Tuumajaama mõju kliimasoojenemisele, keskkonnale ja energeetika jalajälg

Diana Revjako
Fermi Energia AS | 2025-08-06 | Fermioni suvekool

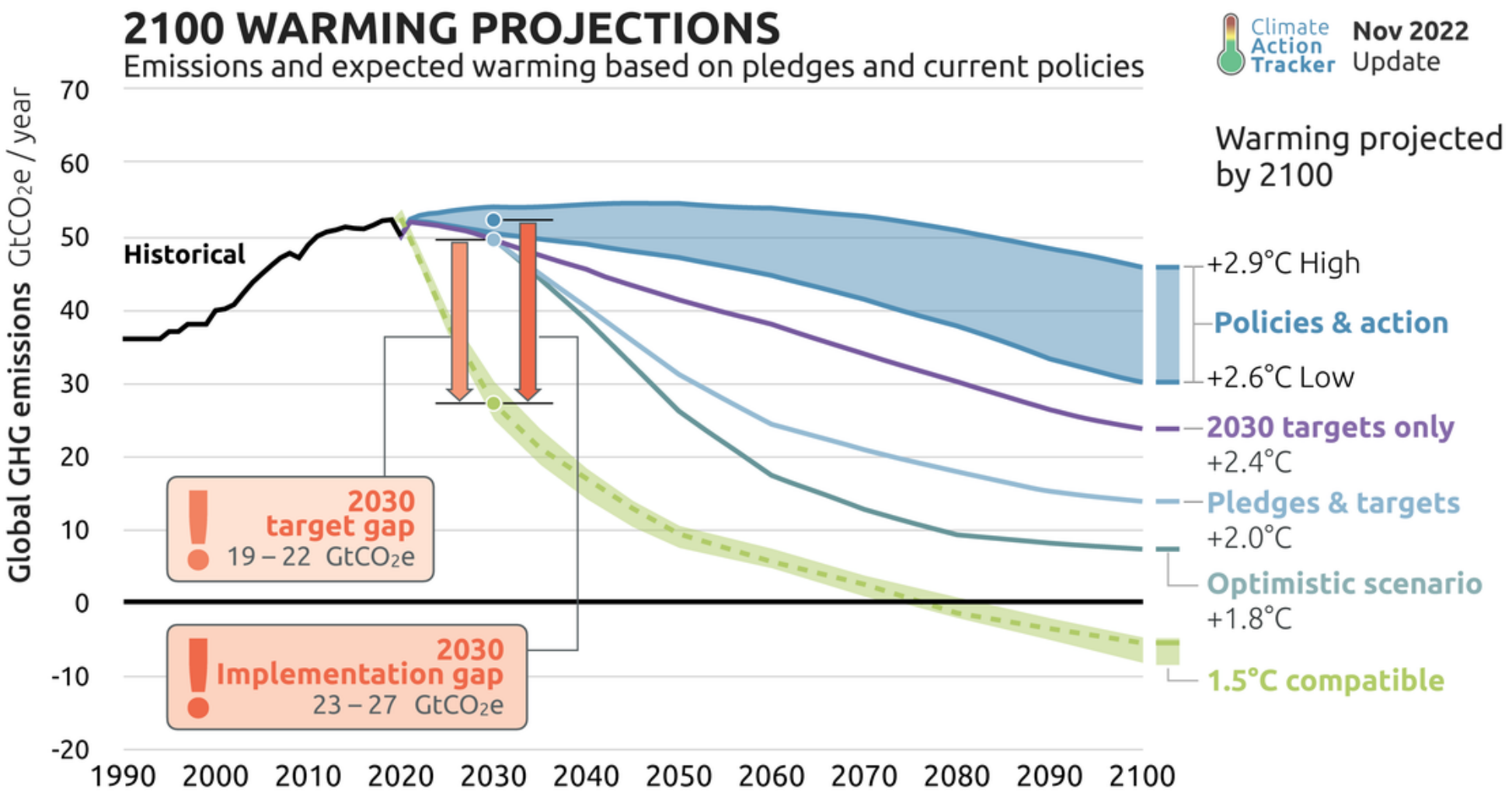
Minust

- *Töökogemus*
- 10 aastat kogemust Viru Keemia Grupp keskkonnajuhina
- 3 aastat kogemust Viru Keemia Grupp protsessijuhina
- 3 aastat kogemust ärijuhina ringmajanduseettevõttes Ragn-Sells AS-s
- 6 aastat lean juhtimise ja digitliseerimise konsultandi kogemust (VKG, Telia, Maxima, Ragn-Sells, Schenker, Saku Metal, Brinks Baltics, Roofit Solar Energy OÜ jne)

