

Kuidas me kliimat muutsime



ANDRES TARAND
klimatoloog

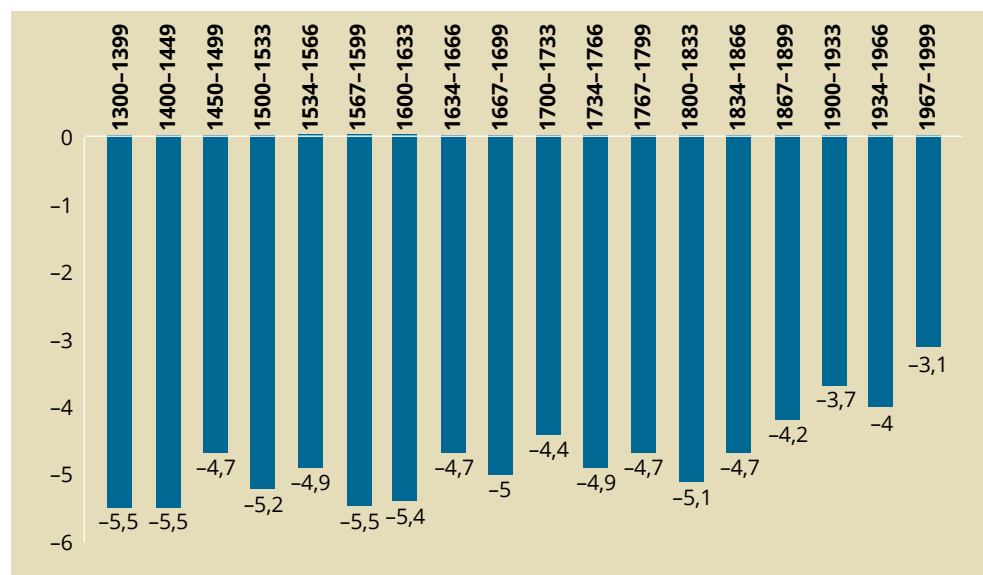
Riigikogu on kõige sobivam koht üleminekuaja ehk rohepöörde juhtimiseks hoopis tihedamas koostöös teadlastega kui seni tavaks.

Alustan esimesest septembrist aastal 1958. Olin selleks ajaks sooritanud eksamid sisseastumiseks Tartu Ülikooli ja aja kombe kohaselt saadetud kohe kolhoosi, mille nime olen unustanud, kuid mis asus Vana-Prangli mõisas ja selle ümbruskonnas. Oluline on, et pärast põllutöid tuli ühel päeval kolhoosi külastama noor õpetaja Ants Raik, kellele oli antud ülesanne jagada esimese kursuse geograafid kolme rühma: füüsilised geograafid (praegu inimgeograafid), majandusgeograafid ja klimatoloogid. Valik oli täiesti vabatahtlik ja mingitel kaalutlustel valisin klimatoloogia.

KLIIMA KOGUB POPULAARSUST

Ma ei osanud kuidagi ette näha, et kliima kogub sellist populaarsust või kujuneb hirmutavaks jõuks inimele, nagu see praegu on. Kolhoosis vikla vibutades

ei kujunenud ka mingit selget pilti, mis maailmas kliima ümber sünnib. Parasjagu hakati lõpetama teist rahvusvahelist geofüüsika aastat ja Charles David Keeling oli alustanud süsinikdioksiidi sisalduse mõõtmist Hawaii saartel asuva kustunud vulkaani nimega Mauna Loa nõlval 3500 meetri kõrgusel merepinnast, ja selleks et kohalikest kambüüside korstnatest väljuv toss mõõtmist ei mõjutaks, asutanud ühe laboratooriumi. Teine samasugune laboratoorium pandi C. D. Keelingi initsiaalidega Antarktikas, hiljem veel Alaskal ja Gröönimaal. Aga siiski on Mauna Loa süsinikdioksiidi hambuline kasvukõver (hambad kujunevad vastavalt Põhja poolkera suve ja talve vaheldumisele, kusjuures suvel neelavad metsad rohkem süsinikdioksiidi, luues sellega nagu pildi hambad ülespoole saest). Usun, et seda pilti on enamik praegustest inimestest näinud nende elukoha maailmajaost, riigist ja linnast küsimata. Graafiku esimeseks näiduga aastaks on 1958 ja selle aasta süsinikdioksiidi sisalduseks 312 ppm. See inglise keelest võetud lühend tähendab *parts per million* ehk osakest miljoni osakese kohta – see on atmosfääri koostise kõikidest gaasidest süsinikdioksiidi osa. Vanemad inimesed on koolis õppinud, et süsihappegaasi on atmosfääris 0,03 protsenti. Nüüd, kui inimkond pidevalt süsinikdioksiidi juurde lisab, oleks õigem kirjutada õpikusse 0,04 protsenti.



