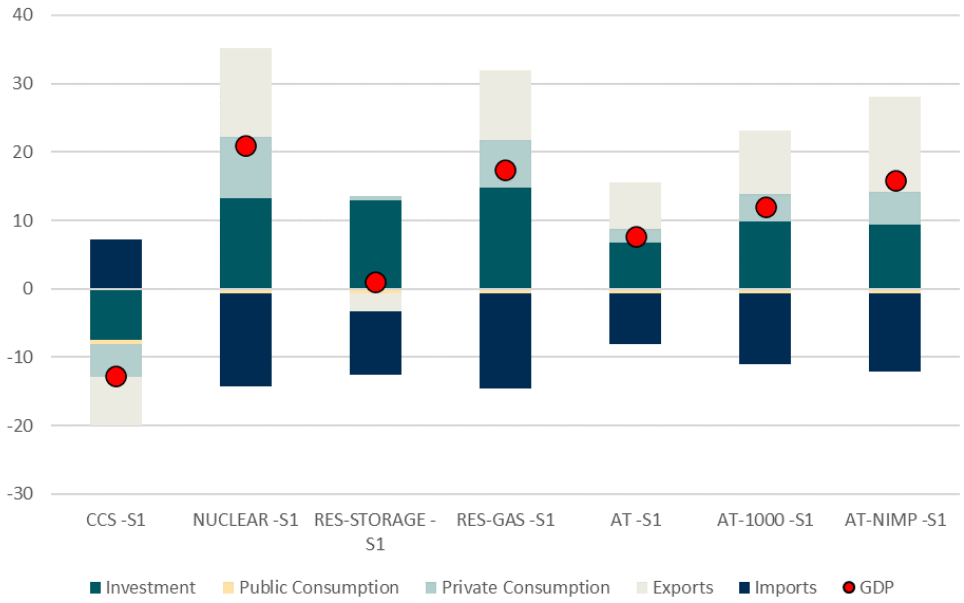
Sotsiaalmajanduslikku mõju modelleeriti mitmel eri viisil ja eri rahastamistingimustega arvestades. Lähtepunktiks olid energiasüsteemi tehtud investeeringud, mille mahtu kajastatakse tabelis 1-1. Sellest nähtub, et investeeringuvajadus on suurim taastuvenergia ja salvestuse, tuumaenergia ning taastuvgaasi stsenaariumi korral, väikseim aga süsiniku püüdmise ja kasutamise korral.

Tabel 1-1. Eri stsenaariumide investeeringumahud, sh kapitalikulu ja intressimaksed (miljonites eurodes)

	Tundlikkusa naliüis	Investeeritud kapital	Intressimaksed	Kokku kulud aastani 2050	Pärast 2050. a tuleb maksta
Võrdlusstsenaarium	S1	6884	2027	8911	3295
Kõik tehnoloogiad	S1	6972	2053	9025	3327
Kõik tehnoloogiad 1000 MW	S1	7623	2245	9868	3311
Kõik tehnoloogiad ilma netoimpordita	S1	8075	2379	10 454	2540
Taastuvenergia ja salvestus	S1	11 040	3253	14 293	2182
Taastuvgaas	S1	8942	2635	11 577	2983
Tuumaenergia	S1	9338	2751	12 089	3193
Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)	S1	3065	901	3966	344

Nende investeeringute mahu põhjal modelleeriti majanduslik mõju. Joonis 1-3 näitab üldist kumulatiivset makromajanduslikku mõju iga stsenaariumi korral aastateks 2025–2050. Kõik stsenaariumid peale süsiniku püüdmise ja kasutamise tagavad head majandustulemused. Kõige paremad tulemused tagavad tuumaenergia, taastuvgaasi ning kõigi tehnoloogiate ilma netoimpordita stsenaariumid, mille korral on suurenenud investeeringute ja energiahinna muutuste koosmõju majandusele soodne. Taastuvenergia ja salvestuse korral vähendab investeeringute muidu soodsat majandusmõju teiselt poolt hinnatõus, mis mõjutab sisenõudlust ja rahvusvahelist konkurentsivõimet. Tundlikkusanalüüs näitas, et kui hindu suudetaks hoida madalana, oleks taastuvenergia ja salvestuse stsenaarium ka sotsiaalmajandusliku mõju poolest üks atraktiivsemaid. Tuumaenergia stsenaariumi majanduslik atraktiivsus vähenes märgatavalt, kui tuumajaamade koormustegur kasvas võrreldes esialgses modelleerimises eeldatud 65–70% pealt tundlikkuseanalüüsis testitud 90%-ni, kuna kõrgema koormusteguri korral tõrjutaks turult välja soodsamaid taastuvenergia võimsusi ja tõuseksid elektrihinnad ja väheneks konkurentsivõime.

Joonis 1-3. Eri stsenaariumide makromajanduslik mõju (nõudluse ja hinna mõju), kumulatiivne SKP (2025-2050, S1 tulemuste põhjal)



Tööhõive muutused järgivad SKP mõjuga sarnast mustrit (positiivsema SKP mõjuga kaasneb enamasti positiivsem mõju hõivele) . Tuumaenergia stsenaariumi rakendamise korral suureneb tööhõive +0,4% võrreldes võrdlusstsenaariumiga, süsiniku püüdmise ja kasutamise stsenaariumi korral tööhõive hoopis väheneks 0,3%. Ülejäänud stsenaariumide puhul jääb tööhõive muutus nende kahe taseme vahele. Tööhõive kasv on suurim madalama kvalifikatsiooniga kutsealadel, eriti ehituses ja teeninduses.

Kodumajapidamiste sissetulekute analüüs näitas, et kõige paremini mõjuvad sissetulekutele taastuvenergia ja salvestuse, tuumaenergia ning taastuvgaasi stsenaariumid, eelkõige tänu sellele, et lisainvesteeringud mõjutavad positiivselt palkasid. Süsiniku püüdmise ja kasutamise stsenaariumi ellu rakendamise lühiajaline mõju on soodne (kuna elektri hind püsib esialgu madal), kuid muutub pärast 2035. aastat ebasoodsamaks, kuna võrreldes teiste stsenaariumitega tehakse vähem uusi investeeringuid. Kõigi tehnoloogiate stsenaariumidel on sissetulekule väike mõju.

Üldiselt on parimate sotsiaalmajanduslike mõjudega tuumaenergia, taastuvgaasi, kõigi tehnoloogiate ilma netoimpordita ning taastuvenergia ja salvestuse stsenaariumid. Halvimate tulemustega on süsiniku püüdmise ja kasutamise stsenaarium. Tundlikkusanalüüs näitas, et taastuvenergia ja salvestuse sotsiaalmajanduslikku mõju saab parandada, kui suudetaks piirata suurte investeeringutega kaasnevat hinnatõusu, samas kui tuumaenergia puhul sõltub positiivne sotsiaalmajanduslik mõju sellest, kas tuumaenergiat hakatakse tootma 65–70%-lise või 90%-lise koormusteguriga.

1.3 Viies aruanne: riskianalüüs

Viies aruanne keskendus peamistele riskidele, mis võivad stsenaariumide edukat elluviimist takistada. Analüüs käsitles viite riskivaldkonda: regulatiivsed, tehnoloogilised, sotsiaalsed ja keskkondlikud, energiaturu ning majandusriskid. Riskide üldine analüüs on kokku võetud viiendas aruandes, iga stsenaariumi spetsiifilisi riske on aga detailsemalt kirjeldatud seitsmendas aruandes.

Analüüsi eesmärk oli hinnata huvirühmade arusaama nimetatud riskidest ja seda, kuidas need riskid võivad eri stsenaariumide elluviimist mõjutada. Selleks kasutati küsimustikku, milles esitati avatud küsimusi ja paluti vastajail hinnata eri riskide tõenäosust ja taset iga stsenaariumi puhul.

Huvirühmad peavad kõige riskantsemaks tuumaenergiat (keskmise või kõrge riskitasemega), kõige vähem riskantseks aga taastuvgaasi stsenaariumi (ehkki selle riskitase on ainult pisut madalam võrreldes kõigi ülejäänutega). Riskikategooriatele antud keskmine hinne (tabelis 1-2) võimaldab hinnata stsenaariumidega kaasnevate riskide tõenäosust ja riskitaset.

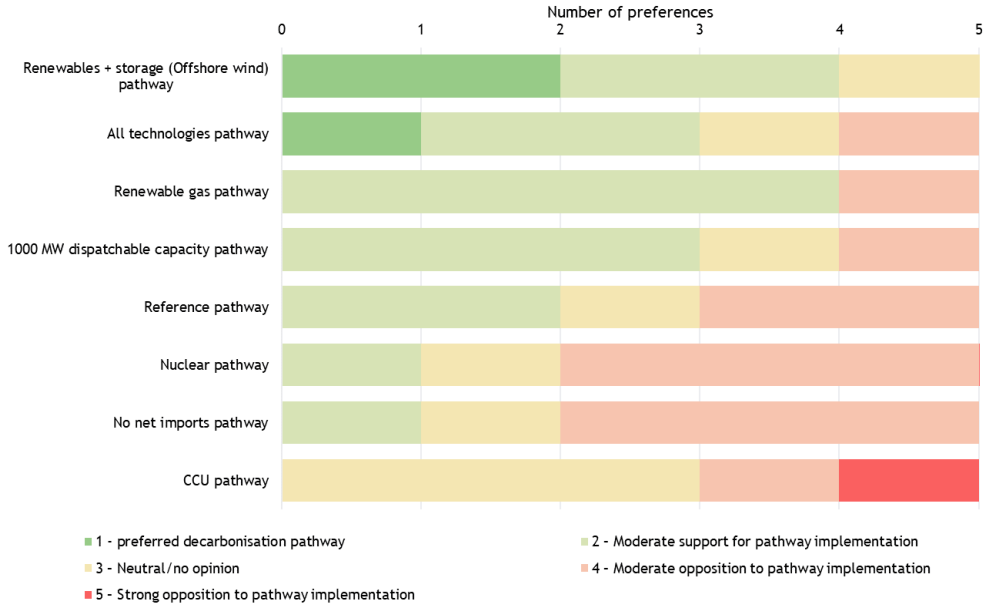
Tabel 1-2. Keskmine riskihinne stsenaariumide kaupa kõigi riskide korral

	Tõenäosus	Riskitase	Kokku	Kokkuvõte
Taastuvgaas	2,61	2,67	2,64	Madalama riskitasemega stsenaarium, üldiselt meeldib huvirühmadele. Väga mõjutatud rahvusvahelistest energiahindadest, vähem mõjutab konkurents akude jaoks vajalike haruldaste materjalide pärast.
Kõik tehnoloogiad	2,88	2,82	2,85	Madala riskitasemega stsenaarium, huvirühmade suur toetus.
Võrdlus	2,88	2,98	2,93	-
1000 MW juhitav võimsus	2,93	3,00	2,96	Paremuselt teine stsenaarium, meeldib huvirühmadele.
Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)	2,94	3,16	3,05	Keskmise riskitasemega stsenaarium, ei meeldi huvirühmadele. Peamine risk on tehnoloogiline .
Taastuvenergia ja salvestus (avamere tuuleenergia)	2,92	3,23	3,07	Huvirühmad peavad seda riskantseks, kuid toetavad kõige rohke m. Energiaturuga seotud kõrge riskitase
Netoimpordita stsenaarium	3,24	3,27	3,26	Riskitasemelt teine, huvirühmadele üldiselt ei meeldi. Suured regulatiivsed riskid
Tuumaenergia	3,52	3,83	3,67	Kõige riskantsem stsenaarium, huvirühmade hoiak mõõdukalt negatiivne. Peamised riskid on seotud kodanike vastuseisu, reguleerimise, tehnoloogilise viivituse ja kulude ületamisega.
Kogusumma	**3,02**	**3,17**	**3,09**	

Vastajail paluti järjestada stsenaariumid skaalal 1–5, kus 1 tähistas eelistuselt esimest ja 5 viimast. Kõige rohkem eelistati taastuvenergiat ja salvestust, sellele järgnes kõigi tehnoloogiate stsenaarium. Toetuselt järgmine oli taastuvgaasi stsenaarium, mida toetati mõõdukalt. Kõige vähem eelistati

süsiniku püüdmise ja kasutamise stsenaariumi ning see oli ainus, millele üks vastaja väljendas selget vastuseisu.

Joonis 1-4. Stsenaariumid eelistuste järgi



Küsitlusele järgnes seitse intervjuud, milles osalesid peamised huvirühmad (arendajad, kutseliidud, eksperdid). Intervjuude käigus paluti huvirühmadel oma vastuseid täiendavalt selgitada ja anda lisateavet eri riskide kohta.

Huvirühmadelt küsiti ka arvamust praeguste probleemide kohta, mis takistavad analüüsitud stsenaariumide ellu rakendamist ning soovitusi, kuidas need takistused ületada ja riske maandada.

1.4 Kuues aruanne: tundlikkusanalüüs

Kuuendas aruandes hinnati stsenaariumide modelleerimise aluseks olevate oluliste eelduste usaldusväärsust. Selleks testiti nelja tundlikkust:

> *(S1) Tundlikkus nr 1 testis alternatiivsete tuule kõverate kasutamise mõju kõigi stsenaariumide puhul:* testimisel kasutati detailsemat andmestikku Eesti tuuleolude varieeruvuse kohta, mis kajastab täpsemalt elektritootmiseks sobiva tuule varieeruvust aasta lõikes. Kuna sellel oli oluline mõju kõikidele stsenaariumidele, siis arvutati kõik esialgsed modelleerimistulemused uuesti. Selle tundlikkuseanalüüsi käigus koostatud uued stsenaariumid asendavad kolmanda aruande raames esialgselt modelleeritud stsenaariume ja neid kasutatakse ka järgmiste tundlikkusanalüüside alusena.
> *(S2) T undlikkus* nr 2 *testis kõrgema koormusteguriga tuumae nergia tootmist (ainult) tuumaenergia stsenaariumis:* Tuumae nergia tootmisele 90%-lise koormusteguri rakendamine tuumaenergia stsenaariumis eeldatud 65-70% asemel.
> *(S3) Tundlikkus nr 3 testis kõrgemate biomassihindade mõju taastuvenergia ja salvestuse stsenaariumile:* eeldatakse, et 2050. aastaks tõuseb biomassi hind (mis võib kajastu da võimalik es piirangutes raiemahtudele või biomassi kestlikkuse uues määratluses). Saadud mudeli tulemusi võrreldi taastuvenergia ja salvestuse esialgse stsenaariumiga.
> *(S4) Tundlikkus nr 4 testis kõrgemate akutehnoloogiate kõrgemate hindade ja pumphüdrojaama rajamise mõju (koostoimes tundlikkustega nr 1, nr 2 ja nr 3) taastuvenergia ja salvestuse stsenaariumile:* Taastuvenergia ja salvestuse stsenaarium on

üks kõige atraktiivsemaid stsenaariume Eesti elektritootmise süsinikuheidet vähendamiseks, kuid selle realiseerimisel on määrav roll salvestamisel. Seetõttu analüüsiti, mida tähendaks akude kapitalikulu suurenemine (2,5 korda võrreldes lähte-eeldustega) ja pumphüdroakumulatsiooni jaam loomine sellele stsenaariumile.

(S1) täielikud tulemused 2050. aasta kohta on esitatud tabelis 1-3.

Analüüs (S1) Akud ja tarbimise juhtimise lahendused on kulupõhiselt konkurentsivõimelised kõigis stsenaariumides. Akude ulatuslikku kasutuselevõttu (4,6–9,3 GW mahus) prognoositakse kõigis stsenaariumides, sest akud on paindlikud ja tulevikus vähenevate kuludega. Tuule- ja päikeseenergia samaaegne arendamine on kasulik süsteemi töökindluse seisukohalt, sest **tuule- ja päikeseenergia täiendavad teineteist**. Üldjuhul on **maismaa tuuleenergia** kõigis stsenaariumides **kulupõhiselt konkurentsivõimelisem kui avamere tuuleenergia**, kuid mõningal määral võetakse avamere tuuleenergia kasutusele peaaegu kõigis kliimaneutraalsetes stsenaariumides (mõnel juhul 2030. või 2040. aastaks, mõnel juhul alles 2050. aastaks). Eesti avamere tuuleenergia kasutamiseks on vaja investeerida ülekandeliinide rajamisse ja tugevdamisse (tõenäoliselt vahemikus 600-1300 MW Lääne-Eesti ja muude piirkondade vahel).

Väikeste tehnoloogiakulude tõttu prognoositakse kõigis stsenaariumides akude, päikeseenergia ja maismaa tuuleenergia kasutamise märkimisväärset kasvu. Enamiku stsenaariumide puhul kasutatakse maismaa tuuleenergia ja tarbimise juhtimise potentsiaal täielikult ära. Jäätmetel või biomassil põhineva tootmisvõimsuse laiendamise potentsiaal on tagasihoidlik või puudub üldse, sest nende ressursside kasutamine on piiratud. Sama kehtib hüdroelektrienergia kohta, mille potentsiaal on väike ega ole alternatiivsete tehnoloogiatega võrreldes kulutõhus.

Ajavahemikus 2030–2050 suureneb juhitavate võimsuste maht veidi kõigis stsenaariumides, kuid see tuleneb suures osas akude võimsuse lisandumisest ning jätkuvast biomassil töötavatest põlevkivielektrijaamade kasutamisest. Kõige rohkem alternatiivseid juhitavaid võimsusi lisanduks tuumaenergia (lisanduks 900 MW tuumaenergiat), taastuvgaasi (lisanduks 1000 MW biogaasi) stsenaariumides. Samuti investeeritaks uutesse juhitavatesse võimsustesse stsenaariumides *kõik tehnoloogiad* ja *1000 MW* (lisanduks 348 MW pumphüdroakumulatsiooni ja 190 MW gaasi) ning *kõik tehnoloogiad ilma netoimpordita* (lisanduks 406 MW gaasi ja 300 MW tuumaenergiat) .

Enamiku stsenaariumide puhul kasvab oluliselt kodumaise tootmisega kaetud elektritarbimise osatähtsus. *Taastuvenergia ja salvestuse* ning *kõigi tehnoloogiate ilma netoimpordita* stsenaariumis on netonõudlus kaetud juba 2030. aastaks. Aastaks 2050 katavad netonõudluse kõik stsenaariumid peale süsiniku püüdmise ja kasutamise, mis suudab katta 2050. aastal vähem kui 30% kodumaisest tarbimisest. Investeeringud juhitavasse võimsusesse aitavad vähendada sõltuvust elektri impordist. Eesti on 2050. aastaks elektri netoeksportijana kõigis stsenaariumides peale *süsiniku püüdmise ja kasutamise*, kusjuures *taastuvenergia ja salvestuse* stsenaariumis on Eesti netoeksportija juba 2030. aastal ja tuumaenergia stsenaariumis 2040. aastal. Investeeringud tootmisvõimsustesse Eestis parandavad elektri impordi-ekspordi suhet ja langetavad elektrihindu. Siiski on kõikides stsenaariumides perioode, mil kasutatakse importelektrit.

Prognoositavad elektrihinnad[16] Eestis on kõikide kliimaneutraalsete stsenaariumide korral kõrgemad kui praegu. Stsenaariumides jäävad prognoositavad hinnad vahemikku ligikaudu 90–110€/MWh, kuid on kõrgemad taastuvenergia ja salvestuse stsenaariumis (ligikaudu 140 €/MWh) ja eelkõige süsiniku püüdmise ja kasutamise stsenaariumis (üle 145 €/MWh). *Taastuvenergia ja salvestuse* stsenaariumis on alternatiivsetel tuulekõveratel märkimisväärne mõju hindadele. Kui aga tuulikute kasutegurid paranevad, nagu eeldavad valdkonna esindajad eriti meretuuleparkide puhul (eeldatust parem tuul suurematel kõrgustel ja tuuliku kõrgem kasutustegur), on tõenäoline, et selle elektritootmisviisi hinnad kujunevad madalamaks.

Kasvuhoonegaaside heitkogused vähenevad kiiresti kõigi stsenaariumide puhul, mis on 2050. aastaks kliimaneutraalsed. Osades stsenaariumides, kus heitkogused ei ole juba nulltasemel, on kliimaneutraalsuse saavutamise jaoks vajalik CO_2 püüdmine otse atmosfäärist. Seega nende stsenaariumide elluviimine toetab paketi „Eesmärk 55“ ja süsinikuneutraalsuse eesmärke. Stsenaariumide vahel on heite mõttes siiski mõningaid erinevusi. Süsiniku püüdmises ja kasutamise stsenaariumis saavutatakse soovitud netoheide bioenergia tootmisel süsiniku püüdmise ja säilitamisega (BECCS)[17], samas kui *kõikide tehnoloogiate*, eelkõige netoimpordita stsenaariumis on heitkogused suuremad, sest maagaasi kasutamine jätkub 2050. aastani.