- *Haridus*
- TalTec tööstusökoloogia magister
- EBS ettevõtlus ja ärijuhtimise magister

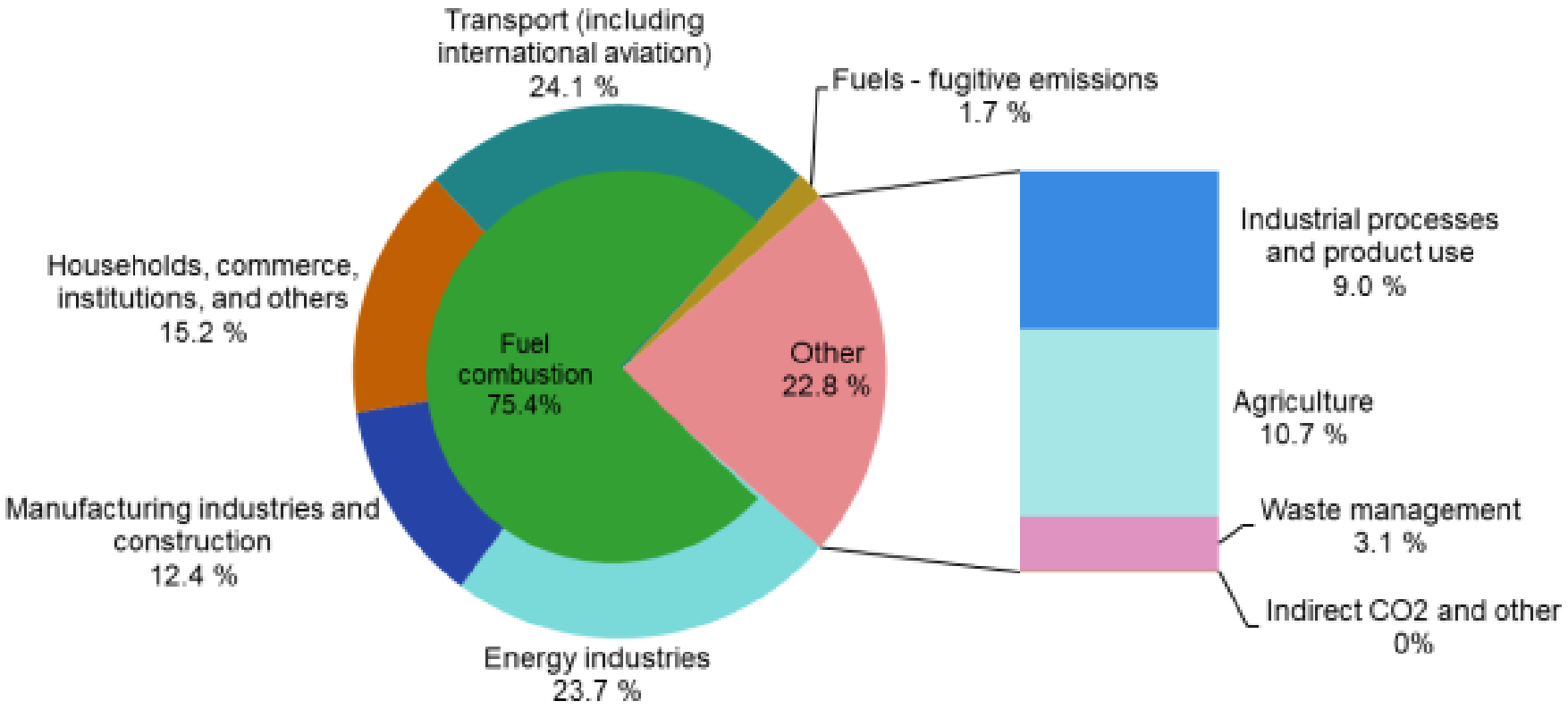
Kliima soojenemine ja seda mõjutavad tegurid