JOONIS1. Talve (detsember-märts) keskmine õhutemperatuur (°C) Tallinnas 14.-20. sajandil.

Kuid on olemas ka teine väljendusviis, see on selle või teise kasvava gaasisalduse kahekordistumine. Seda kasutas Rootsi füüsik Svante Arrhenius oma 1895. aastal ilmunud artiklis ja sellest peale on see tähtaeg arvutatud umbes aastaks 2050. Arrheniuse järel ilmus uue aja esmane teemakohane artikkel jälle aastal 1958 ajakirjas Tellus. Selle kirjutasiid Roger Revelle ja Hans Suess, märkides et inimkond on praegu korraldamas suurejoonelist eksperimenti ja nimelt katsetamas süsinikdioksiidi kasvuhooneefekti, muutes selle sisaldust atmosfääris. Ülmärgitud teadlastele olid teed sillutanud mitmed teadlased alates 18. sajandist. Märgime siinkohal Joseph Priestleyt, keda huvitasid atmosfääris leiduvad gaasid ja kes mitmed nendest ka ära määras.

Meie teemaarenduses väärib järgmisena märkimist Jean Baptiste Fourier, kes leidis praegu kasvuhoonegaasideks nimetatud gaaside rühma (H_2O , CO_2 , CH_4 , NO_2), nimetades neid triiphoone osaks atmosfääris. John Tyndall oli 19. sajandil esimene, kes määras laboratoorselt, kui palju infrapunast kiirgust neelab ära süsinikdioksiid ehk arvutas suhtarvu Maale saabuva

päikese lühilainelise ja maalt peegelduva ning atmosfääris soojuseks muutuva infrapunase kiirguse vahel. Niisiis oli kasvuhooneefekt avastatud ja arvutatud ning vahe kasvuhoone ja maa atmosfääri vahel seisnes ainult selles, et kasvuhooned ehitati klaasist, mis nagu loetletud gaasidki maale langeva lühilainelise kiirguse pikalaineliseks soojuskiirguseks muutis.

On ehk kohane märkida, et praegu arvutatakse teised atmosfääri kiirguse neelajad süsinikdioksiidi ekvivalendiks ning väljendatakse CO_2 kontsentratsioonina. R. Revelle'i 1977. aastal ilmunud artikli järgi jääb antropogeenselt CO_2 -st atmosfääri 40 protsenti, kusjuures kaks kolmandikku sellest tuleb fossiilkütustest ja üks kolmandik metsade hävitamisest. Veeauru arvutamine siinjuures kuulub meteoroloogia valdkonda ning on vee ringkäigu osa, mida mõõdetakse pilvede hulga ja liigiga ning sademete hulgaga, samuti sademete äravooluga jõgedel.

MEIE TULEVIK

Pidasin seda lühikest läbilõiget meie teadmiste arengust vajalikuks seetõttu, et mõni vähem informeeritud lugeja ei peaks