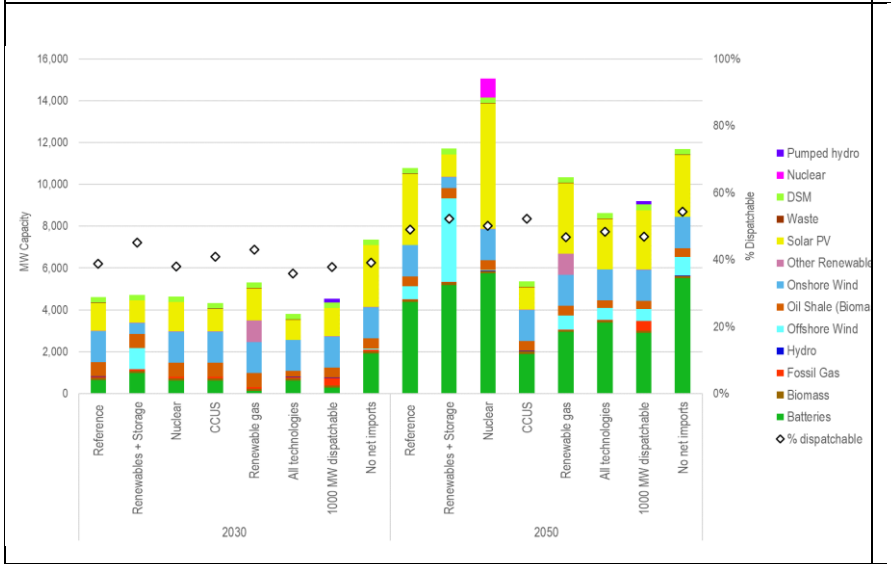
Tundlikkusel nr 1 – suurem tuuleolude varieeruvus – oli oluline mõju modelleerimistulemustele. Võrreldes esialgsete stsenaariumidega, tõid alternatiivsed tuulekõverad enamikes stsenaariumides kaasa suuremad investeeringud juhitavatesse võimsustesse (peamiselt akude kasutusmahu suurenemise kaudu). 2030. aastaks suureneks alternatiivsete tuulekõverate korral ka päikese elektri tootmise võimsus ja 2050. aastaks rajatavate avamere tuuleparkide võimsus. Enamiku stsenaariumide puhul suureneks elektritootmine nii 2030. kui ka 2050. aastal. Üldiselt tõusis kõigis stsenaariumides aja jooksul keskmine elektrihind ja vähenesid kasvuhoonegaaside heitkogused.

[16] Hinnatud kaudselt elektrienergia kaalutud keskmiste tasandatud kulude (ingl *levelized cost of electricity*) alusel, sest uuringu ajal ei olnud võimalik hindu modelleerida.

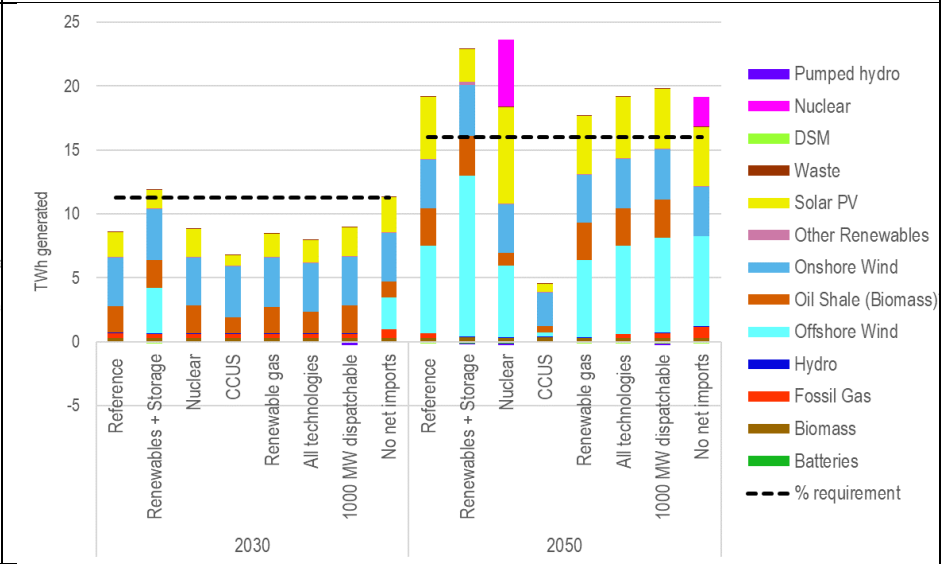
[17] Hoiatav märkus: kasvuhoonegaaside arvestuse kohaselt oleksid Eesti energeetikasektori heitkogused süsiniku püüdmise ja kasutamise korral normipärased, aga et peaaegu 70% elektrist imporditakse, tuleneksid võimalikud märkimisväärsed heitkogused kaudselt Eesti vajadustest.

Tabel 1-3. Kuuenda aruande tundlikkusanalüüsi (S1) peamised tulemused alternatiivsete tuulekõverate põhjal

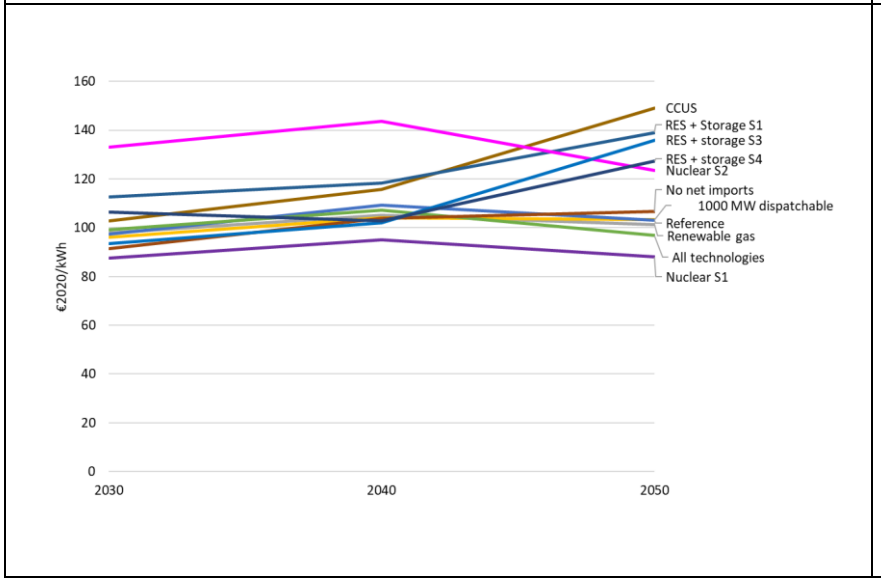
Võimsus MW



Tootmine TWh



Hinnad €/MWh



Heitkogused $ktCO_2e$

Kasvuhoonegaasid e heitkogused	2020	2030	2040	2050	Kumulatiivne kogus 2020-2050
BAU	2667	763	98	187	**24 306**
Taastuvenergia ja salvestus	2667	782	84	79	**23 761**
Tuumaenergia	2667	754	41	30	**22 780**
Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)	2667	493	-136	-147	**17 430**
Taastuvgaas	2667	728	77	68	**23 092**
Kõik tehnoloogiad	2667	722	77	167	**23 572**
Kõik tehnoloogiad 1000 MW	2667	787	213	199	**25 764**
Kõik tehnoloogiad ilma netoimpordita	2667	766	784	324	**31 950**

* Kõigis stsenaariumides peale süsiniku püüdmise ja kasutamise viiakse põlevkivijaamad 2030. aastatel üle biomassile.

Ülejäänud kolme tundlikkusanalüüsi tulemused on kokku võetud allpool.

- Tundlikkuse nr 2 testimisel (S2) suureneks 65-70%-lise koormusteguri asemel 90%-lise koormusteguri rakendamisel tuumavõimsustele selles stsenaariumis uute rajatud tootmisvõimsus te maht (peamiselt tänu suuremale rajatud akuvõimsusele) ja laieneks mõningal määral juhitavate võimsuste osatähtsus kogu portfellis. Selle tulemusel suureneks elektritootmise mahud, kasvaks märgatavalt keskmine elektrihind ja suureneks kasvuhoonegaaside heitkogused. Kõrgema koormusteguriga kaasneks tuumaenergia tootmiskulude kasvust tingitud hinnatõus, mis omakorda vähendaks stsenaariumi sotsiaalmajandusliku positiivset mõju (mis muidu suuremahuliste investeeringutega oleks tekkinud).
- Tundlikkuse nr 3 testimine (S3) näitas, et kõrgem biomassi hind suunaks investeerima rohkem akudesse ja päikeseelektri võimsustesse, selle tulemusel suureneks kokku elektritoodang, kasvaksid keskmised elektri hinnad 2040. ja 2050. aastatel ning suureneks kasvuhoonegaaside heitkogused.
- Tundlikkuse nr 4 testimine (S4) näitas, et akutehnoloogiate kõrgemad hinnad ja Paldiski pumphüdroakumulatsioonijaama ehitamine mõjutaks taastuvenergia ja salvestuse stsenaariumi järgmiselt: vähenevad akude ja päikeseenergia tootmisvõimsused ning kogutoodang, hinnad ja investeerimiskulud võrreldes (S1)-ga on väiksemad. Pumphüdroakumulatsioonijaam asendab osaliselt akusalvestusvõimsusi, kuid akude kulude suurenemine vähendab akude ja päikeseenergia kombinatsiooni majanduslikku tasuvust.

1.5 Seitsmes aruanne: tegevuskavad

Seitsmendas aruandes võeti kokku eelneva analüüsi tulemused ja pakuti nende põhjal välja tegevused, mis aitaks stsenaariume ellu viia. Pakutud tegevused on koondatud kuueks rühmaks ja on eraldi välja toodud ka nende asjakohasus igas stsenaariumis. Sekkumisvaldkonnad ja tegevused on toodud järgnevas tabelis.

Tabel 1-4 Tegevuste loetelu

Tegevuste pakett	Tegevused	Peamised stsenaariumid
Planeerimine	1A. Kiirendada taristu planeerimise kooskõlastamist.	• Kõik stsenaariumid
	1B. Suurendada planeerimiseks ja lubade menetlemiseks ette nähtud haldusressursse.	• Kõik stsenaariumid, v.a „S üsiniku püüdmine ja kasutamine“
	1C. Tugitegevused kooskõlastusprotsesside kiirendamiseks.	• Kõik stsenaariumid, v.a „S üsiniku püüdmine ja kasutamine“
Institutsionaalne reform	2A. Luua tuumaenergeetikat reguleeriv asutus.	• „Tuumaenergia“ • „Kõik tehnoloogiad“
	2B. Vaadata läbi Eesti riikliku regulaatori (Konkurentsiameti) volitused.	• Kõik stsenaariumid
	2C. Luua energia- ja kliimaamet.	• Kõik stsenaariumid
	2D. Suurendada piiriülest koostööd.	• Kõik stsenaariumid
Riskide vähendamise vahendid	3A. tegevused energiaostulepingute kasutuselevõtu soodustamiseks.	• Kõik stsenaariumid
	3B. Muuta taastuvenergia vähempakkumiste süsteemi.	• Kõik stsenaariumid, v.a „S üsiniku püüdmine ja kasutamine“
	3C. Viia kogu taastuvenergia rahastamine või osa sellest üle maagaasi (või muude vahendite) arvele.	• Taastuvenergia ja salvestus (avamere tuuleenergia) • Tuumaenergia
	3D. Suurendada Eesti Ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutuse (KredExi) pakutavate riigigarantiide praegust mahtu ja töötada välja laiem riigigarantiide raamistik.	• Kõik stsenaariumid
	3E. Avaliku sektori kaasinvesteerimine ja riskide jagamine.	• „Tuumaenergia“ • „Süsiniku püüdmine ja kasutamine“
Taastuvenergia kodumajapidamistele ning väikese ja keskmise suurusega ettevõtetele	4A. Koostada kohapealse väikesemahulise taastuvenergiatootmise toetuskava koos muude meetmetega, et soodustada hoonete renoveerimist.	• Kõik stsenaariumid, v.a „Süsiniku püüdmine ja kasutamine“
	4B. Võimaldada kodumajapidamistel ning väikese ja keskmise suurusega ettevõtetel investeerida taastuvenergia tootmisse.	• Kõik stsenaariumid, v.a „Süsiniku püüdmine ja kasutamine“
Elektrivõrgud	5A. Töötada välja riiklik paindlikkusstrateegia.	• Kõik stsenaariumid, v.a „Süsiniku püüdmine ja kasutamine“
	5B. Suurendada veelgi Baltimaade tasakaalustamisturu läbipaistvust.	• Kõik stsenaariumid, süsiniku püüdmise ja kasutamise ning tuumaenergia stsenaariumide jaoks väiksema tähtsusega
	5C. Parandada akutehnoloogia majanduslikku elujõulisust ja juurdepääsu rahast usele.	• Kõik stsenaariumid, süsiniku püüdmise ja kasutamise ning tuumaenergia stsenaariumi jaoks väiksema tähtsusega
	5D. Luua tarbimise juhtimise raamistik.	• Kõik stsenaariumid

	5E. Muud tegevused salvestusetehnoloogiate alase oskusteabe toetamiseks ja takistuste vähendamiseks.	• Kõik stsenaariumid
	5F. Kaaluda alternatiivseid projekti arendamise mudeleid ja rahastamismehhanisme võtmetähtsusega avameretaristu jaoks.	• „Taastuvenergia ja salvestus (avamere tuuleenergia)“ • „Kõik tehnoloogiad“
	5G. Tugevdada ülekande- ja jaotusvõrgu taristut .	• Kõik stsenaariumid
Kodanikuühiskonna kaasamine	6A. Korraldada uue taastuvenergia strateegia vastuvõtmisel teavituskampaania.	• Kõik stsenaariumid
	6B. Seada sisse ühtsed kontaktpunktid.	• Kõik stsenaariumid
	6C. Kohalikud tegevusrühmad.	• Kõik stsenaariumid
	6D. Hõlbustada kodanikuühenduste ja taastuvenergia kogukondade t ööd.	• Kõik stsenaariumid
Muudtegevused	7A. Toetada haavatavaid leibkondi .	• Kõik stsenaariumid
	7B. Arendada oskusi.	• „Tuumaenergia“

Paljud tegevused on asjakohased kõigi vaadeldavate stsenaariumide puhul. Need on:

- **tegevused planeerimiseprotsesside tõhustamiseks**, eelkõige haldusnõuete lihtsustamiseks, otsuste kiirendamiseks (pakkuda rohkem ressursse ja motivaatoreid kohalikele omavalitsustele kui otsustajatele). Kui sellest ei piisa, et hoogustada vajalike tehnoloogiate piisavas tempos turule tulekut, siis tuleks planeerimise alased ja loastamisega seotud kohustused üle anda riiklikule tasandile. Neid kohustusi tuleb kohandada vastavalt eelistatud strateegiale (nt keskendudes väikestele või suurtele projektidele, riiklikele või kohalikele haldusasutustele jne);
- **taastuvenergiasse või vähesesse süsinikuheitesse tehtavate investeeringutega seotud riskide maandami ne**. Enamiku taastuvenergiaallikate puhul leidub olulisi tururiske, sh risk, et nende ulatuslik kasutuselevõtt tulevikus võib suruda turuhinnad väga madalaks neil tundidel, mil kõik taastuvenergiaallikad on korraga tootmisvõimelised. Riskide maandamiseks soovitame sõlmida hinnavahelepingud[18], mille eelarved sõltuvad eesmärgiks seatud võimsuste mahust ja tehnoloogiatest. Muude stsenaariumide puhul, nt „Taastuvgaas“, „Tuumaenergia“ ning „Süsiniku püüdmine ja kasutamine“, on seevastu vaja spetsiifilisemaid riskide maandamise meetmeid, mis peaks aitama konkreetsel tehnoloogial turule tulla;
- **Baltimaade reservvõimsuse, paindlikkuse ja süsteemiteenuste turu läbipaistvamaks muutmine, avatus eri tehnoloogiatele, lähiriikidele ja tootjatele.** See oleks oluline vahend akude või muude salvestuslahenduste kasutuselevõtuks, mida on vaja iga stsenaariumi korral;
- tarbimise **juhtimise kasutuselevõttu toetavad** tegevused**.** Kõikides stsenaariumides kasutatakse ära kogu tarbimise juhtimise potentsiaal (261 MW), kusjuures selle kasutamine 2030. aastal (25–29 GWh) ja 2050. aastal (21–27 GWh) on üldiselt sarnane. Tarbimise juhtimisel peaks saama osaks eelmises punktis käsitletud paindlikkusteenuste turul;
- tegevused **energiaostulepingute kasutuselvõtu soodustamiseks.** Nende meetmete eesmärk on lihtsustada lepingupoolte (tootjad ja tarbijad) vahelisi kokkuleppeid, luues tüüplepingud ja motivaatorid tarbijatele, kes otsustavad niisugused lepingud sõlmida ;
- **ettevõtluse ja Innovatsiooni Sihtasutuse (KredExi) pakutavate garantiide rahastamise mahu ja piirmäärade suurendamine**, et toetada ka madalama krediidireitinguga arendajaid ja vähendada investorite nõutavaid riskipreemiaid;
- Tegevused **haavatavate leibkondade toetamiseks**. Need peaksid hõlmama eri liiki toetust, sh majanduslikku, tehnilist ja informatiivset. Mõned käsitletud stsenaariumid võivad oluliselt mõjutada elektriarveid, mistõttu tuleks kõige haavatavamatel tarbijatel aidata vähendada tarbimist ja parandada nende juurdepääsu programmidele, mis aitavad ellu viia energiatõhusust tagavaid tegevusi.

[18] ingl *contracts for difference*

Tabelis 1-5 on esitatud tegevuste paketi täiendav kirjeldus ja soovituslik ajakava.

Tabel 1-5. Tegevuste paketi kirjeldus

Tegevuste pakett	Eesmärk	Ajakava	Vastutav	Muud peamised huvirühmad	Kulud ja ressursid
1. Planeerimisprotsessi reform	Kiirendada kooskõlastamist ja vähendada arendajate riske.	Lühiajaline (2023-2030)	Valitsus	Kohalikud omavalitsused	Odav, peamiselt inimressurss
2.Institutsionaalne reform	Pakkuda rohkem sõltumatuid ja sihtotstarbelisi vahendeid.	Keskmise tähtajaga (2023-2035)	Valitsus	Oleneb reformist ja selle elluviimisest	Odav. Peamiselt ressursside ja kohustuste ümberjagamine
3.Riskide vähendamise vahendid	Vähendada arendajate ja investorite riske.	Rahastusotsused: lühiajaline (2023-2030) Rakendamine: keskmise tähtajaga / pikaajaline (2023-2040)	Valitsus	Finantseerimisasutused Suured elektritarbijad	Kulud varieeruvad suurel määral olenevalt stsenaariumist ja sõltuvad tulevastest energiahindadest
4.Kodumajapidamiste ja VKEde toetamine	Vähendada võrgu tugevdamise kulusid, kasutada ära odavaid võimalusi, kaasata erafinantseeringuid.	Keskmise tähtajaga (2023-2035)	Valitsus	Oleneb valitud rakendusviisist	Kulud varieeruvad suurel määral olenevalt stsenaariumist ja sõltuvad tulevastest energiahindadest
5.Elektrivõrgud	Võimaldada taastuvate energiaallikate ühildamist väikseima süsteemikuluga.	Keskmise tähtajaga (2023-2035)	Põhivõrguettevõtja	Valitsus	Rahastatakse elektriarvete kaudu
6.Kodanikuühiskond	Vähendada avalikkuse vastuseisu taastuvenergiale.	Lühiajaline (2023-2030)	Valitsus	Oleneb tegevusest	Odav
7.Muud tegevused	Vältida ebasoodsat mõju leibkondadele, tagada oskuste olemasolu.	--	Valitsus	Oleneb tegevusest	Erineb sõltuvalt stsenaariumist ja makromajanduslikest teguritest

Lisa joonistel A-1 ja A-2 on esitatud kavandatavate tegevuste üldine ajakava. Määratakse kindlaks esmatähtsad meetmed ja iga nende eest vastutav asutus.