Kasvuhoonegaaside emissioonid ja kliima soojenemine



Kasvuhoonegaaside heide sektorite kaupa

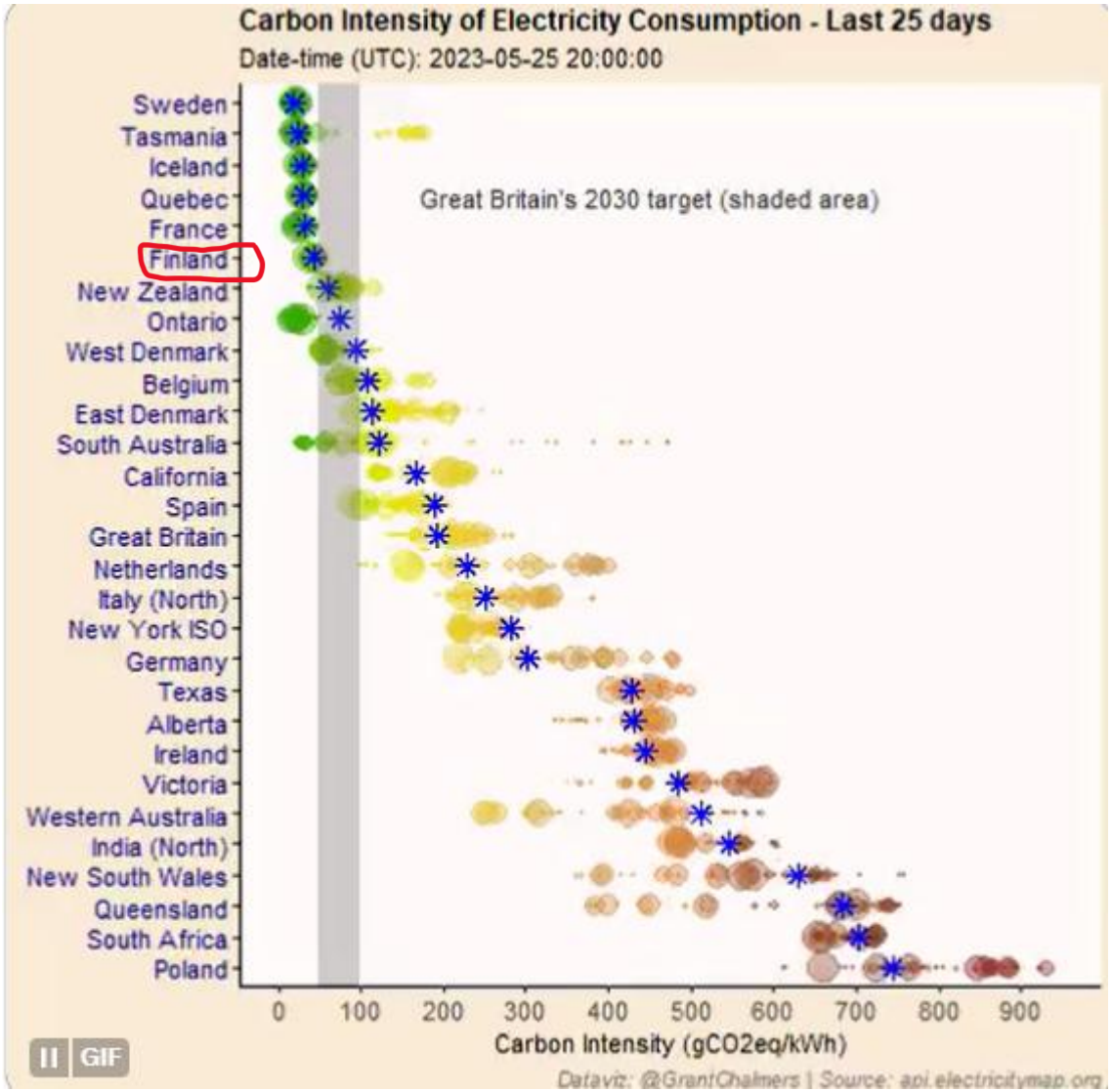
Greenhouse gas emissions by source sector, EU, 2021