praegust elevust kliima muutumisest ajutiseks moeröögatuseks, mis inimkonda aeg-ajalt ikka tabavad. Ei ole ka nii, et kliima soojenemine on jutuks ainult suhteliselt kitsa teadlaskonna piires – juba hulk aastaid on üritatud probleemi käsitleda laiematel foorumitel. 1987. aastal ilmus trükist raamat „Our Common Future“ („Meie ühine tulevik“), mis sisuliselt oli ÜRO poolt ellu kutsutud asjakohase komisjoni aruanne (World Commission... 1987). Komisjoni juhtis Norra endine peaminister Gro Harlem Brundtland ja tema andis ka komisjonile enda nime. Aruande kaanele on kirjutatud: „See on kümneaastaku kõige tähtsam dokument maailma tulevikust“. Samas hakkas ÜRO ette valmistama rahvaste vahelist konverentsi, mis sai nimeks UNCED (United Nations Conference on Environment and Development – Ühinenud Rahvaste konverents Keskkonnast ja Arengust). Konverents toimus 1991. aasta maikuu Rio de Janeiro ja sellest võttis osa tänu Soome rahastusele ka kümneliikmeline Eesti delegatsioon. Kuulusin parlamendi liikme ja keskkonnaministri esimehena nimetatud delegatsiooni ja ei suuda unustada konverentsi määratud dimensioone, samas ka hästi fookuseeritud diskussioone. Tegemist oli vast siiani suurima konverentsiga maailmas, mis lõppes kahe konverentsi allkirjastamisega. Eesti poolt kirjutati neile alla president Arnold Rüütel. Lepiti kokku ka selles, et igal aastal peetakse poolte konverentsid (COP – Conference of Parties) olukorrast ülevaate saamiseks ja võimalusel kokkulepeteks vajalike sammude astumiseks. Ei saa öelda, et koostöö praktiliste sammude astumiseks nagu õlitatult käima oleks läinud. Esimene COP toimus märtsis 1995 Berliinis ja ehkki Berliini taevas ehtis ennast konverentsi avamiseks kirka topeltvikerkaarega, ei tähendanud see kõikide osapoolte täielikku üksteisemõistmist. Hulk aastaid jätkus poolte konverents umbes nii, et suursaastajad (kivisöe põletajad) Hiina

ja India põhjendasid oma tahet kivisöe kasutamist jätkata, teatades lääneriikidele, et teie olete kivisöe põletamisega rikkaks saanud ja nüüd soovite, et meie rikkaks ei saaks! Lääne demokraatiad omakorda on positsioone muutnud seoses valimistega (näiteks Austraalia) või siis USAs, kus Donald Trump oma ignorantsuses astus välja suhteliselt edukast detsembris 2015 vastu võetud Pariisi leppest. Muidugi on töö rahvusvahelisi leppeid sõlmida aeganõudev, aga nüüd on jõutud punkti, kus pikkadeks läbirääkimisteks aega enam ei ole, mida on kinnitanud ka IPCC (International Panel on Climate Change) viimane raport (2021) ning Euroopa Liidu roheline pööre. Tuleb leppida üksikute vastuhäältega, kes kinnitavad, et nemad

Nüüd on jõutud punkti, kus pikkadeks läbirääkimisteks aega enam ei ole.

ei usu. Küsimus ei ole usus, vaid faktides. Eestis on olnud kaks akadeemikut, kelle nimed jätame siinkohal vanade roomlaste sententsi *de mortuis nihil nisi bonum* kasutades nimetamata. Üks neist oli liiga sisse võetud Willi Dansgaardi prognoosist. Ta juhtis eelmise sajandi seitsmekümnendate aastate alguses esimest mandriliistiku läbipuurimist Gröönimaal ja ennustas peatset jääaja saabumist. Dansgaard eksis – mis esimese katse puhul puurstüdamide andmeid analüüsides on mõistetav. Sellest ajast on Gröönimaa liustik tublisti sulanud, millele on kaasa

aidanud Lääne-Euroopa ja Põhja-Ameerika tööstusest aegade jooksul päralt jõudnud kivisöe tahm. Teine akadeemik väitis, et kvantitatiivselt valitseb atmosfääris veeaur, milles tal oli õigus. Kuid ta unustas koolis õpitud veeringe seaduse, mille juurde veel jõuame. Kliima inimtekkelise soojenemise „vastalised“ kogusid kord Kopenhaageni COP-i toimumise ajaks (aastal 2009) allkirju ja said neid kokku sada. Seda on siiski ainult natuke võrreldes artiklite arvuga, mis on olnud aluseks IPCC kõikidele aruannetele.