1.5.1 Võtmetegevused stsenaariumi tasandil

Lisaks peaks stsenaariumides arvestama järgnevaga:

- **Taastuvenergia ja salvestus (avamere tuuleenergia):** See on kõige ambitsioonikam stsenaarium, mis näeb ette avamere tuuleenergia ja salvestustehnoloogiate suuremahulist kasutuselevõttu ning millega kaasnevad suurimad investeeringute mahud nii tootmisvõimsuste kui ka ülekandetaristu osas. Investeeringud avaldavad siiski positiivset majanduslikku mõju ja avamere tuuleenergia ulatusliku kasutuselevõtuga kaasnevaid keskkonnamõjusid on võimalik piirata. Stsenaariumi rakendamiseks on vaja keskenduda avamere tuuleenergia kasutuselevõtu hõlbustamisele (tehnoloogia-spetsiifiline toetus; võrgu arendamine; ülekandevõimsuste loomine), salvestuslahenduste kasutuselevõtu toetamisele ja haavatavate tarbijate kaitsmisele energiaarvete võimaliku suurenemise eest.
- **Taastuvgaas (muudetud):** Kuigi taastuvgaasi stsenaariumi modelleerimistulemused annavad suhteliselt tasakaalustatud elektrisüsteemi, selgus samas, et positiivsete mõjude tagamiseks tuleks selles stsenaariumis esialgselt eeldatud 1GW asemel rajada biogaasi võimsusi väiksemas mahus, kuna mudel näitab, et suurte tegevuskulude tõttu (biogaasi tooraine kõrge hind) toodaksid biogaasi võimsused vähe elektrit. See vastuolu viitab, et muutmata kujul ei ole tegemist Eesti jaoks ideaalse arengusuunaga. Eelkõige parandaks stsenaariumi kulutõhusust väiksemas mahus biogaasivõimsuste kasutuselevõtt. Põhimeede on biogaasirajatiste tehnoloogiapõhine toetamine.
- **Kõik tehnoloogiad:** See on põhistsenaarium tehnoloogianeutraalsete[19] stsenaariumite hulgas. See lähenemine tagab tasakaalustatud tootmisportfelli ja investeeringute mahu vaadeldud perioodi jooksul. Kuigi stsenaarium

[19] ehk kus ei eeldatud ühe spetsiifilise tehnoloogia nagu tuumaenergia, biogaas jmt ette määratud mahus kasutuselevõttu

ei tõuse esile eriti positiivsete tulemustega ühegi võrdluskriteeriumi lõikes, ei ole sel ka ühtegi olulist nõrka külge. Põhimeede on tehnoloogianeutraalne investeeringute toetamine.

- **Netoimpordita stsenaarium ja 1000 MW juhitav võimsus**: Nende kahe stsenaariumi, mis põhinevad kõikide tehnoloogiate konkurentsil, tulemused on tootmisportfelli (tuule-, päikeseenergia, akusalvestuse jmt osas), kulude ja juhitavate võimsuste mõttes suures osas sarnased. Erinevate eelduste tõttu on stsenaariumite vahel erinevusi mõningate tehnoloogiate osas[20]. „Kõik tehnoloogiad ilma netoimpordita“, on üks vähestest stsenaariumidest, milles ei kasutata biomassile üle viidud põlevkivivõimsusi. See on säästlikum Eesti metsade ressursi kasutamise mõttes, kuid selle hinnaks on, et maagaasi kasutatakse rohkem. Antud stsenaarium on majandusmõjude mõttes üks kasulikumaid. Soovitatavad poliitikameetmed on samuti tehnoloogianeutraalsed ja hoiavad ukse lahti kõigile lahendustele, kuniks selgub, millised neist on kõige kuluefektiivsemad. Põhimeede on netoimpordita stsenaariumi korral alustada ettevalmistusi tuumaenergia kasutuselevõtuks tulevikus, 1000 MW juhitava võimsuse stsenaariumi korral on põhi meetmeks on sihtotstarbeline juhitavatele võimsustele suunatud investeeringute soodustamise instrument.
- **Tuumaenergia:** Seda stsenaariumit iseloomustab keskendumine tuuma- ja päikeseenergiale. See on investeeringute mahu mõttes suuruselt teine stsenaarium, samas võib selle tulemusel 2050. aastal oodata kõige madalamaid elektrihindu (seda juhul, kui tuumajaamad töötavad 65-70% koormusteguriga). Peamised meetmed on seotud riikliku tuumaenergia valdkonna arendamisega ja muude taastuvaid energiaallikaid toetavate tegevustega. Huvirühmade sõnul on see stsenaarium kõige riskantsem kuivõrd tugineb tehnoloogiale, millel puudub Eestis ajalugu ja mida eeldatavasti ei saa kasutusele võtta enne 2035. aastat.
- **Süsiniku püüdmine ja kasutamine:** See stsenaarium nõuab kõige vähem uusi investeeringuid ja jätkab kodumaiste fossiilkütuste kasutamist pikemas perspektiivis, vähenedes sellegipoolest umbes veerandini võrreldes tänase põlevkivi kasutamisega. Kuigi selle stsenaariumi ellurakendamine on lihtsam ja nõuab vähem täiendavaid meetmeid, on teisalt see stsenaarium majanduse ja tööhõive seisukohast ilmselt kõige halvem ning jätaks Eesti tulevikus kõige rohkem sõltuvaks elektri impordist. Süsiniku püüdmine ja kasutamine võiks olla Eesti jaoks atraktiivsem valik, kui leitaks CO_2 edasised kasutus- ja transpordivõimalused, nii et süsiniku püüdmist saaks rakendada ka teistes elektrijaamades ja tööstusettevõtetes ning kui süsiniku püüdmise ja kasutamise kulusid oleks võimalik läbi mastaabisäästu muuta majanduslikult konkurentsivõimeliseks.

1.5.2 Soovitatavad meetmed ebasoodsa mõju vähendamiseks ja soodsa mõju suurendamiseks

Järgmine tabel annab ülevaate soovitatud meetmetest erinevate stsenaariumide keskkondlike, sotsiaalsete ja majanduslike negatiivsete mõjude leevendamiseks või positiivsete suurendamiseks. Tabelis on ka toodud asjakohasus iga stsenaariumi korral.

Tabel 1-6. Soovitatavad meetmed ebasoodsa mõju vähendamiseks ja soodsa mõju suurendamiseks

Mõjur	Mõju liik	Soovitused	Stsenaarium, mida mõju puudutab
Avamere tuuleenergia	Keskkonnamõju	• Tagada ehitustööde hoolikas projekteerimine, järelevalve ja juhtimine, et vähendada mereelustiku häirimist ja säilitada vee kvaliteeti; • Luua sobivatest materjalidest tehisrahud ja vältida erosiooni; • Kehtestada tuuleparkide läheduses kalapüügipiirangud; • Määratleda strateegia merealade tervise säilitamiseks.	• Kõik stsenaariumid, v.a süsiniku püüdmine ja kasutamine
	Sotsiaalne mõju	• Ehitada avamere tuulepargid tööstuspiirkondade lähedusse, kus maastikku on juba muudetud, et võimalikult vähe rikkuda vaadet kohaliku elanikkonna jaoks.	
	Majandusmõju	• Tagada asjaomaste huvirühmade, nt kalatööstuse ja merendussektori kaasamine varajasse konsulteerimisse; • Piisavad meetmed tagamaks, et taastuvenergia tasud ei mõjuta oluliselt tarbijaid; • Tagada tuuleenergiatööstuse kõrgelt kvalifitseeritud spetsialistide ettevalmistus.	
Maismaa tuuleenergia	Keskkonnamõju	• Tagada tuuleparkide hoolikas projekteerimine, järelevalve ja haldamine, et mitte häirida metsloomi ja nende elupaiku.	Kõik stsenaariumid
	Sotsiaalne mõju	• Tagada, et maismaa tuulepargid ei asuks kohalike elanike majade läheduses (vt keskkonnaseadust).	
	Majandusmõju	• Tagada tuuleenergiatööstuse kõrgelt kvalifitseeritud spetsialistide ettevalmistus.	

[20] nt 1000MW juhitavate võimsuste stsenaariumis eelistab mudel lisada tootmisportfelli ka ca 400 MW pumphüdro võimsusi, samas kui „Kõik tehnoloogiad ilma netoimpordita“, puhul eelistab mudel lisada taastuvenergia- ja salvestusvõimsuste kõrvale tootmisportfelli 300MW tuumaenergiavõimsusi

Mõjur	Mõju liik	Soovitused	Stsenaarium, mida mõju puudutab
Päikeseenergia	Keskkonnamõju	• Tagada päikeseelektrijaamade hoolikas projekteerimine, järelevalve ja haldamine, et mitte häirida metsloomi ja nende elupaiku.	• Kõik stsenaariumid
	Majandusmõju	• Tagada päikeseenergiatööstuse kõrgelt kvalifitseeritud spetsialistide ettevalmistus.	
Tuumaenergia	Keskkonnamõju	• Range kontroll vee kasutamise ja ärajuhtimise üle (soojusreostuse tõttu); • Ranged piirangud, et mürgised ja radioaktiivsed jäätmed ei satuks keskkonda, ning nõuetekohane jäätmekäitlus.	• Tuumaenergia • Netoimportdita stsenaarium
	Sotsiaalne mõju	• Ranged raskete õnnetuste ennetamise ja leevendamise meetmed.	
	Majandusmõju	• Tagada, et riigis oleks piisavalt kõrgelt kvalifitseeritud tuumaenergiatööstuse spetsialiste.	
Biomass ja biogaas	Keskkonnamõju	• Metsamaterjali energiatootmiseks kasutamise asjakohane reguleerimine ja juhtimine.	• Taastuvenergia ja salvestus • Taastuvgaas • Kõik tehnoloogiad • Netoimportdita stsenaarium • 1000 MW juhitav võimsus
	Majandusmõju	• Tagada, et riigis oleks piisavalt kõrgelt kvalifitseeritud bioenergiatööstuse spetsialiste; • Kehtestada kõigile bioenergia liikidele ranged kestlikkuse kriteeriumid (sh subsideerimata energialiigid, millele taastuvenergia direktiivi kriteeriume ei kohaldata), et minimeerida negatiivset mõju teistele tööstusharudele.	
Akusalvestus	Keskkonnamõju	• Nõuded akude nõuetekohaseks kõrvaldamiseks / ringlusse võtmiseks nende kasutusaja lõppedes.	• Kõik stsenaariumid
	Majandusmõju	• Kaasajastada elektrivõrku nuti kate tehnoloogiate abil, et tõhustada akusalvestuse arendamist (ELi soovitus); • Tagada energiasalvestuse valdkonnas kõrgelt kvalifitseeritud spetsialistide ettevalmistus.	
Ülekanne ja jaotamine	Keskkonnamõju	• Planeerida uute maa- või veealuste ülekande- ja jaotustrasside rajamist, kui see on tehniliselt võimalik; • Vältida tarbetut metsaraiet; • Vähendada ehitus- ja tehniliste lahenduste abil mürasaastet; • Ranged seadmete hoolduse ja kõrvaldamise nõuded (nt SF6).	• Kõik stsenaariumid
	Sotsiaalne mõju	• Kehtestada piirangud kõrgepingeliinide rajamisele elamute lähedusse, et vähendada nende mõju tervisele (keskkonnaalaste õigusaktide kohaldamine); • Visuaalse mõju vähendamiseks vältida õhuliinide rajamist asustatud piirkondades.	
	Majandusmõju	• Tagada ülekande- ja jaotusvõrkude valdkonnas kõrgelt kvalifitseeritud spetsialistide ettevalmistus.	

2 Lõpparuanne: Peamised tulemused ja järeldused

Lõpparuande eesmärk on teha projekti senisest käigust kokkuvõte ja anda projekti tulemuste, aga ka tulemuste hindamise ja jälgimise põhjal soovitusi edaspidiseks. Lõpparuanne käsitleb kõiki projekti tulemusi ja annab ülevaate projektis ilmnenud raskustest ja nende ületamisest. Selles peatükis tutvustatakse saadud õppetunde ja soovitusi.

2.1 Kokkuvõtlik hinnang

Tabel 2-1 annab ülevaate, kuidas on hinnatud iga stsenaariumi erinevate kriteeriumide alusel. Tabeli laiendatud versioon, mis sisaldab alusandmeid, on esitatud lisas. Tabelis püütakse näidata projekti eri etappides hinnatud põhinäitajate võrdlustulemusi ja kaht üldhinnangut, millest esimene põhineb konsultandi ja teine alternatiivsel kriteeriumide valikul. Kuigi konsultandi kriteeriumite lõikes ei ole kaalutud hindamist kasutatud, on need seatud konsultandi eksperthinnangu järgi tähtsuse järjekorda (st ülemiste veergude kriteeriume peetakse olulisemaks kui alumiste veergude omi). Kriteeriumide olulisus ei ole absoluutväärtusena, vaid sõltub sellest, kuidas näitajaid projekti jaoks välja arvutati.

Valitud näitajate lõikes on igal stsenaariumil nii omad eelised kui ka puudused. Mõnel juhul on strateegiale antud mitu väga soodsat hinnangut (++), kuid ka mõned väga negatiivsed hinnangud (--). Mõnel juhul, nagu huvirühmade seisukohad ja hinnang strateegia rakendamise keerulisuse kohta, on näitajatele antud suur kaal.

Eespool esitatud analüüsi põhjal soovitab töö koostaja eelistada stsenaariume „Kõik tehnoloogiad“, „Taastuvgaas“ ja „Taastuvenergia ja salvestus“. Taastuvgaasi stsenaariumi kohta tuleb aga esitada oluline selgitus. Kuigi üldiselt on stsenaarium positiivne, näitab võimsuse ja erinevate tehnoloogiate kasutamise analüüs, et biogaasi installeeritud võimsusi (1GW) nii suures mahus kõrgete muutuvkulude tõttu sama hästi kui ei kasutata. Seetõttu tuleks biogaasi stsenaariumi rakendamise korral oluliselt vähendada biogaasi rajatavaid võimsusi ning suurendada teiste, odavamate ja juhitavate tehnoloogiate investeeringuid.

Viie alternatiivse kriteeriumi alusel tehtud hindamine näitab, kuidas strateegiad paiknevad valitud mõõdikute alusel ja ka kokkuvõtlikult (kõigi hinnangute summana). Seejuures tähendab madalam positsioon järjestuses paremat tulemust. Selle hinnangu järgi on esikohal stsenaarium „Tuumaenergia“, millele järgnevad „Taastuvenergia ja salvestus“ ning „Kõik tehnoloogiad“. Oluline on märkida, et üldine pingerida sõltub valitud näitajatest ja teistsuguste näitajate puhul oleks järjekord teine.

Samuti on oluline meeles pidada, et kõik strateegiad teenivad põhieesmärki – viia Eesti elektrisüsteem 2050. aastaks üle süsinikuneutraalsele tootmisele – ja kõigis hinnangutes on vaadeldud ajavahemikul (30 aastat) oma osa suurel määramatusel. Seetõttu tuleks selles aruandes esitatud analüüsi kasutada sisendina poliitilistes otsustes, mitte aga võtta lõpliku järeldusena konkreetse tehnoloogia potentsiaali kohta Eestis. Kuigi süsiniku püüdmise ja kasutamise tehnoloogia ning tuuma- ja biogaasijaamad ei tundu selle uuringu valikukriteeriumite põhjal Eestile sobivat, võivad need olla sobivad valikud teistsuguste eelduste ja väärtushinnangute korral.

Tabel 2-1 Kriteeriumide kokkuvõtlik hinnang

Kriteeriumid*	Aruanne	Taastuvenergia ja salvestus	Kõik tehnoloogiad	Tuuma energia	Taastuv gaas	Netoimportdita stsenaarium	1000 MW juhitav võimsus	Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)
Huvirühmade eelistus[21]	5	++	++	-	+	-	0	--
Sotsiaalmajanduslik mõju	4	++	0	-	++	++	0	--
Varustuskindlus	3	++	0	+	0	0	++	--
Peamised rakendusprobleemid	7	0	++	--	0	0	0	-
Riskianalüüs[22]	5	0	++	--	++	--	++	--
Fossiilsete energiaallikate kasutamise piiramine (maagaasi tootmine 2050. aastal)	3	++	-	++	++	--	-	--
tundlikkusanalüüs	6	++	0	++	++	++	0	--
Keskmine elektrihind 2050. aastal	4	-	+	++	+	+	+	--
Kumulatiivsed investeerimiskulud kokku (2022-2050)	4	--	0	--	--	0	0	++
Taastuvenergia toetuste kulud 2030. aastal	7	--	0	0	0	--	0	++
CO_2 heitkogused 2050. aastaks	4	0	0	0	0	-	0	++
Biomassist toodetud elektrienergia 2050. aastal	3	--	--	0	--	++	--	++
Konsultandi üldine hinnang		**Soovitatav**	**Soovitatav**	**Ei soovita**	**Soovitatav**	**Elluviidav**	**Elluviidav**	**Ei soovita**
Alternatiivne järjestus viie kriteeriumi alusel[23]								
Investeerimiskulu	7	7	2	6	5	4	3	1
Elektrihind 2050. aastal		6	2	1	3	5	4	7
SKP**		1	6	2	3	4	5	7
Loodud töökohad (2030-2050)		2	4	1	3	5	6	7
Kodumaise tootmise osakaal 2050. aastal		2	4	1	6	5	3	7
Üldine pingerida viie kriteeriumi alusel		**2**	**2**	**1**	**4**	**6**	**5**	**7**

Väga soodne (++); mõõdukalt soodne (+); neutraalne / mõju pole (0); mõõdukalt ebasoodne (-); väga ebasoodne (--)

*Ülemiste veergude kriteeriume peetakse olulisemateks kui alumiste veergude omi.

**Toodangu muutus võrreldes võrdlusnäitajaga. SKP sisaldab maksutulu.

2.2 Peamised järeldused

Eesti võib saavutada süsinikuneutraalsuse ja vähendada oma energiasõltuvust võttes 2050. aastani kasutusele erinevaid tehnoloogiakombinatsioone. Kõigi vaadeldud variantide puhul suureneb oluliselt kasutatav tootmisvõimsus ja kodumaise tootmise osakaal sisetarbimises. Kõigi stsenaariumide puhul on kasvuhoonegaaside heitkogused väiksemad kui on ette nähtud paketis „Eesmärk 55“. ***Põhiliste järelduste põhjalik kokkuvõte on esitatud lisa tabelis A-2***.

[21] Huvirühmade eelistused põhinevad küsitluse tulemustel ja riskianalüüsi käigus toimunud intervjuudel

[22] Õiguslikud, tehnoloogilised, sotsiaalsed, keskkondlikud, energiaturu- ja majandusriskid.

[23] Nende järjestuskriteeriumide väärtused on esitatud tabelis A-2.

Kui arvestada tervikmõju majandusele, siis taastuvenergia ja salvestamise ning taastuvgaasi stsenaariumidel on kõrgest elektrihinnast hoolimata tootmisportfelli arengu, varustuskindluse ja sotsiaalmajandusliku mõju poolest parimad näitajad. Modelleerimine samas näitab, et investeeringud taastuvgaasi tootmisvõimsusesse nii suures mahus (1GW) ei oleks mõistlikud, kuna sellega kaasnevad kõrged elektritootmise muutuvkulud oleks teiste tehnoloogiate ja energiaimpordiga võrreldes liiga suured, et taastuvgaasi võimsusi päriselt ulatuslikult kasutada. Suured kulud on tingitud biogaasi tooraine hinnast, mis eeldatavasti jääb samale tasemele isegi siis, kui tarneahel on paremini välja arendatud ja mastaabisääst saavutatud.

2.2.1 Tehnoloogia arendamine

Mõned tehnoloogiad saavutavad oma täieliku kasutuspotentsiaali iga stsenaariumi korral. Modelleerimisel on arvestatud sellega, et 2030. aastaks kasutataks täielikult ära maismaa tuuleparkide ja tarbimise juhtimise võimekused (vastavalt 1479 MW ja 261 MW). Lisaks on kõigis stsenaariumides oodata päikeseenergia väga suurt kasutuselevõttu (725–2390 MW aastaks 2030 ja 725–6573 MW aastaks 2050). Ka mõne teise tehnoloogia kasutuselevõtt on eri stsenaariumide lõikes üsna sarnane, aga need jäävad praeguste võimsuste tasemele ega kasva tulevikus: hüdroenergia (8 MW), jäätmed (18,5 MW), muu taastuvenergia (20,32 MW, välja arvatud lisanduv biogaas), biomass (101MW), milles ei sisaldu tulevane kütusevahetus põlevkivijaamades.

Kõigi stsenaariumide puhul kujuneb väljakutseks vajaliku salvestusvõimsuste, eelkõige akude, kasutuselevõtt piisavas mahus. Modelleerimine näitab, et Eesti vajab 2030. aastaks 860–2235 MW võimsusega akusid (peaaegu 50% keskmisest taastuvenergia tootmisvõimsustest) ja 2050. aastaks 4570–9300 MW võimsusega akusid (üle 100% keskmiselt prognoositud taastuvenergia tootmisvõimsustest). Selleks on enne 2050. aastat vaja salvestusvõimsustesse investeerida 526 miljonit kuni 1,034 miljardit eurot. Et julgustada investoreid niisuguses mahus investeeringuid tegema, on vaja parandada tasakaalustamisturu läbipaistvust.