KUIDAS MÕÖTA ÕHUTEMPERAATUURI

Läheme nüüd üle teistele tõsiasjadele kliima käekäigus. Eesti keeles lähevad aegajalt segamini terminid „ilm“, „ilmastik“ ja „kliima“. Keskmise nähtus „ilmastik“ on see, millel ingliskeelne vaste puudub. Meil on ta laenatud varem saksa keelest (*Witterung*). See on ajaliselt täpsemalt piiritlemata, aga on kohane näiteks lauses „Tänavuse suve ilmastik oli palavavõitu“. Sõna „ilm“ kasutame võrdlemisi lühikese ajaühiku kohta, näiteks päeva või ööpäeva puhul. Kumbki ei sobi aga kliima iseloomustamiseks, mis siis, et ka kliima koosneb ilmadest. Tegemist on niisiis statistilise kategooriaga, kus õhutemperatuuri iseloomustamiseks peab mõõtmisi tegema vähemalt 30 aastat ja sademeid soovitatavalt 50 aastat. Õpikud alustavad kliimast rääkides harilikult kliimatekke teguritest, milleks on 1) päikese kiirgus, 2) atmosfääri tsirkulatsioon ja 3) aluspind. Viimane on oluline päikesekiirguse ümberjaotamisel (kas maa või meri, kas liiv või lumi). Kliima puhul kõneldakse veel kliima kõikumisest ja muutumisest ning juhul, kui mängus on inimese käsi, kliima muutmisest.

Pakun siinkohal vaatamiseks ühe graafiku, kus talvede õhutemperatuur on rekonstrueeritud Tallinna sadama jäätumise ja jäämineku kaudu (joonis 1). Varasemad andmed on nende vähesuse tõttu arvatud poole sajandi jaoks, hilisemad aga kolmandik sajandi kaupa, mis on

ühe generatsiooni tegutsemisaeg. Üldpildis on graafikult näha kliima kõikumine ülesalla, aga alates aastast 1800 võib mõttes näha tõusvat trendi, see ongi kliima soojenemine Tallinna andmeil. Muidugi on kliima trendi määramisel kasutatud kaudsete andmete kõrval otsesid õhutemperatuuri mõõtmisandmeid, mis on saadavad 18. sajandi keskpaigast alates.

Meie kliimaraamatus „Eesti kliima minevikus ja tänapäeval“ (Tarand *et al.* 2013) oleme võrdlevalt kasutanud Stockholmi, Helsingi, Tallinna, Peterburi ja Riia vaatlusandmeid alates aastast 1740. Ma ei kirjelda siin kõiki peensusi, mida vanemate mõõtmiste töötlemine sisaldab. Kokkuvõttes nimetatakse seda andmeridade homogeniseerimiseks. Meie valikus osutusid Riia andmed mittehomoogeenseteks. See tuleneb meteojaamade asukohtade muutustest, mille puhul siduvad vaatlused uue ja vana asukoha vahel on tegemata jäänud. Eelistades võimaluse korral püsiva asukohaga jaamu, kohtume uue raskusega. Nimelt hakkasid vanad linnad tööstusrevolutsiooni ajal kiirelt kasvama ja nii ka nende territooriumid. See tõi kaasa linnades esineva soojasaare (tehadest ja elumajadest välja tungiv soojus) laienemise. See nähtus on fikseeritud Stockholmis, Helsingis ja Peterburis nende linnade hoogsamatel kasvuperioodidel Tallinnaga võrreldes, kusjuures viimases on kogu aegrida taandatud Maarjamäel asunud jaama (linna mõjust vaba) andmetele. Mõistagi on ka linnade soojasaare temperatuur inimtekkeline, aga ta on lokaalne võrreldes atmosfääris levinud kasvuhooonegaaside efektiga. Meie arvutused näitasid, et Läänemere piirkonnas on saja aasta kestel olnud soojenemine 1,2 °C, millest piirkonna vanemates andmeridades 0,8 °C on globaalne taust ja 0,4 °C lokaalne soojus. Kokku on kliima soojenemine 18. sajandi keskelt tänaseni meie piirkonnas olnud 1,8 °C, mis on 0,7 kraadi kõrgem globaalsest keskmisest 1,1 °C (IPCC 2021). Seda, et Läänemere piirkonna õhutemperatuuri kasv on



Merivälja muul. Torm detsembris 2015.