Tabel 2-2 annab ülevaate hinnangulisest elektrivõimsusest ja -tootmisest stsenaariumide kaupa

Tabel 2-2 Elektrienergia koguvõimsus megavattides ja -toodang gigavatt-tundides 2050. aastaks tehnoloogiate kaupa iga stsenaariumi korral

Stsenaarium	Võimsus ja tootmine	Maismaa tuuleenergia	Avamere tuuleenergia	Päikeseenergia	Akud[24]	Muud tehnoloogiad	Kokku	% juhitav
Taastuvenergia ja salvestus	MW	1479	4000	2094	8617	1235	**17 425**	*55*
	GWh	3994	12 550	2504	-127	3842	**22 764**	
Taastuvgaas	MW	1479	1883	3837	5907	1901	**15 007**	*52*
	GWh	3750	6079	4555	-88	3316	**17 612**	
Kõik tehnoloogiad	MW	1479	1968	4057	7970	1045	**16 519**	*55*
	GWh	3812	6881	4811	-102	3676	**19 078**	
Netoimpordita stsenaarium	MW	1479	1967	3933	7705	1125	**16 209**	*54*
	GWh	3821	7008	4615	-97	3648	**18 995**	
1000 MW juhitav võimsus	MW	1479	2098	3920	7533	1424	**16 453**	*52*
	GWh	3885	7417	4681	-97	3636	**19 723**	
Tuumaenergia	MW	1479	1576	6573	9288	1975	**20 892**	*53*
	GWh	3795	5594	7549	-114	6656	**23 480**	
Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)	MW	1479	123	725	4571	923	**7821**	*70*
	GWh	2640	321	647	-13	989	**4585**	

[24] Akude puhul on tootmine (GWh) akukasutus, samas kui võimsus (MW) on akude salvestusmaht.

Elektrienergia tootmiseks vajamineva biomassi kogus on eri stsenaariumide puhul väga erinev. Tänaste põlevkivijaamade üleviimine biomassile võib elektrisektoris põhjustada biomassi tarbimise märkimisväärse suurenemise võrreldes praegusega, st enamiku stsenaariumite puhul eeldatakse, et 2030. aastal toodetakse sellest biomassist rohkem kui 2 TWh elektrienergiat ja 2050. aastaks suureneb see 3 TWh-ni. Sellises mahus biomassist elektritootmine nõuaks praeguse seadmete efektiivsuse juures umbes 3 miljonit m^3 biomassi (või 30% riigi 2021. aasta raiemahtudest[25]), kuid muundamise tõhusus eeldatavasti suureneb, nii et väheneb ka vajamineva biomassi hulk. Eranditeks on *süsiniku püüdmise ja kasutamise* stsenaarium (kus jätkatakse põlevkivi kasutamist), *netoimpordita stsenaarium* (kus biomassil põhinevaid võimsusi asendub maagaasi ja seejärel tuumaenergiaga) ja *tuumaenergia* stsenaarium (kus biomass asendub tuumaenergiaga).

2.2.2 Poliitika tegevused

Kuivõrd iga stsenaarium näeb ette keeruka tehnoloogiate rakendamise kombinatsiooni, on vaja astuda mitmeid samme stsenaariumide elluviimise toetamiseks. Enamik neist tegevustest on vajalikud ja asjakohased kõigi stsenaariumide puhul, samas tuleb osa tegevusi kohandada eelistatud võimsuste segule sobivaks. Tegevuste loetelu leiate tabelist 1-4 ja nendega seotud ajakava, vastutav asutus, peamised huvirühmad ja kulud ja vahendid on esitatud tabelis 1-5 alapeatükis 1.5.

Neli tegevust, mis on läbivalt igas stsenaariumis tähtsad:

5. Planeerimisprotsessi lihtsustamine;
6. taastuvate energiaallikate investeeringute toetamine;
7. elektrisüsteemi tasakaalustamisturu laiendamine, et soodustada investeeringuid paindlikkusteenusteks vajalikesse tehnoloogiatesse;
8. ülekandevõrgu tugevdamine (kuigi siin analüüsis ei hinnatud jaotusvõrgu tugevdamist, on see tõenäoliselt samuti vajalik).

Lisas toodud joonistel A-1 ja A-2 on esitatud kavandatud tegevuste üldine ajakava ning tabelis A-1 on ülevaade prioriteetsetest meetmetest stsenaariumide kaupa. Lisaks sellele on iga tehnoloogia kahjulike mõjude vähendamiseks ja soodsate mõjude suurendamiseks soovitatud meetmed kokkuvõtlikult esitatud tabelis 1-6.

2.2.3 Vajalikud investeeringud tehnoloogiatesse ja poliitikameetmetesse

Vajalikud investeeringud on kõigi stsenaariumide puhul märkimisväärsed ja ulatuvad 2050. aasta eel keskmiselt 8,0 miljardi euroni[26]. Investeeringute kogusumma varieerub vaadeldud stsenaariumide puhul 3,2 miljardist eurost süsiniku püüdmise ja kasutamise stsenaariumi korral kuni 11,4 miljardi euroni taastuvenergia ja salvestuse stsenaariumi puhul. Ülekandevõimsuste suurendamisega seotud kulud moodustavad umbes 2 kuni 4% investeerimiskuludest. Investeeringud maismaa tuule- ja päikeseenergiasse on märkimisväärsed kõigi vaadeldud stsenaariumide puhul.

Pakutud tegevuste hinnale pole siinse uuringu ulatuse tõttu võimalik anda detailselt usaldusväärseid hinnanguid. Enamik kaalutud tegevustest on reformid, turgude töökindluse parandamine ja olemasolevate

[25] Keskkonnaagentuur (2022). Keskkonnaagentuur: mullune raiemaht jäi 10,6 miljoni tihumeetri juurde. Asub aadressil: https://keskkonnaagentuur.ee/uudised/keskkonnaagentuur-mullune-raiemaht-jai-106-miljoni-tihumeetri-juurde.
[26] See hõlmab kapitalikulusid ja võrgu tugevdamise kulusid ega sisalda intressimakseid.

instrumentide täiustamine. Suurema osa Tegevuste otsestest kuludest moodustab tõenäoliselt personali tööaeg, kuid sellega võivad kaasneda lisakulud, mida ei ole võimalik täpselt prognoosida.

Tabel 2-3 Kulude kokkuvõte iga stsenaariumi kohta, kumulatiivselt kuni 2050. aastani

	Vastutavad huvirühmad	Taastuvenergia ja salvestus	Kõik tehnoloogiad	Tuumaenergia	Netoimportdita stsenaarium	Taastuvgaas	1000 MW juhitav võimsus	Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)
Kumulatiivsed investeeringud enne 2050. aastat[27]	Erainvestorid ja riigi kontrolli all olevad investorid	**14 293 mln eurot**	**9025 mln eurot**	**12 089 mln eurot**	**10 454 mln eurot**	**11 577 mln eurot**	**9868 mln eurot**	**3966 mln eurot**
Kapitalikulud		11 040 mln eurot	6972 mln eurot	9338 mln eurot	8075 mln eurot	8942 mln eurot	7623 mln eurot	3065 mln eurot
Intressimaksed		3253 mln eurot	2053 mln eurot	2751 mln eurot	2379 mln eurot	2635 mln eurot	2245 mln eurot	901 mln eurot
Võrgu tugevdamine		355 mln eurot	155 mln eurot	230 mln eurot	135 mln eurot	141 mln eurot	155 mln eurot	135 mln eurot
Planeeringute protsessi läbivaatamise kulud	Valitsus ja kohalik omavalitsus	Madal (halduskulud)	Madal (halduskulud)	Madal (halduskulud)	Madal (halduskulud)	Madal (halduskulud)	Madal (halduskulud)	Madal (halduskulud)
Tasakaalustamisturu laiendamise kulud	Süsteemihaldur	Madal (haldusressursid, tarkvara)	Madal (haldusressursid, tarkvara)	Madal (haldusressursid, tarkvara)	Madal (haldusressursid, tarkvara)	Madal (haldusressursid, tarkvara)	Madal (haldusressursid, tarkvara)	Madal (haldusressursid, tarkvara)
Taastuvenergia toetused aastal 2030 (hinnanguliselt madal-kõrge)	Valitsus	105-209 mln eurot	36-71 mln eurot	39-78 mln eurot	94-189 mln eurot	37-73 mln eurot	41-82 mln eurot	28-55 mln eurot

Esialgne hinnang taastuvenergia tehnoloogiate toetusvajaduse kohta eri arengusuundade puhul näitab, et toetused ulatuksid 2030. aastal 28 miljonist eurost kuni 209 miljoni euroni aastas, olenevalt valitud stsenaariumist ja eeldatavatest elektri hulgimüügihindadest. Hinnanguline kulude vahemik on nii lai sellepärast, et soovitatud toetusvahendiga (hinnavahelepingute süsteem) toetatakse taastuvenergia tootjaid ainult madalate turuhindade korral.

2.2.4 Nõuanded stsenaariumide kohta

Hinnatud alternatiividest ei tundu elluviidav süsiniku püüdmise ja kasutamise stsenaarium, sest see ei vasta kodumaise tootmise vajadusele ega taga häid tulemusi muude põhinäitajate, nagu elektrihind, sotsiaalmajanduslik mõju, huvirühmade eelistused ja riskid osas. Kuigi süsiniku püüdmise ja kasutamise stsenaarium on hinnatud variantidest odavaim, ei stimuleeri see piisavalt taastuvenergia tehnoloogiate kasutuselevõttu ja selle keskmine elektrihind on kõige kõrgem. Kuigi modelleeritud kujul seda stsenaariumi ei soovitata, võiks kaaluda süsiniku püüdmise ja kasutamise kombineerimist teiste tehnoloogiatega ja see võiks olla osa tasakaalustatumast tehnoloogiavalikust.

Tuumaenergia stsenaariumi puhul on keskmine elektrihind kõige madalam, kuid tuumaenergiaga tajutakse kõige suuremaid riske. Eelkõige kardetakse, et tehnoloogia kasutuselevõtu viivitused ja kulude ületamine takistavad Eestil saavutamast oma süsinikuheite vähendamise eesmärke. Ajalooliselt on globaalselt tuumaprojekte iseloomustanud oodatust suuremad kulud, korduv kulude suurenemine projekti jooksul ja viivitused. Viivitused on üldiselt tingitud mitmesugustest põhjustest (rahalised, tehnilised, poliitilised) ja need mõjutavad peamise tegurina huvirühmade arvamust. Stsenaariumiga kaasneb soodne elektri hind ainult juhul, kui tuumajaama koormustegur on 65–70%. Tundlikkuseanalüüs näitas, et koormusteguri tõstmise korral 90%-ni, võib kaasneda

[27] Välja arvatud võrgu tugevdamine.

keskmise elektri hinna märkimisväärse tõus, sest vähese nõudluse ajal tõrjub tuumaenergia muud odavamad tootmisviisid välja.

2.3 Soovitused

Projekti viie tulemusaruande ja siinses aruandes esitatud analüüsi tulemuste põhjal anname järgmised soovitused:

VALITSUSEL PEAB OLEMA SELGE STRATEEGIA, KUIDAS VÄHENDADA SÜSINIKDIOKSIIDI HEIDET JA TÄITA STRATEEGIAGA SEOTUD KOHUSTUSI.

Esitatud stsenaariumide põhjal **peaks Eesti valitsus vastu võtma selge ja üheselt mõistetava strateegia, kuidas vähendada elektrisektori süsinikuheiteid**. Strateegia ei pea võtma täpsel kujul üle üht siin tutvustatud stsenaariumidest, kuid see peab sisaldama ühtset eesmärkide, meetmete ja finantskohustuste paketti ning hõlmama nende katteallikaid (üldine maksustamine, energiaarved, erafinantseerimine, institutsionaalsed investorid). Rahandusministeerium ja peaminister peavad võtma selgeid kohustusi ja saavutama kõigi suuremate erakondade võimalikult laialdase toetuse. Strateegiat tuleb arusaadavalt selgitada kodanikele ja ametnikele kõikidel tasanditel.

STSENAARIUMI VALIK

Tabel 2-4 kordab stsenaariumide hindamise kokkuvõtet, kus kriteeriumide aluseks olevad väärtused on esitatud lisas, tabelis A-2. Seitsme võimaliku uuritud stsenaariumi seast on **„Kõik tehnoloogiad“** ja **„Taastuvenergia ja salvestus (avamere tuuleenergia)“** need, mis pakuvad parimat tasakaalu kasu, kulude, riskide ja elluviidavuse vahel. Stsenaariumi „Taastuvenergia ja salvestus“ eelised on varustuskindlus, fossiilkütuste kasutamise piiramine, positiivne sotsiaalmajanduslik mõju ja madalad CO2 heitkogused, kuid selle peamine puudus on kõrgem hind. Taastuvenergiapõhine strateegia on hästi kooskõlas ka naaberriikide eesmärkidega, põhineb tõestatud tehnoloogiatel ja selle elluviimiseks vajalikud meetmed on suhteliselt selged. Tasakaalustatud arengusuunda pakkuv stsenaarium „Kõik tehnoloogiad“ ei teeni ühegi kriteeriumi lõikes väga kõrgeid punkte, kuid samas ei ole sel ka tugevaid miinuseid ning kulud on madalamad kui teistel arengusuundadel. Netoimpordi puudumise eesmärk parandab sotsiaalmajanduslikke tulemusi, kuid suurendab ka vajalike investeeringute mahtu.

Teine tasakaalustatud tulemust pakkuv võimalus on stsenaarium „Taastuvgaas“ (positiivne hinnang kõigi vaadeldavate näitajate osas), kuid mudelis kavandatud 1GM biogaasi tootmisvõimsuste mahtu tuleks vähendada, kuna mudel näitab, et biogaasi võimsused toodaksid suurte tegevus/muutuvkulude tõttu tegelikkuses vähe elektrit.

Valitsus võib siiski kaaluda mitut meedet, et hoida „elus“ ka tuumaenergia ning süsiniku püüdmise ja kasutamise stsenaariumid ning keskenduda turuolukorra muutudes rohkem nendele tehnoloogiatele. Süsiniku püüdmist ja kasutamist ei ole majanduslikult mõistlik kasutusele võtta ilma mastaabisäästu võimaluseta, samas kui liigsel määral seni praktikas tõestamata uutele tuumatehnoloogiatele toetuda oleks samuti liiga riskantne. Tuumaenergia stsenaariumiga kaasneb veel üks oht, sest see võib tekitada nn võltsturvatunde varustuskindluse tagamise osas ja sellega võidakse õigustada oluliste investeerimisotsuste tulevikku lükkamist ning teiste (täna juba küpsete) tehnoloogiate kasutuselevõtu aeglustumist.

Valikuvõimaluste paremusjärjestusse seadmiseks kasutatakse ka viit alternatiivset, majanduslikele parameetritele keskendunud, kriteeriumi. Nende kriteeriumide põhjal on 2050. aastal esikohal tuumaenergia stsenaarium, samas kui netoimpordita stsenaarium langeb pingerea lõppu. Kõrgeid punkte saavad ka stsenaariumid „Kõik tehnoloogiad“ ja „1000 MW juhitav võimsus“. On selge, et see tulemus sõltub võrdluse aluseks olevatest näitajatest, st teiste näitajate korral oleks pingerida teistsugune.

Eelistatud stsenaariumi leidmine on poliitiline valik, sest kõik esitatud strateegiad saavutavad süsinikdioksiidi heite vähendamise eesmärgid ja muud Eesti elektrisüsteemile seatud peamised eesmärgid. Siinset aruannet ja selles esitatud hinnangut peaksid otsustajad ja huvirühmad kasutama selleks, et määrata kindlaks neile sobivaim tee süsinikuheite vähendamise suunas, mitte võtma seda lõpliku otsusena. Eeldame, et eri huvirühmad omistavad eri näitajatele erinevat kaalu ja jõuavad eelistatud valiku puhul erinevatele järeldustele.

Tabel 2-4. Kokkuvõtlik hinnang stsenaariumidele

	Konsultandi hinnang	Alternatiivne pingerida*	Märkused
Taastuvenergia ja salvestus	Soovitatav	2	See on kõige ambitsioonikam stsenaarium, mis näeb ette avamere tuuleenergia ja salvestustehnoloogiate suuremahulist kasutuselevõttu ning millega kaasnevad suurimad investeeringute mahud nii tootmisvõimsuste kui ka ülekandetaristu osas. Investeeringud avaldavad siiski positiivset majanduslikku mõju ja avamere tuuleenergia ulatusliku kasutuselevõtuga kaasnevaid keskkonnamõjusid on võimalik piirata. Stsenaariumi rakendamiseks on vaja keskenduda avamere tuuleenergia kasutuselevõtu hõlbustamisele (tehnoloogia-spetsiifiline toetus; võrgu arendamine; ülekandevõimsuste loomine), salvestuslahenduste kasutuselevõtu toetamisele ja haavatavate tarbijate kaitsmisele energiaarvete võimaliku suurenemise eest.
Taastuvgaas	Soovitatav	4	Kuigi taastuvgaasi stsenaariumi modelleerimistulemused annavad suhteliselt tasakaalustatud elektrisüsteemi, selgus samas, et positiivsete mõjude tagamiseks tuleks selles stsenaariumis esialgselt eeldatud 1GW asemel rajada biogaasi võimsusi väiksemas mahus, kuna mudel näitab, et suurte tegevuskulude tõttu (biogaasi tooraine kõrge hind) toodaksid biogaasi võimsused vähe elektrit. See vastuolu viitab, et muutmata kujul ei ole tegemist Eesti jaoks ideaalse arengusuunaga. Eelkõige parandaks stsenaariumi kulutõhusust väiksemas mahus biogaasivõimsuste kasutuselevõtt.
Kõik tehnoloogiad	Soovitatav	2	See on põhistsenaarium tehnoloogianeutraalsete[28] stsenaariumite hulgas. See lähenemine tagab tasakaalustatud tootmisportfelli ja investeeringute mahu vaadeldud perioodi jooksul. Kuigi stsenaarium ei tõuse esile eriti positiivsete tulemustega ühegi võrdluskriteeriumi lõikes, ei ole sel ka ühtegi olulist nõrka külge.
Netoimportdita stsenaarium	Elluviidav	6	Nende kahe stsenaariumi, mis põhinevad kõikide tehnoloogiate konkurentsil, tulemused on tootmisportfelli (tuule-, päikeseenergia, akusalvestuse jmt osas), kulude ja juhitavate võimsuste mõttes suures osas sarnased. Erinevate eelduste tõttu on stsenaariumite vahel erinevusi mõningate tehnoloogiate osas[29]. „Kõik tehnoloogiad ilma netoimportdita“, on üks vähestest stsenaariumidest, milles ei kasutata biomassile üle viidud põlevkivivõimsusi. See on säästlikum Eesti metsade ressursi kasutamise mõttes, kuid selle hinnaks on, et maagaasi kasutatakse rohkem. Antud stsenaarium on majandusmõjude mõttes üks kasulikumaid. Soovitatavad poliitikameetmed on samuti tehnoloogianeutraalsed ja hoiavad ukse lahti kõigile lahendustele, kuniks selgub, millised neist on kõige kuluefektiivsemad.
1000 MW juhitav võimsus	Elluviidav	5	
Tuumaenergia	Ei soovita	1	Seda stsenaariumit iseloomustab keskendumine tuuma- ja päikeseenergiale. See on investeeringute mahu mõttes suuruselt teine stsenaarium, samas võib selle tulemusel 2050. aastal oodata kõige madalamaid elektrihindu[30]. Peamised meetmed on seotud riikliku tuumaenergia valdkonna arendamisega ja muude taastuvaid energiaallikaid toetavate tegevustega. Huvirühmade sõnul on see stsenaarium kõige riskantsem kuivõrd tugineb tehnoloogiale, millel puudub Eestis ajalugu ja mida eeldatavasti ei saa kasutusele võtta enne 2035. aastat.
Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)	Ei soovita	7	See stsenaarium nõuab kõige vähem uusi investeeringuid ja jätkab kodumaiste fossiilkütuste kasutamist pikemas perspektiivis, vähenedes sellegipoolest umbes veerandini võrreldes tänase põlevkivi kasutamisega. Kuigi selle stsenaariumi ellurakendamine on lihtsam ja nõuab vähem täiendavaid meetmeid, on teisalt see stsenaarium majanduse ja tööhõive seisukohast ilmselt kõige halvem ning jätaks Eesti tulevikus kõige rohkem sõltuvaks elektri impordist. Süsiniku püüdmine ja kasutamine võiks olla Eesti jaoks atraktiivsem valik, kui leitaks CO_2 edasised kasutus- ja transpordivõimalused, nii et süsiniku püüdmist saaks rakendada ka teistes elektrijaamades ja tööstusettevõtetes ning kui süsiniku püüdmise ja kasutamise kulusid oleks võimalik läbi mastaabisäästu muuta majanduslikult konkurentsivõimeliseks .

* Põhineb viiel kriteeriumil: investeerimiskulud, elektrihinnad 2050. aastal, SKT, töökohtade loomine ja kodumaise tootmise osakaal 2050. aastal.

RIIGI KASVUHOONEGAASIDE HEITE VÄHENDAMISE EESMÄRKIDE SAAVUTAMISEKS TULEKS SIIN ESITATUD ANALÜÜSI TÄIENDADA LISAANALÜÜSIGA, MIS KESKENDUB KA TEISTELE SEKTORITELE (KÜTE, TRANSPORT, PÕLLUMAJANDUS JA METSANDUS, HOONED, TÖÖSTUS) NING MIS VÕTAKS ARVESSE SÜSTEEMI INTEGREERIMISEGA SEOTUD ASPEKTE.

[28] ehk kus ei eeldatud ühe spetsiifilise tehnoloogia nagu tuumaenergia, biogaas jmt ette määratud mahus kasutuselevõttu

[29] nt 1000MW juhitavate võimsuste stsenaariumis eelistab mudel lisada tootmisportfelli ka ca 400 MW pumphüdro võimsusi, samas kui „Kõik tehnoloogiad ilma netoimportdita“, puhul eelistab mudel lisada taastuvenergia- ja salvestusvõimsuste kõrvale tootmisportfelli 300MW tuumaenergiavõimsusi

[30] seda juhul, kui tuumajaamad töötavad 65-70% koormusteguriga

Kui üks stsenaarium on valitud, peaks valitsus enne süsinikdioksiidi heite vähendamise strateegia kinnitamist tegema valitud stsenaariumi analüüsi süsteemi ühildamise seisukohast (elekter-soojus/jahutus-transport). Selles analüüsis tuleks uurida eelistatud stsenaariumiga seotud arengusuundade ja meetmete mõju teistele sektoritele ning energiasektori mõju teiste sektorite dekarboniseerimise strateegiatele. Eelkõige tuleks silmas pidada kütte- ja jahutussektorit, hoonete energiatõhusust ja transpordisektorit. Siinset analüüsi tuleks kindla ajavahemiku järel korrata, tagamaks, et eelistatud tehnoloogiakombinatsioon on süsinikdioksiidi heite vähendamise eesmärkide saavutamiseks endiselt sobivaim.

2.4 Õppetunnid tulevaste projektide jaoks teistes EL-i liikmesriikides

Selles peatükis tutvustatakse soovitusi ja õppetunde, et pakkuda Euroopa Komisjonile teadmisi tulevaste projektide tarvis teistes liikmesriikides.

Varajane otsekontakt kõige olulisemate osalistega riigi energiasektoris

Seda tüüpi projektide puhul on olulised otsekontaktid kõige tähtsamate osalistega riigi energeetikavaldkonnas. Siinse projekti tagasiside saabus üsna hilja, mistõttu tuli stsenaariume korduvalt ümber hinnata. See tõi projekti ajakavas omakorda kaasa viivitusi. Probleemi aitaks vältida otsesem kontakt täpsemini valitud osalistega riigi energiasektorist, mis aitaks suurema tõenäosusega tagada õigeaegse ja sisukama tagasiside. Kui vastuseid ei anta õigel ajal, võib olla vajalik peamistele huvirühmadele tagasiside saamiseks helistada.

Rohkem sisemisi arutelusid erinevate energeetikasektori osalistega võimalike arengusuundade üle

Riigi energiasektori erinevate osaliste vahel peaks toimuma rohkem vastutava ministeeriumi juhitud sisemisi arutelusid. Selles projektis edastasid energiasektori eri tegijad oma soovid otse konsultantidele.

Meetmete varasemaks väljatöötamiseks tuleks anda rohkem aega ja arendusmeetod peaks olema selgem

Lähteülesandes peaks olema ette nähtud rohkem aega meetmete väljatöötamiseks ja meetmete väljatöötamise kord peaks olema selgem. Meetmete kujundamist tuleks alustada projekti varasemas etapis, täpsemalt pärast stsenaariumide väljatöötamist ja enne modelleerimist. Nii saaks modelleerimisel võtta arvesse poliitikameetmeid ning kulude ja tulude kohta rohkem teavet. Ühtlasi annaks poliitikameetmete kõneluste alustamine protsessi varasemas etapis huvirühmadele rohkem aega anda tagasisidet, mis võiks vähendada viivitusi ajakavas.

Täpsustada, kas vaja on teatud põhielemente

Lähteülesandes tuleks täpsustada, millistele põhielementidele oleks analüüsis vaja keskenduda. Seekordses projektis olid lõpuks põhielementide hulgas ka dekarboniseerimiseks vajalik juhtimisstruktuur ja õigusraamistik, kuid ometi ei olnud neid lähteülesandes esitatud.

Piirata modelleerimiseks valitud stsenaariume

Selles projektis valmistas suuri raskusi analüüsitavate stsenaariumide rohkus. Kuigi alguses on oluline arvestada mitme valikuvõimalusega, oleks kasulik võimalikke stsenaariume enne põhjalikuma analüüsiga jätkamist kitsendada.

Korraldada huvirühmade tagasiside saamiseks suurte seminaride asemel väikesed ekspertide aruteluringid

Alternatiiv suurtele huvirühmade seminaridele on väikeste eksperdiarutelude korraldamine. Kuigi paljude osalejatega töötoad võivad anda mitmekülgset teavet, on see tagasiside sageli laialivalguv ja võib olla raske eristada kõige tähtsamaid tagasisidepunkte. Lisaks on oht, et paljude huvirühmadega korraldatud seminarid võivad projekti keset hajutada. Soovitame koguda tagasisidet kindlate huvirühmade seas korraldatud eksperdiaruteludes, mis esindaksid

erinevaid vaatenurki, kuid pakuksid samas sisutihedat tagasisidet. See peaks aitama tagada võimalikult väikesed viivitused projekti elluviimisel. Huvirühmadega teabe jagamiseks soovitame siiski suuremaid seminare.

MÄÄRATA PROJEKTILE SPETSIAALNE POLIITIKAAMETNIK EUROOPA KOMISJONIST

Kuivõrd liikmesriikide ministeeriumidel ei ole selliste uuringute ja rahvusvaheliste projektide jaoks tavaliselt eraldi projektijuhte, oleks kasulik, kui Komisjonis oleks spetsiaalne poliitikaametnik, kes juhendaks liikmesriigi ministeeriumi kogu projekti jooksul.

KORRALDADA LIIKMESRIIGIS FÜÜSILINE AVAKOOSOLEK

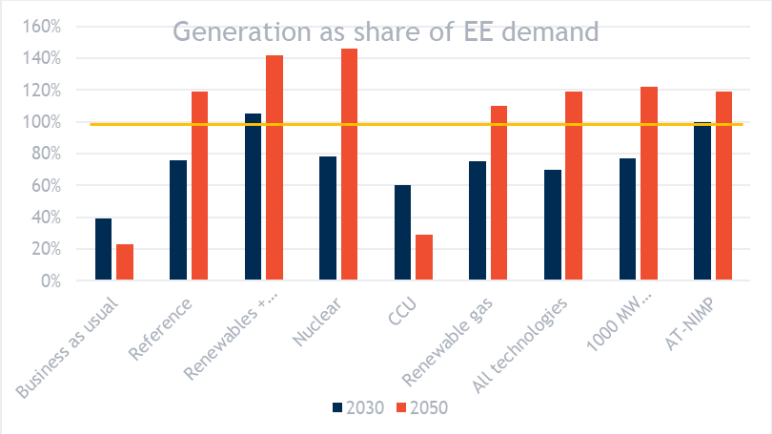
Trinomicsi meeskonna kogemuse põhjal on projekti füüsiline avakoosolek sihtriigis tõhus viis projekti alustamiseks, et konsultandid ja klient saaks oma ootusi ühildada ja meeskond mõistaks sügavamalt kliendi jaoks olulisemaid aspekte.

3 Vastused uurimisküsimustele

Eelmistest projekti väljunditest lähtudes on allpool toodud uurimisküsimuste vastustega.

Vastused uurimisküsimustele

Küsimus	Vastus
1. Kas 2030. aasta eesmärkide saavutamiseks piisab taastuvenergia vähempakkumistest?	Pärast seda, kui on hinnatud kavandatud ja lõpuleviidud taastuvenergia vähempakkumiste tulemusi, on kõigis analüüsitud stsenaariumides endiselt puudu 2,7 kuni 7 GWh taastuvenergiast toodetud elektrienergiat. Sellises koguses lisaelektri toodang ei ole tõenäoliselt võimalik ilma spetsiaalse toetuseta, sest investorid ei ole valmis võtma enda kanda kogu tururiski. Riskide vähendamise meetmed, mis võivad suurendada erainvesteeringuid, on näiteks riigigarantiide laiendamine ja avaliku sektori kaasinvesteerimine või riskide omavahel jagamine.
2. Kas praeguste teadmiste ja modelleerimistulemuste põhjal oleks tuumaenergiasse investeerimine elluviidav ja turvaline?	Tuumaenergiale toetumine on liiga riskantne strateegia, sest sellega kaasneks mitu riski, mis on peamiselt seotud avaliku arvamuse ja tehnoloogiliste väljakutsetega (tuumaprojektides on ajalooliselt esinenud pikaajalisi viivitusi ja kulude ületamist). Huvirühmade vastuseis ei ole seotud tehnoloogia endaga, vaid seda mõjutavad näited teistest Euroopa riikidest (Ühendkuningriik, Prantsusmaa, Soome), kes on hiljuti püüdnud arendada uusi tuumaelektrijaamu. Kõigil kolmel juhul on projekt oluliselt hilinenud ja olnud algselt kavandatust mitu korda kallim ning kahel juhul kolmest on olnud vaja maksumaksjate või tarbijate toetust. Ka kõige paljulubavama stsenaariumi korral on ebatõenäoline, et tuumae nergia muutub kättesaadavaks enne 2030. aastate keskpaika või lõppu, mistõttu ei soovitata seda stsenaariumi isegi 2050. aasta kõige madalamate modelleeritud elektrihindade juures. Viimase punkti kohta näitas tundlikkusanalüüs, et stsenaariumi elektrihindasid puudutavad tulemused ei ole usaldusväärsed, sest tuumaenergia tootmise mahu suurendamine toob kaasa hindade tõusu.
3. Millisest allikast saame elektrit kümne aasta pärast külmal ja pimedal talveööl?	Ööd ei ole suurima tarbimisega aeg ööpäevas, selleks on tavaliselt õhtud. Vastus küsimusele sõltub stsenaariumist, kuid üldiselt toodetakse 2030. aastate keskpaigas päikeseenergia kättesaadavuse välisel ajal energiat järgmistest allikatest: • mis tahes juhitav võimsus (põlevkivi, biomass, gaas, hüdroenergia); • tuuleenergia ja võrkudevahelised ühendused (import); • akupatareid (mõne stsenaariumi korral biogaas või pumphüdroenergia), mis täidavad kõik võimsuslüngad. Näiteks kahes kõige enam soovitatud stsenaariumis on 2030. aastaks ette nähtud järgmine kombinatsioon, kusjuures hinnanguline tippvõimsuse vajadus on 2200 MW. • Taastuvenergia ja salvestus. Koguvõimsus: 7,1 GW, millest 48% on juhitav energia või 16% ilma akupatareideta. Juhitav võimsus moodustab 24% aastasest energiatoodangust. Peamised tehnoloogiad on avamere tuuleenergia (1000 MW), päikeseenergia (1249 MW), maismaa tuuleenergia (1479 MW) ja akupatareid (2235 MW). Tootmine (TWh): maismaa tuuleenergia (3,9 TWh), avamere tuuleenergia (3,5 TWh), põlevkivi (2,2 TWh), päikeseenergia (1,4 TWh). See katab 105% aastasest riiklikust netovajadusest ja võimaldab aasta jooksul netoeksporti. • Kõik tehnoloogiad. Koguvõimsus: 5,6 GW, millest 46% on juhitav energia või 17% ilma akupatareideta. Juhitav võimsus moodustab 29% aastasest energiatoodangust. Peamised tehnoloogiad on päikeseenergia (1507 MW), maismaa tuuleenergia (1479 MW) ja akupatareid (1607 MW). Tootmine (TWh): maismaa tuuleenergia (3,8 TWh), põlevkivi (1,7 TWh), päikeseenergia (1,8 TWh). See katab 70% aastasest riiklikust netovajadusest, puudujäägi katab import.

	• Kõikide stsenaariumide korral on olemas juhitava võimsuse baas, mis hõlmab peamiselt põlevkivielektrijaamu (2030. aastal 676 MW), mis kasutavad hiljem biomassi, kuid ka väikeseid spetsiaalseid biomassijaamu (101 MW), maagaasi (2030. aastal enamikus stsenaariumides 70 MW), hüdroenergiat (8 MW), biogaasi (20 MW) ja jäätmeid (19 MW). Väheseid neist väiksematest lahendustest on majanduslikult võimalik märgatavalt skaleerida. Suurima potentsiaaliga on maagaas, kuid see on vastuolus kliimaneutraalsuse eesmärgiga. Pikemas perspektiivis võiks kasutada ka tuumaenergiat.
4. Kas ja kui suures ulatuses on vaja säilitada teatav kogus kohalikku MW-võimsust elektrienergia varustuskindluse tagamiseks?	• Üks enamikus stsenaariumides soovitatud igal juhul kasulikest meetmetest on töötada välja uus paindlikkusstrateegia, mille eesmärk on soodustada akupatareide ja muude paindlikkust suurendavate tehnoloogiate kasutuselevõttu. Strateegias tuleks kaaluda alternatiivi praegusele lahendusele (strateegiline reserv), et investorid näeksid selgeid ärilisi põhjendusi akupatareidesse investeerimiseks. Reservvõimsuse ootamatu kõrvaldamine turult võib aga tekitada märkimisväärseid riske ja ülemääraseid hinnahüppeid. Seepärast peaks reservvõimsuse kõrvaldamine sõltuma akupatareide ja juhitamatute energiaallikate kasutuselevõtust. • Pikas perspektiivis on kõige kulutõhusam lahendus hästi toimiv ja läbipaistev paindlikkuseenuste turg, mis on avatud tarbimise juhtimisele ja teistes riikides asuvatele rajatistele.
5. Milline on kõikumine ja impordist sõltuvuse muutus erinevate stsenaariumide puhul?	Kõigis vaadeldud stsenaariumides (v.a süsiniku püüdmine ja kasutamine) kasutatakse piisavalt võimsust, et katta rohkem kui 100% kodumaisest elektrinõudlusest. Taastuvenergia ja salvestus ning kõik tehnoloogiad ilma netoimpordita on ainsad stsenaariumid, mis saavutavad selle eesmärgi 2030. aastaks. 
6. Kas aastatel 2025–2030 on juba võimalik rajada avamere tuuleparke ja mida on selleks vaja teha (toetada)?	Kuigi selle eesmärgi saavutamine 2025. aastaks on väga ebatõenäoline, on seda võimalik saavutada 2030. aastaks, kui lähitulevikus astutakse järgmised kolm olulist sammu. • Planeerimisprotsessi läbivaatamine (ühtne taotlusmenetlus). • Arendajate toetamine eeluuringute korraldamisel. Näiteks võiks valitsus korraldada geoloogilisi ja arheoloogilisi teoreetilisi uuringuid, geotehnilisi ja geofüüsikalisi väliuuringuid, merepõhja liikuvuse uuringuid, tuulevarude ja energiatootmise tasandatud kogukulude hinnanguid ja muuta need uuringud kättesaadavaks potentsiaalsetele pakkujatele taastuvenergia vähempakkumistel. Sarnast lahendust on juba kasutatud projektis ELWIND. • Tehnoloogiaspetsiifilise hinnatoetusmehhanismi määratlemine (nt hinna alampiir või toetuspreemia). Avamerevõrgu asjaomaste elementide lõpuleviimine (Balti ja Põhjamaade põhivõrguettevõtjate algatus) on lisaetapp, mis suurendaks oluliselt avamere tuuleenergia kasutuselevõtu võimalusi 2030. aastaks.

<table>
<tr><td>7. Kas CO_2 hinna ja taastuvenergiasse tehtavate investeeringute vahel on otsene korrelatsioon (kas kõrgem CO_2 hind toob kaasa rohkem investeeringuid)?</td><td>See ei ole mitte CO_2 hind ise, vaid kõrge CO_2 hinna ootus keskpikas plaanis ehk 5–10 aasta jooksul, mis on piisavalt kõrge, et hoida fossiilkütuste hulgimüügihinda kõrgemana kui on nende energiatootmise tasandatud kogukulud. Siiski on olulised ka muud kaalutlused, eelkõige:
● ootused tulevastele toetustele, mis võivad hiljem turule tulijate tulusid kahjustada (nt mida rohkem tuuleparke on tulevikus, seda madalam on hulgimüügihind, kui tuuleenergia on piirtootjana hinna kujundaja turul;
● ootused strateegilise reservi kasutamisele, et piirata ajutiselt kõrgeid hindu, mis võiks olla kasulik taastuvate energiaallikate seisukohast;
● hinnatoetussüsteemi olemasolu.</td></tr>
<tr><td>8. Kui realistlik oleks süsiniku püüdmine ja kasutamine Eestis ja millised on selleks vajalikud lisatehnoloogiad, kulud jne?</td><td>Auvere elektrijaama ja TG11 ploki kohandamine süsiniku püüdmise ja kasutamise süsteemiga, nagu asjaomases stsenaariumis on eeldatud, on elluviidav umbes 1 miljardi euroga. Selleks on vaja ümberehituse käigus paigaldatavaid püüdmisseadmeid ja muid valitud protsessis vajalikke tehnoloogiaid. Sellise investeeringu tasuvus oleks siiski vähene, kui ei leita muid võimalusi CO_2 kasutamiseks, nt ladustamiskohad väljaspool Eestit.</td></tr>
<tr><td>9. Millised tegevused on vajalikud, et olla kooskõlas paketiga „Eesmärk 55“?</td><td>„Eesmärk 55“ ei nõua ühtki konkreetset meedet, kuid see eeldab CO_2 heidete vähendamist teatud hulgani. Selle eesmärgi saavutavad kõik vaadeldud stsenaariumid, mis tähendab, et taastuvenergia tehnoloogiate kasutuselevõtu tagamiseks tuleb rakendada kõiki mainitud toetavaid meetmeid (planeerimis- ja loastamisprotsessi kiirendamine, energiaostulepingud, riskide vähendamise vahendid, toetusmeetmed kodumajapidamiste ja VKEde jaoks).
Poliitikakujundajate jaoks on laiem küsimus see, kas ja kui suuri lisapingutusi peaks elektrisektor tegema kogu riigi heidete vähendamise nimel. Kuna elektrisektoris on süsinikuheidete vähendamine tavaliselt lihtsam, on sellele kehtestatud rangemad nõudmised kui sellistele sektoritele, kus süsinikuheidete vähendamine on keerulisem (näiteks põllumajandus- või transpordisektor). Kõigi analüüsitud stsenaariumide korral vähenevad heited 55%-lisest eesmärgist tunduvalt rohkem – 95% aastaks 2030 –, mis võimaldab kompenseerida heidete aeglasemat vähenemist teistes sektorites. Samuti ületatakse kõigis stsenaariumides oluliselt taastuvenergia osakaalu eesmärke (st kõik stsenaariumid saavutavad 2030. aastaks enam kui 70% ulatuses taastuvenergia osakaalu, võrreldes 40%-lise eesmärgiga).</td></tr>
<tr><td>10. Millised stsenaariumid ja tegevuskavad oleks kõige sobivamad kliimaneutraalsuse saavutamiseks, lähtudes CO_2 vähendamise prognoosist ja sellega seotud tegevustest?</td><td>Heited on kõikides stsenaariumides märkimisväärselt väiksemad paketis „Eesmärk 55“ ettenähtust. Süsiniku püüdmise ja kasutamise heited on kõige väiksemad, kuid see stsenaarium toodab kõige vähem elektrit, oluliselt vähem elektrienergia vajadusest.
Kõik stsenaariumid on modelleeritud eesmärgiga viia netoheide 2050. aastaks nullini, kasutades vajaduse korral otse õhust püüdmise tehnoloogiaid, et vähendada väiksemaid järelejäänud heitkoguseid.</td></tr>
<tr><td>11. Milline oleks võimsuste ja nende mõju ruumiline jaotumine iga stsenaariumi puhul?</td><td>Kõigi stsenaariumide modelleerimine näitab, et 2030. aastaks tuleks iga stsenaariumi korral võtta kasutusele maismaa tuuleenergia lisavõimsus järgmiselt. Lääne-Eestis 850 MW, Põhja-, Kesk- ja Kirde-Eestis kõik 100 MW, Lõuna-Eestis tuuleenergia lisavõimsust ei lisata. Selline kasutuselevõtt eeldab hinnanguliselt umbes 230–460 km^2 maa-ala (ehk vähem kui 1% kogu Eesti pindalast).