Foto: Aleksandr Abrosimov, Wikimedia Commons

suurem globaalsest keskmisest, märgib ära ka värskest ilmunud ülevaade „The Climate Change in the Baltic Sea“ (2021). Seletus on varemgi teada, et suurematel laiuskraadidel on temperatuuri kasv kiirem kui ekvaatoril või troopikas.

ÕHUTEMPERAATUURI TÕUSUGA KAASNEVAD KLIIMAMUUTUSED

on juba ilmnunud ja need on järgmised.

- Kõigepealt teatas äikesuurija Sven-Erik Enno umbes aasta eest, et **äikeste** puhkemine Eesti taevas, mis oli tema mõõtmistel 1990–1994 vahemikus 10–15 äikest aastas, on (viimasel kahekümnel aastal) kasvatanud sagedust nüüdseks kahekümne äikeseni aastas. Juurdekasvuks võime hinnata siis umbes 35 protsenti. Äikestega kaasnevad tihti tugevad tuuleilid ja paduvihmad või rahe. Pahandusi on niiviisi ka rohkem.

- **Tormisus**, mida vaadeldakse äikesest eraldi ja mille hindamine pallides on Eestis kaunis vara alanud, oli 18. sajandi lõpul ja 19. sajandi alul (neid aastakümneid võime nimetada Eesti väikeseks jääajaks, mida ei maksa segi ajada väikese jääajaga Lääne-Euroopas 17. sajandil) sagedusega 20 tormi aastas. 19. sajandi keskel saame Karl Kalki vaatluste järgi (Meitern 2005) Paldiskis tormide sageduseks 26 tormi aastas ning „uuel ajal“ esimese Karl Kirde eestikeelse kliimaraamatu järgi (Kirde 1939) 25 tormi aastas vahemikus 1922–1934. Eesti teises kliimaraamatus „Eesti kliima minevikus ja tänapäeval“ (Tarand *et al.* 2013) on Jaak Jaagus Vilsandil ajavahemikus 1966–2010 leidnud tormide tõusutrendiks viis tormi, mis tähendaks 30 tormi aastas. Ligikaudu samale tulemusele on jõutud raamatus „Eesti ilma riskid“

(Tammets 2012), kus kuude kaupa esitletud tormide arvu summeerides saame 33 tormi aastas.

- Kliima soojenemise meteoroloogiliste kaasnähtede hulka kuuluvad ka **paduvihmad**. Eelpool on paar korda viidatud vee ringkäigule looduses. Kõrgem temperatuur võib esile kutsuda intensiivsema aurumise, mistõttu pilved n-ö sisaldavad rohkem vihma. Nii ongi juhtunud. Kui loeme tugevaks vihmajaks 70 mm või rohkem ööpäevas, siis on ajavahemikul 1891–1950 selliseid sadusid Eestis olnud 26 korda ning ajavahemikul 1961–2010 45 korda. Vahe on peaaegu kahekordne (täpsemalt 1,73).

Üheainsa ajalehelugeja värbamine Eesti Energiasse oleks ära hoidnud raha tuulde loopimise nii USAs kui ka Eestis.

MIS JUHTUB EDASI?

Vaatleme nüüd värskete andmete põhjal (Climate Change in the Baltic Sea 2021), mida arvatakse lähitulevikus sündivat.

Õhutemperatuuri tõus jätkub. Kuna tööstusrevolutsioonist alates on meie piirkond juba saavutanud soojenemise 1,8 kraadi, võib sihtmärk mitte ületada üle kahe kraadi soojenemist, paista võimatu. Asi pole siiski nii hull. Ühel juhul on jutt Läänemere piirkonna, teisel juhul maakera keskmisest temperatuurist. Mis aga ei tähenda, et Läänemere maad ei peaks oma süsinikoksiidi emissiooni

oluliselt vähendama ning metsapoliitikat korrigeerima raiemahtude vähendamise suunas. Samuti on kaheldav puitkütte vedamine Narva elektrijaamade kateldesse kõikjalt Eestist, mõistlik oleks see ainult Alutaguse piirkonnast. Meenutame, et üks kolmandik CO₂ globaalsest emissioonist on pärit metsade hävitamisest.