Modelleerimise järgi on rohkem avamere tuuleenergia võimsust ette nähtud Lääne-Eestisse.</td></tr>
<tr><td>12. Kui palju (millises ulatuses) on peale taastuvenergia tegevuste (mida rahastatakse tarbijate taastuvenergia maksust) vaja suurendada investeeringuid toetusrahade ja/või välislaenude abil (gigavatt-tundides ja eurodes)?</td><td>Kuigi taastuvenergia vähempakkumised võimaldavad taastuvenergia tootmisele saada tegevuspõhist toetust, ei rahastata sel moel tuule- või päikeseparkide ehitamise investeeringuid. Selleks on samuti tarvis investorite panust.
<table>
<tr><th>Miljonit eurot aastaks 2050</th><th>Investeeringud tootmisse</th><th>Investeeringud ülekandesse</th></tr>
<tr><td>Taastuvenergia ja salvestus</td><td>11 040</td><td>355</td></tr>
<tr><td>Tuumaenergia</td><td>9338</td><td>230</td></tr>
</table></td></tr>
</table>

	Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)	3065	135
	Taastuvgaas	8942	141
	Kõik tehnoloogiad	6972	155
	Netoimpordita stsenaarium	8075	135
	1000 MW juhitav võimsus	7623	155

Tehnoloogia- ja ülekandeinvesteeringutele on saadaval ELi ja teiste institutsionaalsete investorite toetusrahastus. Näiteks selleks, et toetada süsiniku püüdmise ja kasutamise, võrkudevaheliste ühenduste, suurte paindlikkus- ja salvestusprojektide kasutuselevõttu.

13. Millised on finantsasutused ja nende peamised tingimused investeerimislaenu või toetuse saamiseks (projekti suurus eurodes ja kestus, asukoht, rahvusvaheline koostöö jne), samuti vajadused ja võimalused edukaks taotluseks?	Nii avaliku sektori algatuste kui ka erasektori arendajate jaoks on mitu võimalust. Sobivaim asutus ja toode sõltub vajadusest ja projekti tüübist. Üksikasjad on toodud 7. väljundi aruande lisas D.
14. Millised on põhilised ja kõige olulisemad etapid ja tegevused/meetmed, et lühendada uute taastuvenergia võimsust ja salvestust puudutavate projektide ajakavasid?	Kolm peamist välja töötatud etappi on järgmised: ● **Vaadata üle planeerimisprotsess ja teha kindlaks etapid, mida on võimalik lihtsustada või lühendada (tegevus 1A).** ○ Ajakohastada taastuvenergiarajatiste kinnitamismenetlust puudutavat õigusraamistikku, sealhulgas luua ühtne kinnitamismenetlus ja määrata üks kontaktisik, alustades suurtest projektidest (nt avamere tuuleenergiapargid), kuid eesmärgiga laiendada seda kõikidele taotlustele. Kontaktisik koordineerib teiste asjaomaste asutuste infot; ○ Kehtestada maksimaalsed lubatud tähtajad planeeringute protsessi kõikidele etappidele, sealhulgas keskkonnamõju hinnangu kinnitamisele. ○ Luua valdkondlikest ekspertidest, riigikaitsest ja kodanikuühiskonna esindajatest koosnev rühm, et lahendada tuule- ja päikeseenergia projektide kavandatavate asukohtadega seotud konflikte. Tuleks kaaluda võimalusi, kas sellisel rühmal võiks olla ametlik roll apellatsioonimenetluses. Selle teema võiks anda vastloodud energiaagentuurile. ● **Anda projektide kinnitamise eest vastutavatele kohalikele omavalitsustele rohkem haldusressursse (tegevus 1B).** ○ Näha riiklikul tasandil ette rohkem tööjõudu ja raha (nt eksperdid, uuringute tellimine, prioriteetide seadmine kinnitamisprotsessides), et toetada riiklike huvidega seotud projekte. Valitsus peaks määratlema kriteeriumid, mille alusel tehakse kindlaks riiklike huvidega seotud projektid, mis vastavad üldisele valitud strateegilisele suunale. Peamised kriteeriumid peaks olema projekti kogusuurus (võimsus) ja selle panus energia- ja kliimaeesmärkide saavutamisse ning energiavarustuse kindlusesse (elektrisüsteemi stabiilsus, sõltumatus fossiilkütuste impordist). Seetõttu võiks tuuleenergiaparke ning tuuma- ja tavalisi elektrijaamu pidada riiklike huvidega seotud projektideks. Allpool on toodud soovitatav tegevus („Institutsiooniline reform“), mis puudutab uue agentuuri loomist ja selle ülesandeid nendes projektides. ○ Toetada kohalikke haldusasutusi lisaressurssidega, et nad saaks menetleda projektitaotlusi õigeks ajaks. Lahendused võivad hõlmata järgmist: ▪ lisaeelarve koostamine; ▪ ekspertide koolitamine (lähetused); ▪ protsessi hõlbustamiseks vajalike vahendite pakkumine. ● **Viia ellu hulk muid toetustegevusi (tegevusi 1C).** ○ Teha kohustuslikuks uute perspektiivsete taastuvenergia tootmispiirkondade lisamine kohalikesse üle-, temaatilistesse ja eriplaneeringutesse ning siduda

	selle nõudega kohalike omavalitsuste tasandusfondist tehtavad maksed. See tegevus peaks olema lühiajaline (st hiljemalt kuni 2023. aasta lõpuni). ○ Kui pärast eelmist tegevust ei ole kindlaks määratud alade arv piisav, määratletakse riiklikul tasandil uus ruumiline kava. Selle täpsemaks kvantifitseerimiseks tuleks korraldada lisauuringuid olenevalt valitud stsenaariumist. ○ Luua omavalitsustele võimalused saada taastuvenergia investeeringutest kasu oma halduspiirkonnas. Selleks võib olla kasumi/tulu jagamine omavalitsustega, kaasfinantseerimine kohalike asutuste või energiakogukondade kaudu või otsesed ostulepingud. ○ Tuleks uurida võimalusi, kuidas suurendada maismaa tuuleenergiaprojektide jaoks kasutatavaid maa-alasid. Peaks kaaluma mahajäetud tööstuspiirkondi ja vähekasutatud alasid (nt varem väljaarendatud alad, vähearenenud tööstuspargid), kombineeritud kasutust (nt tööstuspiirkondades, ühispaiknemine muu taristuga) ja võimalusi alternatiivsete maismaa tuulegeneraatorite rajamiseks (nt labadeta tuulegeneraatorid).
15. Millised on kõige olulisemad eri huvirühmadega seotud meetmed ja kulud?	**Planeeringute protsessi läbivaatamine** Meetme maksumus sõltub mitmest tegurist (läbivaatamise ulatus ja stsenaarium), kuid selle peamine mõju on lisanduvad personalikulud (riiklikul või kohalikul tasandil). Kulud kannavad keskvalitsus ja kohalik omavalitsus. **Taastuvate energiaallikate toetamine** Selle meetme maksumus sõltub tulevastest elektrihindadest ja see mõjutaks tarbijate arveid (kulud kannavad kõik tarbijad olenevalt oma tariifidest ja tarbimisest). Hinnanguline kulu 2030. aastal jääb vahemikku 0 (püsivalt kõrgete energiahindade korral) kuni 209 miljonit eurot aastas. **Elektrisüsteemi tasakaalustamine** Tasakaalustamisturu loomise kulud on võrreldes selle eelistega väikesed ja turuosalised maksaksid selle eest turutasu kaudu. Alginvesteeringu teeb süsteemi korraldaja ja see kantakse tarbijatele üle energiaarvete kaudu, mis on osa RAB-mudelist. **Ülekandevõrgu tugevdamine** Lisanduvad investeerimiskulud jäävad olenevalt stsenaariumist hinnanguliselt vahemikku 135–355 miljonit eurot (kogukulud kuni 2050. aastani). Need kulud kannab põhivõrguettevõtja (või eravara korral erainvestorid) ja need kaetakse kas tarbijate makstavate võrgutasude või eravara korral elektrienergia hulgimüügi kulude kaudu.
16. Millised on peamised etapid ja tegevused, et ületada kohalike vastuseisu uutele paigaldistele? Kuidas motiveerida kohalikke inimesi (parimad tavad teistest riikidest) ja suurendada võimet mõista uute rajatiste tähtsust? Kui öelda, et käimas on protsess, mis reguleerib taastuvenergiast saadavat kohalikku kasu, kas sellest piisab?	Kohaliku vastuseisu vähendamiseks ei piisa kohaliku kasu suurendamisest. Tegevuskavas pakutakse välja hulk tegevusi, tagamaks, et kohalikud kogukonnad tunneks end üleminekusse rohkem kaasatuna ja saaks sellest otsest kasu: ● ühtsed kontaktpunktid; ● energiakogukonnad; ● rahaliste eeliste pakkumine kohalikele omavalitsustele, kes on aktiivsemad sobivate alade väljaselgitamisel; ● kohalike kogukondade mehhanismide kindlaksmääramine, et nad saaks otsest kasu nende läheduses asuvatest paigaldistest.
17. Millised on vajalikud investeeringud (kulud), et kiirendada ülekande arendamist taastuvenergia, salvestuse, nõudluse juhtimise jms jaoks?	Modelleerimisanalüüs pakub välja järgmised meetmed: ● Lääne-Eesti ja Läti: olenevalt stsenaariumist on 2030. aastaks vaja kuni 332 MW ja 2050. aastaks 600–1200 MW ülekandevõimsust. Investeeringute kogumaksumus kuni 2050. aastani jääb olenevalt stsenaariumist vahemikku 135–266 miljonit eurot. ● Lääne- ja Põhja-Eesti: 377 MW ülekandevõimsus 2050. aastaks 89 miljoni eurose koguinvesteeringu juures.

18. Milliste tehnoloogiate alusel oleks vajalik juhitav võimsus kõige kulutõhusam?	Modelleerimisel ei nõutud kindlat juhitava võimsuse taset, nõudlus rahuldatakse kõigi stsenaariumide korral kas kodumaise tootmise või impordi kaudu. Vajaliku juhitava võimsuse taseme määramine on strateegiline otsus. Siiski on erinevused stsenaariumide vahel suhteliselt väikesed, mis puudutab juhitava võimsuse osakaalu koguvõimsusest: 2030. aastal on see ligikaudu 40%, 2040. aastal 45% ja 2050. aastal ligikaudu 50%. Biomassil põhinev põlevkivi ja akupatareid annavad (kaugelt) suurima osa sellest võimsusest. Taastuvenergia ja salvestus (akupatareid), tuumaenergia (tuumaenergia) ja kõik tehnoloogiad ilma netoimpordita (maagaas, tuumaenergia) on 2050. aastaks kõige suurema juhitava võimsuse osakaaluga (täielikud tulemused on esitatud 7. väljundi tegevuskava aruande lisas).
19. Milliste allikate ja tehnoloogiate põhjal on tagatud meie varustuskindlus külmal talveajal 2030. ja 2050. aastal ja mida peaksime selle saavutamiseks tegema?	Modelleeritud stsenaariumides on tagatud, et nõudlus rahuldatakse igal ajal, kuigi sageli toimub see akupatareide kaudu. Kõige väiksema juhitava võimsusega stsenaariumid sõltuvad rohkem impordist, kuid üldjuhul katab puudujäägi eeldatav kogus akupatareisid.
20. Milline oleks kõige realistlikum stsenaarium, võttes arvesse avaliku sektori kulusid ja riiklikke makse, riske ja mõju SKP-le, tulumaksu jne?	Seitsme võimaliku uuritud stsenaariumi seast paistavad pakkuvat parimat tasakaalu kasu, kulude, riskide ja teostatavuse vahel *„Kõik tehnoloogiad“* ning *„Taastuvenergia ja salvestus (avamere tuuleenergia)“*. Stsenaariumi „Taastuvenergia ja salvestus“ eelised on varustuskindlus, fossiilkütuste kasutamise piiramine, sotsiaalmajanduslik mõju ja CO_2 heitkogused, kuid selle peamine puudus on kõrge hind. Tabel 2-1 pakub teavet sünteesitud hinde kohta ja lisas on toodud hinde aluseks olevad põhjendused.

Kõik selle töö osana koostatud väljundid on esitatud eraldi siinse aruande lisadena.

4 Seireindikaatorid

4.1 Peamised suundumused ja indikaatorid

Tabel 4-1 annab ülevaate projekti elluviimise näitajatest. Lõpetatud on kõik aruanded. Lisaks korraldati 5. aruande jaoks huvirühmadega kavavälised intervjuud, kuivõrd küsitlusele vastajaid oli vähe.

Tabel 4-1 Projekti elluviimise indikaatorite praegune seis

Projekti elluviimise näitajad	Tulemused
Täidetud ja levitatud aruannete arv	9/9
Heakskiidetud projektiaruannete arv	8/8
Progressiaruannete arv	20/20
Juhtkomitee koosolekute arv	16/16
MKMiga peetud progressikoosolekute arv	46
Muude huvirühmadega peetud koosolekute arv	17

4.1.1 Seminaride ülevaade

Projekti jooksul korraldati neli seminari. Järgmises tabelis on esitatud ülevaade seminaride toimumise kuupäevade ja osalejate arvu kohta. Esimesel ja neljandal seminaril osalenud organisatsioonide nimekiri on esitatud **lisas I.** Ülejäänud töötoad korraldas klient.

Tabel 4-2 Töötubade kokkuvõte

Töötuba	Kuupäev	Osalejate arv
Töötuba 1: analüüsi raamistik (DLV3)	12.05.2021	57
Töötuba 2: tagasiside esialgsete tulemuste kohta (DLV3)	02.12.2021	Pole teada
Töötuba 3: tagasiside tegevuskava kohta (DLV 7)	22.02.2022	Umbes 40 (kliendi korraldatud seminar)
Töötuba 4: lõpptulemuste esitlus	11.05.2022	102

4.1.2 Intervjuude ülevaade

Aruande 5 koostamiseks korraldati seitse intervjuud, mis täiendasid riskianalüüsi küsimustiku tulemusi. Need intervjuud toimusid 2022. aasta jaanuaris huvirühmadega, kes esindasid erinevaid elektritootmis sektori tööstusharusid. Tabelis 4-3 on loetletud intervjueeritavad ja nende esindatav sektor.

Tabel 4-3 Väljundi 5 intervjueeritavad

Organisatsioon	Esindaja	Kuupäev
Taastuvenergia Koda	Mihkel Annus	12.01.2022
Tuuleenergia Assotsiatsioon	Terje Talv	14.01.2022
Tuumaenergiast huvitatud ettevõte Fermi OÜ (esindab ka Elektritööstuse Liitu)	Kalev Kallemets	17.01.2022
Biokütuste Ühing	Ülo Kask	12.01.2022
Keskkonnaühenduste koda (EKO)	Johanna Maarja Tiik ja Ingrid Nielsen (Eestimaa Looduse Fond), Silver Sillak (Eesti Roheline Liikumine)	18.01.2022
Sunly (taastuvenergia arendaja ja investor)	Priit Lepasepp	27.01.2022
Alexela (energiainvestor)	Marti Hääl	27.01.2022

Lisaks intervjueeris projektimeeskond 25.05.2022 Erkki Sappi, Siim Limret ja Hardi Koduveret Eleringist (põhivõrguettevõtja).

4.2 Tulemuste jälgimine

Väljund		Tööaja algus	Tööaja lõpp	Esialgse aruande esitamise aeg	Läbivaadatud aruande esitamise aeg	Lõpparuande esitamise aeg	Lõpparuanne vastu võetud	Muutused ajakavas võrreldes lepinguga
1	Algetapi aruanne	✓	✓	14.10.2020	11.11.2020	18.11.2020	20.11.2020	ei kehti
2	Andmekogumis-aruanne	✓	✓	12.02.2021	-	22.03.2021	22.04.2021	Väikesed viivitused, et kinnitada andmed Eleringi ja MKMiga
3	Aruanne „Elektrisektori süsinikuheite vähendamise võimaluste modelleerimine“	✓	✓	17.05.2021	6.08.2021	21.09.2021	05.11.2021	Viivitused, mille põhjustasid suvepuhkus, ulatuslik ajavahemik MKMi ja huvirühmade tagasiside saamiseks ning tagasiside läbivaatamiseleele kulunud aeg
4	Sotsiaalmajandusliku mõju analüüs	✓	✓	12.10.2021	09.11.2021	29.11.2021	detsember 2021	Viivitused D3 lõpliku vormistamise ajakulu tõttu
5	riskianalüüs	✓	✓	03.01.2022	--	03.02.2022	15.02.2022	Viivitused D3 lõpliku vormistamise ajakulu tõttu
6	tundlikkusanalüüs	✓		10.03.2022	02.05.2022	13.06.2022	Kinnitatud	Viivitused D3 lõpliku vormistamise ajakulu tõttu; tulemuste kinnitamiseks koos huvirühmadega kulus oodatust rohkem aega
7	Tegevuskavad elektritootmise süsinikuheite vähendamiseks	✓		10.03.2022	02.05.2022	21.06.2022	Kinnitatud	Viivitused V3 lõpliku vormistamise ajakulu tõttu; huvirühmade tagasiside kogumiseks on vaja lisaaega
8	lõpparuanne	✓		10.03.2022	(juuni 2022)	27.07.2022	Kinnitatud	Viivitused D3 lõpliku vormistamise ajakulu tõttu
	Kokkuvõtlik aruanne	✓		06.05.2022	10.05.2022	27.07.2022	Kinnitatud	

Pange tähele, et kuupäevad ( ) on umbkaudsed.

4.3 Tulemusindikaatorid

Projekti seniste tulemuste põhjal pakume edasise ellu rakendamise tulemuslikkuse mõõtmiseks välja järgnevad tulemusindikaatorid:

- **Elektritootmise süsinikuheide** (koguheide tn ja süsinikumahukus gCO2/kWh);
- **Eeldatavad keskmised tootmiskulud** (diskonteeritud kogukulud €/MWh; investeeringukulud tehnoloogiate kaupa €/MWh);
- **Energiasõltumatus** (impordi osakaal kogu lõpptarbimisest);
- **Planeeritud ja installeeritud võimsused tehnoloogiate kaupa** (mere- ja maismaatuuleenergia, päikeseenergia ja akud MW);
- **Põlevkivielektri tootmismahud** (GWh);
- **Taastuvenergia osakaal energia lõpptarbimisest (%)**
- **Kliimaneutraalse elektritootmise osaskaal energia lõpptarbimisest** (%).

5 Peamised väljakutsed

Selles peatükis selgitatakse peamisi probleeme, millega projektimeeskond väljunditega töötamisel silmitsi seisis, ning kirjeldatakse täpsemalt, mis toimus ja kuidas nende probleemidega toime tuldi.

Väljakutse 1: viivitused 3. aruande valmimisel

Selle projekti peamine väljakutse oli 3. väljundi ehk stsenaariumide modelleerimise lõpuleviimise hilinemine. Kuna 3. aruanne tulemused on sisend järgmistele väljunditele, mõjutas viivitus omakorda ülejäänud ajakava. Viivituse haldamiseks oli vaja lisaaega aruannete 4–8 koostamiseks. Projektimeeskond suutis need aruanded hilisemal kuupäeval esitada, kuid see asjaolu tekitas probleeme projekti lõpuni.

Väljakutse 2: aruande 7 saavutamist mõjutati oluliselt

Esimeses väljakutses nimetatud edasikanduv viivitus mõjutas oluliselt väljundit 7 (tegevuskava). Kuigi modelleerimistulemused pidid olema kättesaadavad juba ülesande alguses, saadi täielikud modelleerimistulemused alles päev enne esitamistähtaega. See andis 7. väljundiga tegelenud projektimeeskonnale modelleerimistulemuste analüüsimiseks ja aruande koostamiseks väga vähe aega. Projektimeeskond lahendas selle probleemi nii, et koostas aruande võimalikult suurel määral ilma modelleerimistulemusteta ja täitis lüngad alles siis, kui tulemused olid käes.

Väljakutse 3: stsenaariumide modelleerimise keerukus ja arvukad eritaotlused

Modelleerimisel võeti arvesse rohkelt stsenaariume ja projektimeeskond sai hulganisti konkreetseid taotlusi spetsiifiliste küsimuste analüüsiks. See ei tekitanud üksnes viivitusi, vaid põhjustas olukorra, kus projektimeeskonna jõupingutusi tuli jagada liiga paljude analüüsisuundade vahel. Meeskond sai kõigi täiendavate küsimuste ja stsenaariumide arvesse võtmisega hakkama, kuid see põhjustas projekti ajakavas viivitusi.

Väljakutse 4: huvirühmade vähesed vastused riskiküsitlusele

Viienda aruande (riskianalüüs) jaoks saadeti huvirühmadele stsenaariume puudutav riskiküsitlus, millele vastas vaid kaheksa inimest seitsmest organisatsioonist. Küsitlus saadeti 62 huvirühmale 37 organisatsioonist, kes kõik olid käimasoleva tööga kursis. Selle probleemi leevendamiseks pikendati huvirühmade küsitluse tähtaega, kuid vastuseid jäi siiski väheks. Lisaks intervjueeris projektimeeskond 2022. aasta jaanuaris erinevate huvirühmade esindajaid, kel on elektritootmise sektorile erinevad vaated, et saada paremini aru eri huvirühmade riskitajust eri stsenaariumide korral. Huvirühmade aktiivsema osaluse tagamisel võib abiks olla tagasisidematerjalide ja küsitluse koostamine nende emakeeles.

6 Lisad: projekti aruanded ja Exceli failid

Kõik lisad, välja arvatud lisa A, on esitatud eraldi

Lisa A: Kokkuvõtlik aruanne

Lisa B: 1. aruanne:

Lisa C: 2. aruanne ja seda toetavad Exceli failid

Lisa D: 3. aruanne ja seda toetavad Exceli failid

Lisa D.1: Mudeli tulemuste tabelid: Stsenaariumipõhised tabelid, mis sisaldavad mudeli peamisi tulemusi, on kättesaadavad sellel lingil (parool = estonia2050). Nende failide töötlemisel on rõhutatud suundumusi, mida käsitletakse failis „Vastused huvirühmade tagasisidele“, mis on koostatud Eesti huvirühmade küsimustele vastamiseks.

Lisa D.2: Aruande graafikute tööleht: Käesoleva aruande graafikute koostamiseks kasutatud töölehega saab tutvuda sellel lingil (parool = estonia2050).

Lisa E: 4. aruanne ja seda toetavad Exceli failid

Lisa F: 5. aruanne ja seda toetavad Exceli failid

Lisa G: 6. aruanne ja seda toetavad Exceli failid

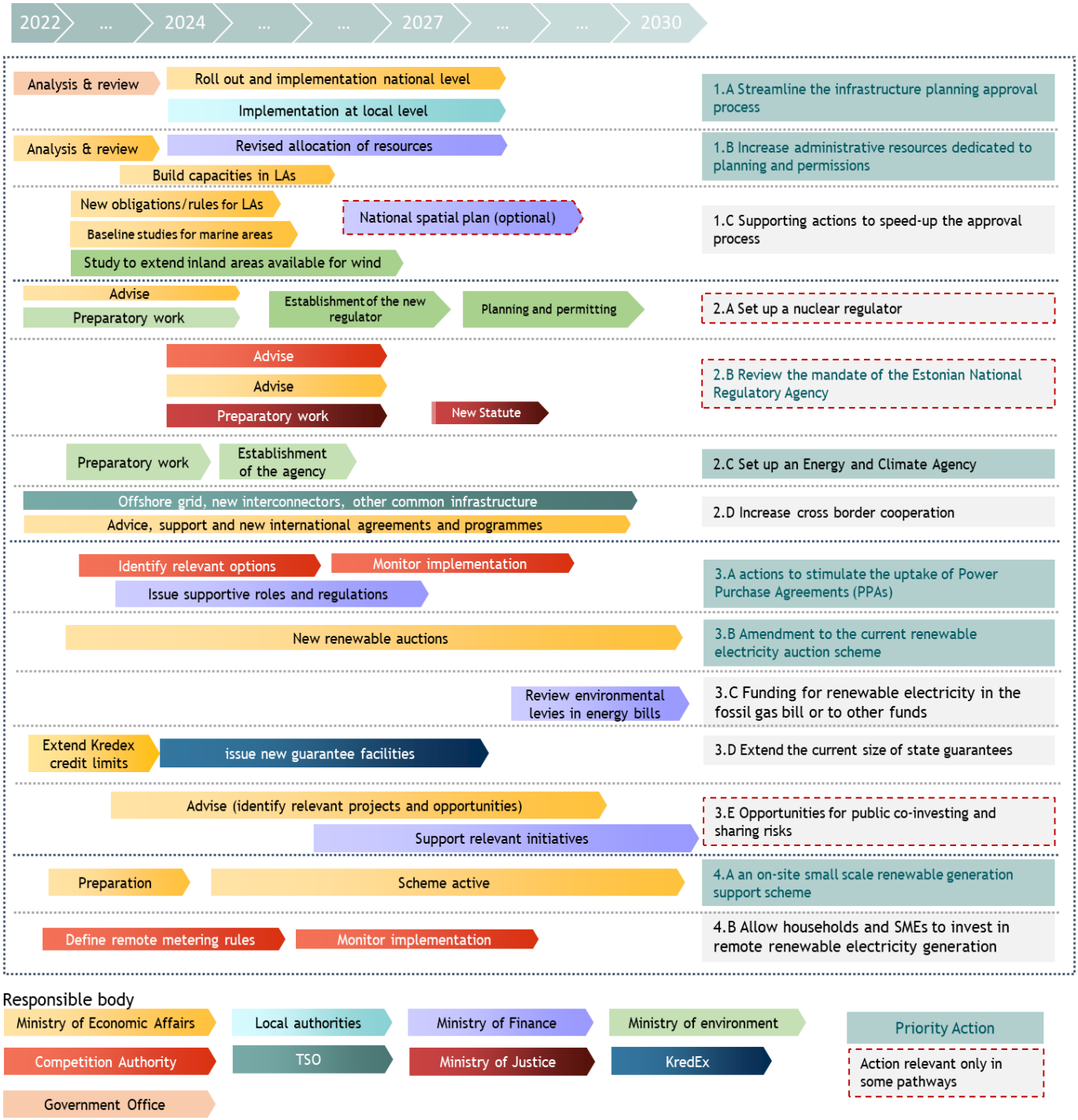
Lisa H: 7. aruanne

I lisa: Seminaridel osalejate nimekiri

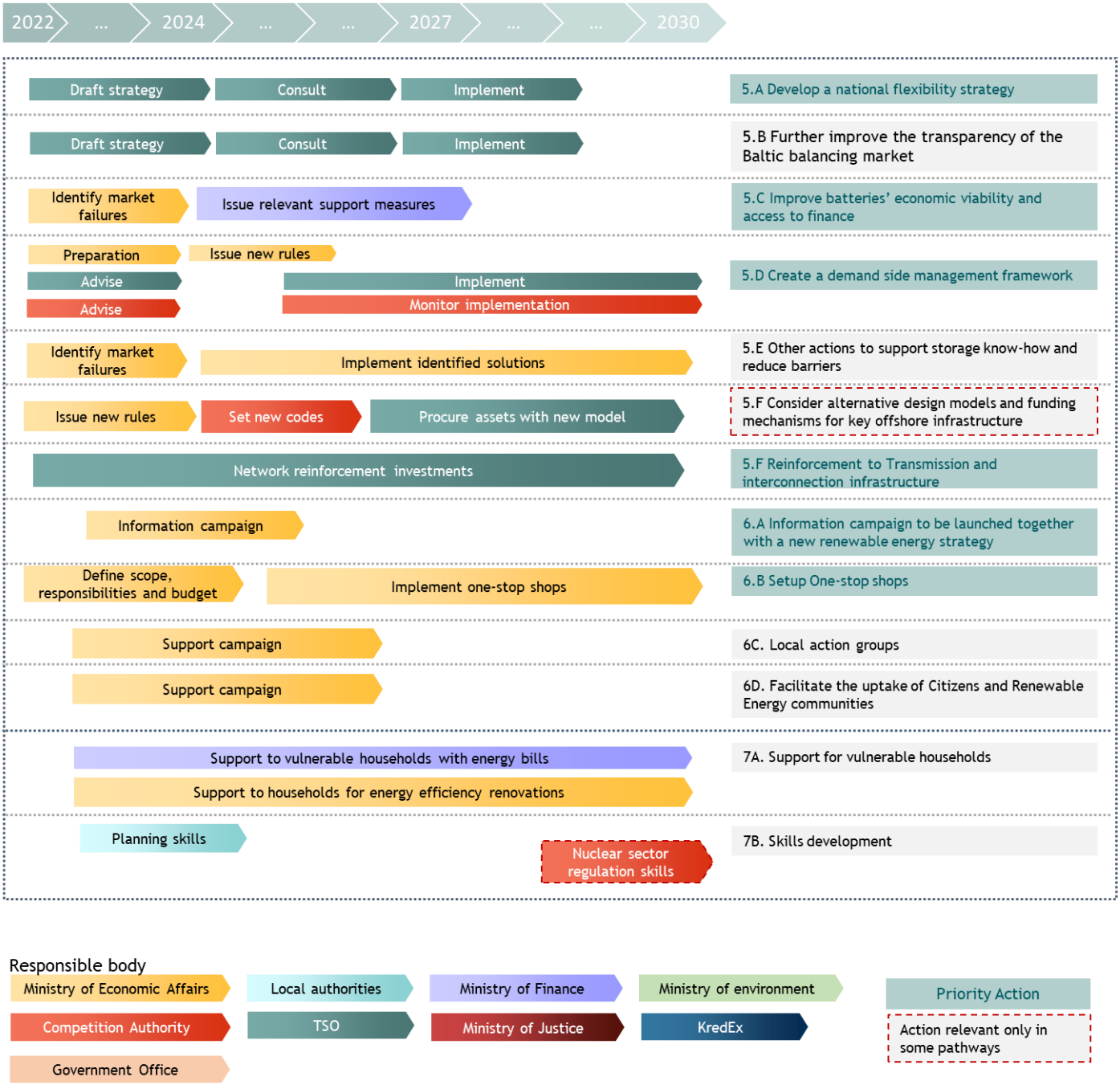
Lisa A – Tegevuste loetelu ja koondtabel

Alljärgnevatel joonistel esitatakse meetmete rakendamise soovituslik ajakava ja määratakse elluviimise eest vastutav asutus.

Joonis A-1. Kavandatud tegevuste soovituslik ajakava ja rollid (1/2)



Joonis A-2. Kavandatud meetmete soovituslik ajakava ja rollid (2/2)



Allolevas tabelis on iga stsenaariumi puhul ära toodud esmatähtsad tegevused. Esmatähtsaid tegevusi mõistetakse kui samme, mis on stsenaariumi elluviimisel kriitiliselt olulised, ning toetavaid tegevusi kui olulisi, kuid vähem kriitilisi samme.

Tabel A-1Tegevuste loetelu

Tegevusteepakett	Meetmed	Taastuvenergia ja salvestus	Tuuma-energia	Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)	Taastuv-gaas	Kõik tehnoloogiad	Netoimportdita stsenaarium	Kõik tehnoloogiad 1000 MW
1. Planeerimine	1A. Tõhustada taristu planeerimise kooskõlastamist	E	E	E	E	E	E	E
	1B. Suurendada planeerimisele ja lubade menetlemisele suunatud haldusressursse	E	T	T	T	E	E	E
	1C. Tugitmeetmed kooskõlastamise kiirendamiseks	E	T	T	T	E	E	E
2. Institutsiooniline reform	2A. Luua tuumaenergeetikat reguleeriv asutus		E					T
	2B. Vaadata läbi Eesti riikliku reguleeriva asutuse (Konkurentsiameti) volitused		E	E				
	2C. Luua energia- ja kliimaamet	T	T	T	T	T	T	T
	2D. Suurendada piiriülest koostööd	E		E			T	T
3. Riskide vähendamise vahendid	3A. Meetmed energiaostulepingute kasutuselevõtu stimuleerimiseks	E	T	T	T	E	E	E
	3B. Muuta taastuvenergia vähempakkumiste süsteemi	E	E		E	E	E	E
	3C. Viia kogu taastuvenergia rahastamine või osa sellest üle maagaasi või muude vahendite arvele	T	T	T	T	T	T	T
	3D. Laiendada KredExi pakutavate riigigarantiide praegust mahtu ja töötada välja laiem riigigarantiide raamistik	E	E	E	E	E	E	E
	3E. Avalik kaasinvesteerimine ja riskide jagamine		E	E				
4. Taastuvenergia kodumajapidamistele ning väikese ja keskmise suurusega ettevõtetele	4A. Koostada kohapealse väikesemahulise taastuvenergiatootmise toetuskava koos muude meetmetega, et stimuleerida hoonete renoveerimist	T	T		T	T	T	T
	4B. Võimaldada kodumajapidamistel ning väikese ja keskmise suurusega ettevõtetel investeerida taastuvenergia kaugtootmisse	T	T		T	T	T	T
5. Elektrivõrgud	5A. Töötada välja riiklik paindlikkusstrateegia	T	T		E	T	T	T
	5B. Vaadata üle lähenemine elektrisüsteemi tasakaalustamisele	E	E	E	E	E	E	E

	5C. Parandada akutehnoloogia majanduslikku elujõulisust ja juurdepääsu rahastamisele	E	E			T	T	T
	5D. Kaotada topelt võrgutasud võrguga ühendatud salvestuse eest	E	E	T	T	T	T	T
	5E. Luua nõudluse juhtimise raamistik	E	E	E	E	E	E	E
	5F. Muud meetmed salvestuse oskusteabe toetamiseks ja takistuste vähendamiseks	T	T			T	T	T
	5G. Kaaluda alternatiivseid projekteerimismudeleid ja rahastamismehhanisme peamiste avameretaristute jaoks	T		T		T	T	T
	5H. Tugevdada ülekande- ja jaotusvõrgu taristut	E	T	T	T	T	T	T
6. Kodanikuühiskonna kaasamine	6A. Käivitada uue taastuvenergia strateegia vastuvõtmisel teavituskampaania	E	E	E	T	T	T	T
	6B. Seada sisse ühtsed kontaktpunktid	T	T	T	T	T	T	T
	6C. Kohalikud tegevusrühmad	T	T	T	T	T	T	T
	6D. Hõlbustada kodanikuühenduste ja taastuvenergiakogukondade tegevust	T	T	T	T	T	T	T
7. Muud meetmed	1. Toetada haavatavaid leibkondi	E	E	E	E	E	E	E
	2. Arendada oskusi	T	E	T	T	T	T	T

E = esmatähtis tegevus T = toetav tegevus

Tabel A-2. Kokkuvõtlik tabel

Aruanne		Taastuvenergia ja salvestus	Tuumaenergia	Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)	Taastuvgaas	Kõik tehnoloogiad	Netoimpordita stsenaarium	1000 MW juhitav võimsus
	Kokkuvõte	*See on kõige ambitsioonikam stsenaarium, mis näeb ette avamere tuuleenergiat ja salvestite suuremahulist kasutuselevõttu ning millega kaasnevad suurimad investeeringute kogukulud nii tootmises kui ka ülekandetaristus. Investeeringud avaldavad siiski positiivset majanduslikku mõju ja avamere tuuleenergia ulatuslikust kasutuselevõtust tulenevaid keskkonnamõjusid on võimalik hallata. Peamised tegevused keskenduvad avamere tuuleenergia kasutuselevõtu hõlbustamisele*	*Seda stsenaariumi iseloomustab tuuma- ja päikeseenergia suur osakaal ning see on eelduste kohaselt teine kõige kallim stsenaarium. Peamised meetmed on seotud riikliku tuumaprogrammi arendamisega ja muude taastuvaid energiaallikaid toetavate tegevustega. Huvirühmade sõnul on see stsenaarium kõige riskantsem eriti seetõttu, et tugineb tehnoloogiale, millel puudub Eestis ajalugu ja mida*	*See on stsenaarium, mis nõuab kõige väiksemat investeeringut ja võimaldab jätkata fossiilkütuste varude kasutamist. Kuigi stsenaariumi rakendamiseks on vaja vähem ja lihtsamaid tegevused kui teiste valikute puhul, on see eeldatavasti kõige halvem variant majanduse ja tööhõive jaoks ning jätaks Eesti tulevikus kõige enam sõltuvaks elektri impordist. Süsiniku püüdmine ja kasutamine võiks olla Eesti jaoks hea valik, kui leitaks CO_2 edasised kasutus- ja transpordivõimalused, nii et*	*Kuigi stsenaariumi modelleerimistulemused annavad suhteliselt tasakaalustatud elektrisüsteemi, sarnaselt süsiniku püüdmise ja kasutamise strateegiaga, sisaldavad need ka vastuolusid, mis viitavad sellele, et see ei pruugi olla Eesti jaoks ideaalne arengusuund, kui mõned eeldused just ei muutu. Praegusel juhul on biogaas muutuvkulude mõttes liiga kallis, et olla juhitava ressursina konkurentsivõimeline, ning biogaasijaamade suurte*	*Kolme tehnoloogilisel konkurentsil põhineva stsenaariumi tulemused on tehnoloogiaiikide kombinatsiooni, kulude ja juhitavate võimsuste poolest sarnased. Vastavalt eeldustele tõusevad esile erinevad tehnoloogiad, kuid üldiselt tunduvad kõik kolm stsenaariumi tasakaalustatumad kui konkreetsele tehnoloogiale keskenduvad võimalused. tegevused mida nende stsenaariumide puhul soovitatakse, järgivad tehnoloogianeutraalset lähenemisviisi ja nende eesmärk on hoida kõik võimalused avatuna nii kaua, kuni kulud selginevad. Kõige kallimaks hinnatakse kolme võimaluse seast stsenaariumi „Kõik tehnoloogiad 1000 MW“, samas kui „Kõik tehnoloogiad – ilma netoimpordita“ ei suurenda oluliselt kulusid ning on üks majanduslikult kõige tulusamaid variante. See on ka üks vähestest stsenaariumidest, mis ei toetu pärast 2030. aastat olulisel määral biomassile üle viidud põlevkivitehastele, mis laseb eeldada säästlikumat mõju Eesti metsadele, nõudes samas küll maagaasi suuremat kasutust.*		

Aruanne		Taastuvenergia ja salvestus	Tuumaenergia	Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)	Taastuvgaas	Kõik tehnoloogiad	Netoimportdita stsenaarium	1000 MW juhitav võimsus
		(tehnoloogiaspetsiifiline toetus; avamerevõrk; ülekandevõimsus), salvestuslahenduste kasutuselevõtu toetamisele ja haavatavate tarbijate kaitsmisele energiaarvete võimaliku suurenemise eest.	*eeldatavasti ei saa kasutusele võtta enne 2035. aastat.*	*süsinikku saaks koguda ka tööstusettevõtetes ja teistes elektrijaamades peale kahe analüüsis käsitletud elektrijaama, ning kui kulusid oleks võimalik muuta majanduslikult konkurentsivõimeliseks.*	*võimsuste (1 GW) kasutuselevõtt ainult paindlikkusinstrumendina on väga ebaefektiivne valik, mida on poliitika vaatepunktist keeruline rakendada. Sellegipoolest võiks kaaluda tegevusi biogaasi kasutuselevõtu stimuleerimiseks tehnoloogianeutraalse lähenemisviisi raames väiksemas mahus.*			
	Üldine hinnang	**SOOVITATAV**	**EI SOOVITA**	**EI SOOVITA**	**SOOVITATAV (muudatustega)**	**SOOVITATAV**	**Samuti teostatav**	**Samuti teostatav**
	Alternatiivne pingerida	**2**	**1**	**7**	**4**	**2**	**6**	**5**
2	Mudeli kirjeldus	Hinnatakse avamere tuuleenergia ulatuslikku kasutuselevõttu	Kliimaneutraalne elektritootmine 900+ MW tuumavõimsuse abil	Süsiniku püüdmise tehnoloogia lisamine kahele suurele põlevkivigeneraatorile	1 GW uue biogaasi tootmisvõimsuse rakendamine	Kõige vähem piiratud stsenaarium, võimaldab investeerida kõige kulutõhusamasse elektritootmise tehnoloogiasse	Stsenaarium „Kõik tehnoloogiad“ ning nõue, et Eesti elektriimport ja -eksport oleksid tasakaalus	Stsenaarium „Kõik tehnoloogiad“ ning kohustus omada Eestis vähemalt 1000 MW juhitavat võimsust
3	Stsenaariumi analüüs	+1 GW avamere tuuleenergia 2030. aastaks, kuni 4000 MW 2050. aastaks, üle 50% kogu elektritootmisest. Suurendab akude mahtu, maismaa tuule- ja päikeseenergiat sarnaselt võrdlusstsenaariumiga. Saavutab alates 2040. aastast taastuvenergia 100% osakaalu. Suureneb biomassi kasutamine põlevkivielektrijaamades, 2050. aastaks toodetakse sel moel üle 3 TWh elektrienergiat.	+0,9 GW tuumaenergiat aastaks 2040. See moodustab 2040. aasta energiavarustusest umbes kolmandiku. Tuumaenergiat täiendab akude ja päikeseenergia suur lisandus - mõlemat on rohkem kui üheski teises stsenaariumis. Pärast 2030. aastat väheneb biomassi kasutamine põlevkivielektrijaamades, 2050. aastaks toodetakse sel moel umbes 1 TWh elektrienergiat. Avamere tuuleenergia lisandub alles pärast 2040. aastat.	Põlevkivi kasutamine põlevkivielektrijaamades jätkub pärast 2030. aastat, kuid oluliselt väiksemas mahus: 2040. aastaks toodetakse aastas vaid 0,5 TWh. Teised olulised täiendused on akud ja maismaa tuuleenergia. Tulemus on suur impordisõltuvus.	+1 GW biogaasi tootmisvõimsust 2030. aastaks, kuid see on liiga kallis ega ei anna tootmisse praktiliselt mingit tegelikku panust. Muidu sarnane baasstsenaariumiga (+ akud, päikeseenergia ja maismaa tuuleenergia). Kuni 2040. aastani lisandub teiste stsenaariumidega võrreldes kõige vähem akusid. Suureneb biomassi kasutamine põlevkivielektrijaamades, 2050. aastaks toodetakse sel moel ligi 3 TWh elektrienergiat. Avamere tuuleenergia lisandub alles pärast 2040. aastat.	Rajatakse uusi tootmisvõimsusi, keskendudes akudele, päikeseparkidele ja maismaa tuuleenergia tootmisele. Samuti lisatakse pärast 2040. aastat väike maagaasi jõujaam. +2 GW avamere tuuleenergia lisandub alles pärast 2040. aastat. Suureneb biomassi kasutamine põlevkivielektrijaamades, 2050. aastaks toodetakse sel moel ligi 3 TWh elektrienergiat.	+348 MW hüdroelektrijaam 2030. aastaks. See aitab alati tagada 1000 MW juhitavat võimsust. Rajatakse uusi tootmisvõimsusi, keskendudes akudele, päikeseparkidele ja maismaa tuuleenergia tootmisele. Samuti lisatakse pärast 2030. aastat väike maagaasi jõujaam. +2,1 GW avamere tuuleenergia lisandub alles pärast 2040. aastat. Suureneb biomassi kasutamine põlevkivielektrijaamades, 2050. aastaks toodetakse sel moel ligi 3 TWh elektrienergiat.	Rajatakse uusi tootmisvõimsusi, keskendudes akudele, päikeseparkidele ja maismaa tuuleenergia tootmisele. Samuti lisatakse pärast 2030. aastat keskmise võimsusega (400 MW) maagaasi tootmine. See toimib üleminekuaja energiaallikana enne tuumaelektrijaama (300 MW) käivitamist 2050. aastaks. 725 MW võimsusega avamere tuuleenergia juba 2030. aastaks; võimsus kasvab pärast 2040. aastat 2000 MWni. (Biomassil töötavate) põlevkivielektrijaamade kasutamise vähenemine.