Õhutemperatuuri jätkuv tõus tähendab ka **Läänemere pinnavee temperatuuri tõusu**. Maailmamere kohta on väidetud, et vee soojenemine lisab mõnevõrra kasvahoone efekti, kuna külm vesi lahustab süsinikdioksiidi paremini kui soe vesi. Läänemere kohta on öeldud, et ennustused on ebakindlad.

Ebakindlus valitseb ka **atmosfääri tsirkulatsiooni** suhtes. Põhitegurid Põhja-Atlandi ostsillatsiooni ning Skandinaavia blokeeriva antitsükloni kohta oletatakse jäävat endiseks ja ennustuste erinevused olenevat kasutatud mudelitest.

Läänemere jääolude kohta on märgitud, ei viimase saja aasta jooksul on jää maksimaalne pindala Läänemerele oluliselt vähenenud ning jääkatte aeg lühenenud. Võin omalt poolt lisada, et Tallinna reid, mis asub Soome lahe jäätumise piiril, mis omakorda on fikseeritud juba esimesel Läänemere kaardil aastast 1539 (Olaus Magnus's...) ja on seetõttu hea ajaloo talvede karmuse indikaator, on varasematel sajanditel olnud jäätumata kolm kuni kuus talve, 20. sajandil 16 talve ning praegusel sajandil juba 12 talve.

Päikese kiirguse kohta on rõhutatud, et see kui üks kliimatekke tegur sõltub oluliselt pilvitusest, aga ka aerosoolide sisaldusest atmosfääris ning viidatakse ühele allikale, kus on väidetud, et pilvitus on viimase paarikümne aasta jooksul vähenenud. Kuna allikas on nimetamata, võib arvata, et see tulemus on ebakindel.

MIDA MEIE SAAME TEHA?

Järgmine osa väljaandes „Climate Change in the Baltic Sea“ (2021) on pealkirjastatud „Kaudsed parameetrid: inimkasutus“. Siin on kõneldud mere

tuuleparkidest, rannikute kaitsest, laevandusest, turismist ja kalandusest. See meenutas mulle esiteks ühe kunagise ökoloogi maksimi „Kõik on seotud kõigega“. Meri maaga ja maa merega. Teiseks meenutas see, et inimtegevused maal ja merel, mida kliima soojenemine mõjutab, ei ole ühe mehe lahendada ega kirjutada. Kolmandaks meenus mulle ammusest ajast, et ükskord Eestimaa Looduse Fond komandeeris mind keskkonnaministri juurde, et arutaksin temaga Eesti merealade planeeringut. Keskkonnaminister oli sel ajal Keit Pentus-Rosimannus ja meie jutt asjalik. Mõtlesin kurvastades, et sellest ajast on möödas pea kümme aastat ja valitsenud nad mereala planeeringu unustasid, ei tea. Meie energiamonopol pole leidnud aega mere tuuleparkide tegemiseks, võib-olla just planeeringu puudumise pärast. Teiseks pole ta kunagi leidnud aega ajalehtede lugemiseks, kus kodanikud muuhulgas ka tuuleparkidest kirjutavad. Juba üheainsa ajalehelugeja värbamine Eesti Energiasse oleks ära hoidnud raha tuulde loopimise nii USAs kui ka Eestis. Aga siinkohal kurvad mõtted lõppesid. Olin tarkadelt küsinud Eesti merealade planeeringu kohta ja sain meili, mis juhata Rahandusministeeriumisse. Siin oli selge sõnaga kirjas, et Eesti merealade planeerimine valmib veel selles septembris. Kas tõesti Keit ajas asja joonde?! Või tuleb tänada praegust peaministrit, kes riigil mereplaanidega üles leidis?

LÕPETUSEKS RIIGIKOGUJATELE

Kui te kuulete hüüatust, et kliima on alati muutunud, siis soovitakse pisendada praegust antropogeenset

kliima soojenemist. Tegelikult seisab ees mõnikümne aastat tõsist tööd kõikvõimalike tagajärgede mahendamiseks ja eluviisi ümberkorraldamiseks, milleks on võimalused olemas. Kliima on tõesti alati muutunud, kuid siin läheme teise mõõtkavasse. Kui te sattute Vilsandile, siis saare lääneotsas leiab kivistunud koralli. See ei ole tõesti kasvanud Läänemeres, vaid ta sünni koordinaadid on 350 miljonit aastat tagasi ja koht praeguste Kanaari saarte läheduses. Meil on raske sellist ajamöödet aduda, aga see ongi geoloogiliste ajastute skaala. Ja mandrite triivi teooria, mille rajas Alfred Wegener sadakond aastat tagasi, seletab suure osa geoloogiliste ajastute kliima muutustest. Muide, A. Wegener töötas kaks kuud 1918. aastal ka Tartu Ülikoolis. Teine umbes samal ajal loodud teooria kliima muutuste põhjustest pärineb Milutin Milankovičilt ja tugineb nähtusel, et maakera pöörlemisteljel nurk aeg-ajalt muutub, põhjustades muutusi päikese kiirguse jaotuses ning muutub ka maakera orbiidi ümarus. See on seotud jääaegade, mille rütmilisus on ligikaudu 40 000 ja 100 000 aastat. Kolmas võimalus Maa kliima muutmiseks on kasvahoonegaasid Maa atmosfääris, milleks on kulunud paarsada aastat. Selle tõestas 1895. aastal Svante Arrhenius ja äsja on see geoloogilise ajastuna nimetatud antropotseeniks. Ka Svante Arrheniusel oli tegemist Tartu Ülikooliga Wilhelm Ostwaldi kaudu, kuna mõlemad olid huvitatud füüsikalise keemiast.

Mida ma sellega öelda tahan? Aga seda, et Riigikogu oma komisjonidega on kõige sobivam koht üleminekuaja ehk rohepöörde juhtimiseks hoopis tihedamas koostöös teadlastega kui seni tavaks.

KASUTATUD ALLIKAD

CLIMATE CHANGE IN THE BALTIC SEA. 2021 Fact Sheet. Baltic Sea Environment Proceedings, 180. Helcom/Baltic Earth 2021. - <https://helcom.fi/media/publications/Baltic-Sea-Climate-Change-Fact-Sheet-2021.pdf>
IPCC. (2021). The Intergovernmental Panel on Climate Change. - <https://www.ipcc.ch/>
KIRDE, K. (1939). Andmeid Eesti kliimast. Tartu: Tartu Ülikool.

MEITERN, H. (2005). Winds and Storms in Tallinn at the Beginning of the 19th Century. – Carl Kalk 200: Symposium on Historical Climatology = Carl Kalk 200: ajaloolise klimatoloogia sümposium. – Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis, 97. Tartu Ülikooli Kirjastus.

OLAUS MAGNUS'S MAP OF SCANDINAVIA, 1539. – James Ford Bell Library, University of Minnesota. – <https://apps.lib.umn.edu/bell/map/OLAUS/Igolaus.html>

ORVIKU K., JAAGUS, J., KONT, A., RATAS, U., RIVIS, R. (2003). Increasing Activity of Coastal Processes Associated with Climate Change in Estonia. – Journal of Coastal research 19(2), 364–375. – https://www.researchgate.net/publication/292309276_Increasing_activity_of_coastal_processes_associated_with_climate_change_in_Estonia

REVELLE, R., MUNK, W. (1977). The Carbon Dioxide Cycle and the Biosphere. – Energie and Climate Stud. Geophys. Nat Akad of Sciences. Washington D.C, 140–158.

TAMMETS, T. (2012). Eesti ilma riskid. Eesti Keskkonnaagentuur.

TARAND, A. (2005). Karl Friedrich Kalk. Meteorological Observations and Paldiski. (2005). – Carl Kalk 200: Symposium on Historical Climatology = Carl Kalk 200: ajaloolise klimatoloogia sümposium. – Publicationes Instituti Geographici Universitatis Tartuensis, 97. Tartu Ülikooli Kirjastus, 7–16.

TARAND, A., JAAGUS, J., KALLIS, A. (2013). Eesti kliima minevikus ja tänapäeval. Tartu: Tartu Ülikooli Kirjastus

WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT. (1987). Our Common Future. Oxford University Press. – <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/5987our-common-future.pdf>