Võimsus (MW) ja tootmine (GW)	2030		2050		2030		2050		2030		2050		2030		2050		2030		2050		2030		2050		2030		2050	
	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh	MW	GWh
Maismaa tuuleenergia	1479	3944	1479	3994	1479	3748	1479	3795	1479	3944	1479	2640	1479	3833	1479	3750	1479	3819	1479	3812	1479	3781	1479	3821	1479	3847	1479	3885
Avamere tuuleenergia	1000	3542	4000	12 550	0	0	1576	5594	0	0	123	321	0	0	1883	6079	0	0	1968	6881	726	2447	1967	7008	0	0	2098	7417
Päikeseenergia	1249	1444	2094	2504	1864	2160	6573	7549	725	833	725	647	1572	1830	3837	4555	1507	1746	4057	4811	2390	2768	3933	4615	1940	2247	3920	4681
Akud	2235	-55	8617	-127	1677	-40	9288	-114	1330	-38	4571	-13	860	-26	5907	-88	1607	-42	7970	-102	2075	-48	7705	-97	1616	-38	7533	-97
Muud tehnoloogiad[31]	1155	2965	1235	3842	1155	2936	1975	6545	1155	2021	923	989	2155	2831	1901	3316	963	2411	1045	3676	782	2349	1125	3648	1446	2635	1424	3636
Kokku	**7118**	**11 839**	**17 425**	**22 764**	**6174**	**8803**	**20 892**	**23 480**	**4688**	**6760**	**7821**	**4585**	**6066**	**8467**	**15 007**	**17 612**	**5556**	**7934**	**16 519**	**19 078**	**7452**	**11 297**	**16 209**	**18 995**	**6480**	**8991**	**16 453**	**19 723**
% juhitav	48%		55%		46%		53%		53%		70%		50%		52%		46%		55%		38%		54%		47%		52%	

[31] Kõik ülejäänud tehnoloogiad, sealhulgas põlevkivi. Põlevkivi annab tootmisse olulise panuse veel 2030. aastal, misjärel asendatakse see kõigis stsenaariumides – välja arvatud süsiniku püüdmine ja kasutamine – biomassiga.

V		Taastuvenergia ja salvestus	Tuumaenergia	Süsiniku püüdmine ja kasutamine (CCU)	Taastuvgaas	Kõik tehnoloogiad	Netoimportdita stsenaarium	1000 MW juhitav võimsus
3	Varustuskindlus (aastane võimsuse nõue on täidetud)	2030	2040	Ei täida nõuet	2050	2050	2030	2050
	Fossiilkütuste kasutamise piiramine (maagaasi tootmine 2050. aastal)	0,01 TWh	0,01 TWh	0,48 TWh (põlevkiviõli)	0,0 TWh	0,3 TWh	0,89 TWh	0,4 TWh
	Biomassist toodetud elektrienergia 2050. aastal	3,8 TWh	1,4 TWh	0,4 TWh	3,2 TWh	3,3 TWh	0,4 TWh	3,4 TWh
	CO_2 heitkogused 2050. aastaks ($ktCO_2$)	79 $ktCO_2$	30 $ktCO_2$	-147 $ktCO_2$	68 $ktCO_2$	167 $ktCO_2$	324 $ktCO_2$	199 $ktCO_2$
4	Keskmine elektrihind 2050. aastal (eurot/kWh)	0,139 eurot/kWh	0,088 eurot/kWh	0,149 eurot/kWh	0,101 eurot/kWh	0,097 eurot/kWh	0,107 eurot/kWh	0,103 eurot/kWh
	Kumulatiivsed investeeringukulud kokku (2022–2050)	14 293 mln eurot	12 089 mln eurot	3966 mln eurot	11 577 mln eurot	9025 mln eurot	10 454 mln eurot	9868 mln eurot
	Vorgutusevdamise kogukulud	355 mln eurot	230 mln eurot	135 mln eurot	141 mln eurot	155 mln eurot	135 mln eurot	155 mln eurot
	Taastuvenergia toetuste maksumus 2030. aastal (hinnanguliselt madal–kõrge)	105–209 mln eurot	39–78 mln eurot	28–55 mln eurot	37–73 mln eurot	36–71 mln eurot	94–189 mln eurot	41–82 mln eurot
	Sotsiaalmajanduslik mõju	++ soodne mõju SKP-le, eriti avatud rahastamise korral 0 neutraalne mõju tööhõivele; avatud rahastamise korral on mõju soodne, omafinantseeringu korral ebasoodne + mõõdukas soodne mõju hinnale, kerge hinnalangus ++ soodne jaotuslik mõju, eriti avatud rahastamise korral	0 neutraalne mõju SKP-le; avatud rahastamise korral on mõju mõõdukalt soodne, suletud rahastamise korral mõõdukalt ebasoodne - mõõdukas ebasoodne mõju tööhõivele -- väga ebasoodne mõju hinnale + mõõdukas soodne jaotuslik mõju	-- ebasoodne mõju SKP-le -- ebasoodne mõju tööhõivele --- väga ebasoodne mõju hinnale - ebasoodne jaotuslik mõju	++ soodne mõju SKP-le, eriti avatud rahastamise korral ++ soodne mõju tööhõivele, eriti avatud rahastamise korral; omafinantseeringu korral on mõju neutraalne - mõõdukas ebasoodne mõju hinnale, kerge hinnatõus ++ soodne jaotuslik mõju, eriti avatud rahastamise korral	+ mõõdukas soodne mõju SKP-le, eriti avatud rahastamise korral - mõõdukas ebasoodne mõju tööhõivele + mõõdukas soodne mõju hinnale, kerge hinnalangus 0 tühine mõju jaotusele	++ soodne mõju SKP-le, eriti avatud rahastamise korral ++ soodne mõju tööhõivele, eriti avatud rahastamise korral - mõõdukas ebasoodne mõju hinnale, kerge hinnatõus + soodne jaotuslik mõju	+ mõõdukas soodne mõju SKP-le, eriti avatud rahastamise korral - mõõdukas ebasoodne mõju tööhõivele - mõõdukas ebasoodne mõju hinnale, kerge hinnatõus 0 tühine jaotuslik mõju
5	riskianalüüs	Huvirühmad peavad seda riskantseks, kuid toetavad kõige enam. Energiaturuga seotud kõrge riskitase	Kõige riskantsem stsenaarium, huviühmade hoiak on mõõdukalt negatiivne. Peamised riskid on seotud kodanike vastuseisu, reguleerimise ning tehnoloogilise viivitusega.	Keskmise riskitasemega stsenaarium, ei meeldi huvirühmadele. Peamine risk on tehnoloogiline risk.	Madalama riskitasemega stsenaarium, üldiselt meeldib huvirühmadele. Väga mõjutatud rahvusvahelistest energiahindadest, kuid vähem mõjutatud konkurentsist akude jaoks vajalike haruldaste materjalide pärast.	Madala riskitasemega stsenaarium, huvirühmade suur toetus.	Riskitasemelt teine, huvirühmadele üldiselt ei meeldi. Suured regulatiivsed riskid	Paremuselt teine stsenaarium, meeldib huvirühmadele.
	Keskkonnarisk (raskusaste/toenäosus, 1-5)	2/2.5	4/2.5	2.7/2.3	2/2	3/2.5	3/2.5	3/3
6	tundlikkusanalüüs	++ soodne mõju SKTle, eriti biomassi kõrgema hinna korral (S3) + mõõdukas soodne mõju tööhõivele, kuid ainult biomassi kõrgema hinna korral (S3) -- ebasoodne mõju hinnale, kõrgeimad hinnad 2050. aastaks +++ väga soodne mõju jaotusele	++ soodne mõju SKP-le, välja arvatud sunniviisilise 90% juhitavuse korral (S2), siis väike negatiivne mõju + mõõdukas soodne mõju tööhõivele, välja arvatud sunniviisilise 90% juhitavuse korral (S2), siis on mõju ebasoodne + mõõdukas soodne mõju hinnale, madalamad hinnad 2050. aastaks; välja arvatud sunniviisilise 90% juhitavuse	-- ebasoodne mõju SKP-le - ebasoodne mõju tööhõivele -- ebasoodne mõju hinnale - ebasoodne mõju jaotusele	++ soodne mõju SKP-le +++ soodne mõju tööhõivele + mõõdukas soodne mõju hinnale ++ soodne mõju jaotusele	+ mõõdukas soodne mõju SKP-le + mõõdukas soodne mõju tööhõivele + mõõdukas soodne mõju hinnale, kerge hinnalangus 0 minimaalne mõju jaotusele	++ soodne mõju SKP-le ++ soodne mõju tööhõivele 0 minimaalne mõju hinnale 0 minimaalne mõju jaotusele	+ mõõdukas soodne mõju SKP-le ++ soodne mõju tööhõivele 0 minimaalne mõju hinnale + mõõdukas soodne mõju jaotusele

			korral (S2), siis on mõju ebasoodne + mõõdukas soodne mõju juhitavusele, välja arvatud sunniviisilise 90% juhitavuse korral (S2), siis on mõju ebasoodne					
7	*tegevused* **(ühised prioriteedid paksus kirjas)**	**1. A. Tõhustada taristu planeerimise kooskõlastamist** 1.B. Lisada ressursse planeerimiseks ja lubade andmiseks. 1.C. Kiirendada kooskõlastusprotsessi 2.D. Suurendada piiriülest koostöö 3.A. Tegevused energiaostulepingute kasutuselevõtu stimuleerimiseks 3.B. Muuta taastuvenergia vähempakkumiste süsteemi **3.D. Suurendada riiklikke tagatisi ja tootada välja laiem riiklike tagatiste raamistik** **5.B. Vaadata üle arusaam elektrisüsteemi tasakaalustamisest** 5.C. Parandada akutehnoloogia majanduslikku elujõulisust ja juurdepääsu rahastamisele 5.D. Kaotada topelt võrgutasud võrguga ühendatud salvestuse eest 5.E. Luua nõudluse juhtimise raamistik 5.H. Tugevdada ülekande- ja jaotusvõrgu taristut 6.A. Korraldada teavituskampaania 7.A. Toetada haavatavaid leibkondi	**1. A. Tõhustada taristu planeerimise kooskõlastamist** 2.A. Luua tuumaenergeetikat reguleeriv asutus 2.B. Vaadata läbi Eesti riikliku reguleeriva asutuse (konkurentsiameti) volitused 3.B. Muuta taastuvenergia vähempakkumiste süsteemi **3.D. Suurendada riiklikke tagatisi ja tootada välja laiem riiklike tagatiste raamistik** 3.E. Avalik kaasinvesteerimine ja riskide jagamine **5.B. Vaadata üle arusaam elektrisüsteemi tasakaalustamisest** 5.C. Parandada akutehnoloogia majanduslikku elujõulisust ja juurdepääsu rahastamisele 5.D. Kaotada topelt võrgutasud võrguga ühendatud salvestuse eest 5.E. Luua nõudluse juhtimise raamistik 6.A. Korraldada teavituskampaania 7.A. Toetada haavatavaid leibkondi 7.B. Arendada oskusi	**1. A. Tõhustada taristu planeerimise kooskõlastamist** 2.B. Vaadata läbi Eesti riikliku reguleeriva asutuse (Konkurentsiameti) volitused 2.D. Suurendada piiriülest koostöö **3.D. Suurendada riiklikke tagatisi ja tootada välja laiem riiklike tagatiste raamistik** 3.E. Avalik kaasinvesteerimine ja riskide jagamine **5.B. Vaadata üle arusaam elektrisüsteemi tasakaalustamisest** 5.E. Luua nõudluse juhtimise raamistik 6.A. Korraldada teavituskampaania 7.A. Toetada haavatavaid leibkondi	**1. A. Tõhustada taristu planeerimise kooskõlastamist** 3.B. Muuta taastuvenergia vähempakkumiste süsteemi **3.D. Suurendada riiklikke tagatisi ja tootada välja laiem riiklike tagatiste raamistik** **5.B. Vaadata üle arusaam elektrisüsteemi tasakaalustamisest** 5.E. Luua nõudluse juhtimise raamistik 7.A. Toetada haavatavaid leibkondi	**1. A. Tõhustada taristu planeerimise kooskõlastamist** 1.B. Lisada ressursse planeerimiseks ja lubade andmiseks. 1.C. Kiirendada koossessi 3.A Meetmedenergiaostuleping üte kasutuselevõtu stimuleerimiseks 3.B. Muuta taastuvenergia vähempakkumiste süsteemi **3.D. Suurendada riiklikke tagatisi ja tootada välja laiem riiklike tagatiste raamistik** **5.B. Vaadata üle arusaam elektrisüsteemi tasakaalustamisest** 5.E. Luua nõudluse juhtimise raamistik 7.A. Toetada haavatavaid leibkondi	**1. A. Tõhustada taristu planeerimise kooskõlastamist** 1.B. Lisada ressursse planeerimiseks ja lubade andmiseks. 1.C. Kiirendada kooskõlastusprotsessi 3.A. Meetmed energiaostulepingute kasutuselevõtu stimuleerimiseks 3.B. Muuta taastuvenergia vähempakkumiste süsteemi **3.D. Suurendada riiklikke tagatisi ja tootada välja laiem riiklike tagatiste raamistik** **5.B. Vaadata üle arusaam elektrisüsteemi tasakaalustamisest** 5.E. Luua nõudluse juhtimise raamistik 7.A. Toetada haavatavaid leibkondi	**1. A. Tõhustada taristu planeerimise kooskõlastamist** 1.B. Lisada ressursse planeerimiseks ja lubade andmiseks. 1.C. Kiirendada kooskõlastusprotsessi 3.AMeetmedenergiaostuleping üte kasutuselevõtu stimuleerimiseks 3.B. Muuta taastuvenergia vähempakkumiste süsteemi **3.D. Suurendada riiklikke tagatisi ja tootada välja laiem riiklike tagatiste raamistik** **5.B. Vaadata üle arusaam elektrisüsteemi tasakaalustamisest**
	Peamised rakendusprobleemid	Vajab suurimaid investeeringuid, kuid järeleproovitud tehnoloogiatesse. Edu võib sõltuda mõne olulise meretuuleprojekti õnnestumisest. Piisava akusalvestuse võimsuse kasutuselevõtt väljakutseks.	Tugineb tõestamata tehnoloogiatele, millel puudub Eestis ajalugu. See võib sundida Eestit võtma 2030. aastate keskel kasutusele kulukaid parandusmeetmeid Raskusi tekitab kasutuselevõttu vajavate akude hulk. Tundlikkusanalüüsis ilmnevad positiivsed sotsiaalmajanduslikud tulemused tuumaenergia puhul ainult madalate koormustegurite (50-60%) korral, suuremate koormuste jõustamine toob kaasa negatiivse mõju.	Vajab kõige väiksemaid investeeringuid, kuid tehnoloogiat võib olla kõige keerulisem lühiajaliselt rakendada. Kulude kokkuhoiuga kaasnevad kõrge sotsiaalmajanduslik kulu ja energiajulgeoleku risk, st üle 60% kodumaistest vajadustest sõltub impordist.	Suurim väljakutse on biogaasi tootmisvõimsuse rahastamine lühiajaliselt. Kuigi see vähendab riske, mis kaasnevad üksnes akudele toetumisega paindlikkuse tagamisel, on investeeringud akudesse või hüdroelektrijaamadesse odavam viis seda teha.	Vajab suhteliselt väikesi koguinvesteeringuid (7 miljardit eurot 2050. aastaks), millest eeldatavasti suurem osa on vajalik pärast 2040. aastat. Tänu tõestatud tehnoloogiale ei pea meetmed olema liiga keerulised või kallid.	Peamine väljakutse on seotud 2030. aastaks vajaliku suure võimsusega, millega kaasnevad suured investeeringud.	1000 MW võimsuse nõue suurendab investeerimisvajadust ja sellega seotud meetmete, eelkõige toetuste tugevust.

Väga soodne (++); mõõdukalt soodne (+); neutraalne / mõju pole (0); mõõdukalt ebasoodne (-); väga ebasoodne (--)

I lisa: Seminaridel osalejate nimekiri

Stsenaariumide modelleerimise seminaril osalevate organisatsioonide nimekiri (12. mai 2021)

Tartu Regiooni Energiaagentuur
Eesti Soojuspumba Liit
Keskkonnainvesteeringute Keskus
Tartu Ülikool
AS Tootsi Turvas
Eesti Maaülikool
Eesti Roheline Liikumine
Eesti Keskkonnauuringute Keskus
Eesti Vesinikuühing
Nomine Consult
Eesti Energia
Erametsakeskus
Riigikontroll
Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühing
Tallinna Sadam
PwC
Keskkonnaministeerium
Eesti Elektritööstuse Liit
Eesti Gaas
Viru Keemia Grupp
Eesti alaline esindus Euroopa Liidu juures
Eesti Linnade ja Valdade Liit
Tallinna linn
KPMG
Estonian Cell
Ettevõtluse Arendamise Sihtasutus
LHV
Fermi Energia
Cleantech For Estonia
BALTIC BIOENERGY OÜ

Lõpptulemuste esitlemise seminaril (11. mai 2022) osalejate nimekiri

Ain Laidoja
Aire Rihe
Airiin Liisbet Strandson
Ando Möldre
Andrea Demurtas
Andres Levald
Anna Volkova
Ants Kippasto Varmata
Antti Roose
Anu Ainsaar
Argo Rosin
Arvi Hamburg
Nathalie Berger (DG REFORM)
Bert Lõuke
Birgit Parmas
Enn Lust
Eva-Ingrid Rõõm
Gowtham Muthukumaran
Hannes
Heidi Koger
Helen Saarmets
Helena Gailan
Helle Truuts
Imre Bnysz
Ingrid Nielsen (Eestimaa Looduse Fond)
Irje Möldre
Ivan Sergejev
Ivo Krustok
Jaanus Arukaevu
Jaanus Uiga
Jelena Šuvalova
Johanna Lehtmets
Jovana Jovović Komnenić (DG REFORM)
Julia Vahtraorg
Kaarel Jänes
Kädi Ristkok
Kadi Steinberg
Kaia Oras
Kaie Küngas
Karin Kondor-Tabun
Karl Annus
Karmo Kübarsepp
Koen Rademaekers
Kristiina Joon
Kristiina Toots
Kristin Puusepp
Kristjan Kalda
Kristo Kaasik
Kulno Kesküla
Madis Laaniste (DG ENER)

Laura Remmelgas
Lauri Tammiste
Lembe Reiman
Liis Kasemets
Linnar
Madis
Madis Vasser
Margo Külaots
Mari Lahtmets
Mari Tuvikene
Maria Leier
Mart Kiis
Marti Laidre, PAKRI – sünergia rohetehnoloogia ettevõtetele
Mihkel Annus (ETEK) (külaline)
Mikk Toim
Moonika Parksepp
Natalija Kohv
Olavi
Pärtel Niitaru
Pille Arjakas
Piret Pukk
Raimo Pirksaar
Rauno Puhke
Milena Raykovska (DG REFORM)
Reeli Sildnik
Regina Rass
Reigo Lehtla
Rene Tammist
Kaspar Richter (DG REFORM)
Riina Tamm
Rita Raudjärv
River Tomera
Sandra Salom (külaline)
Siim Iimre
Siim Meeliste
Siim Umbleja
Hõbe Sillak
Siret Talve
Stanislav Štõkov
Sven Parkel
Sven Sommer
Taavi Aas
Taivo Tali
Tarmo Kivi
Tauno Hilimon
Terje Luure
Terje Talv
Terje Tuisk
Tiit
Timo Tatar
Tuuliki Kasonen
Viljar Kirikal

Trinomics