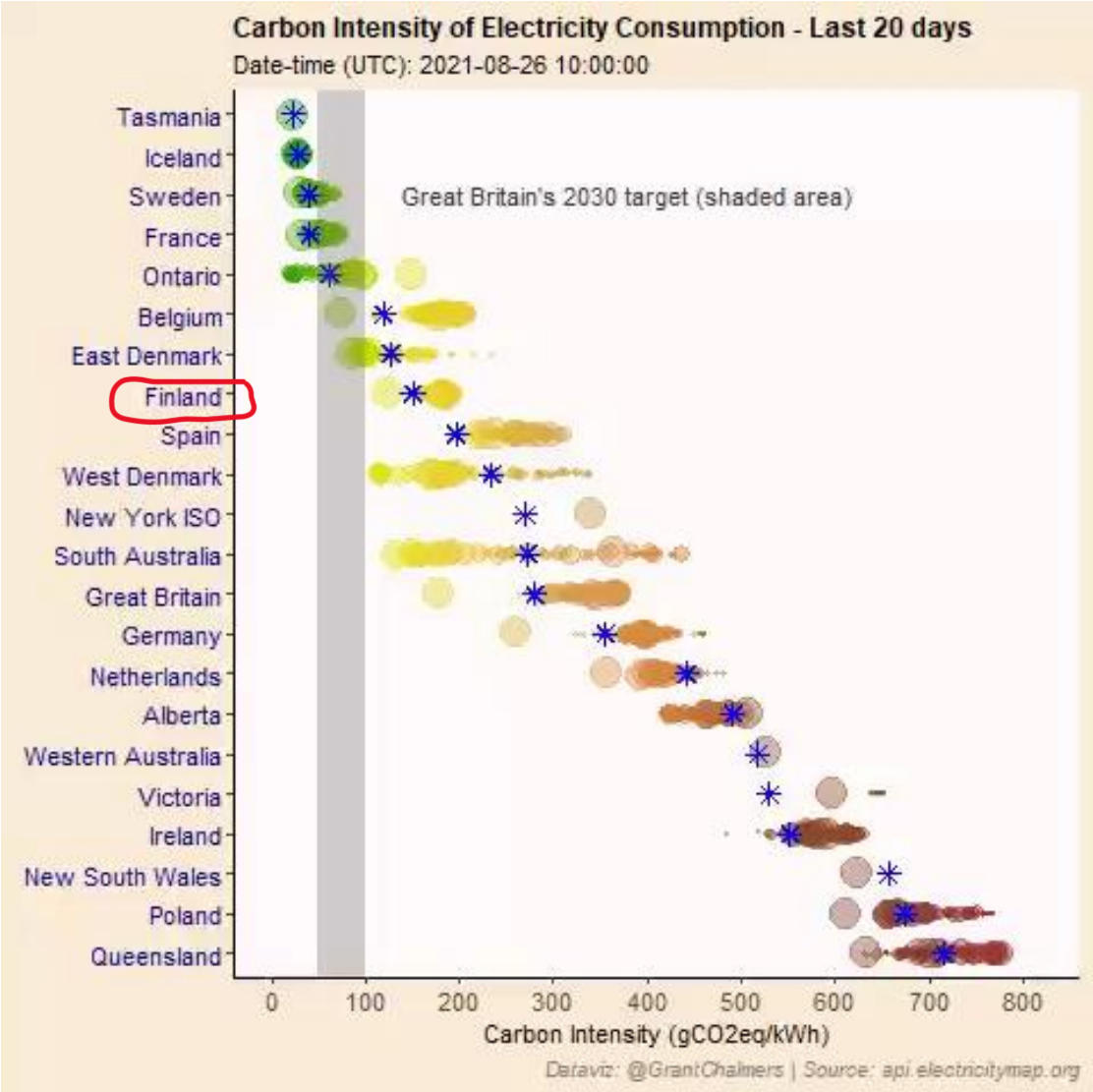


Source: EEA, republished by Eurostat (online data code: env_air_gge)

eurostat

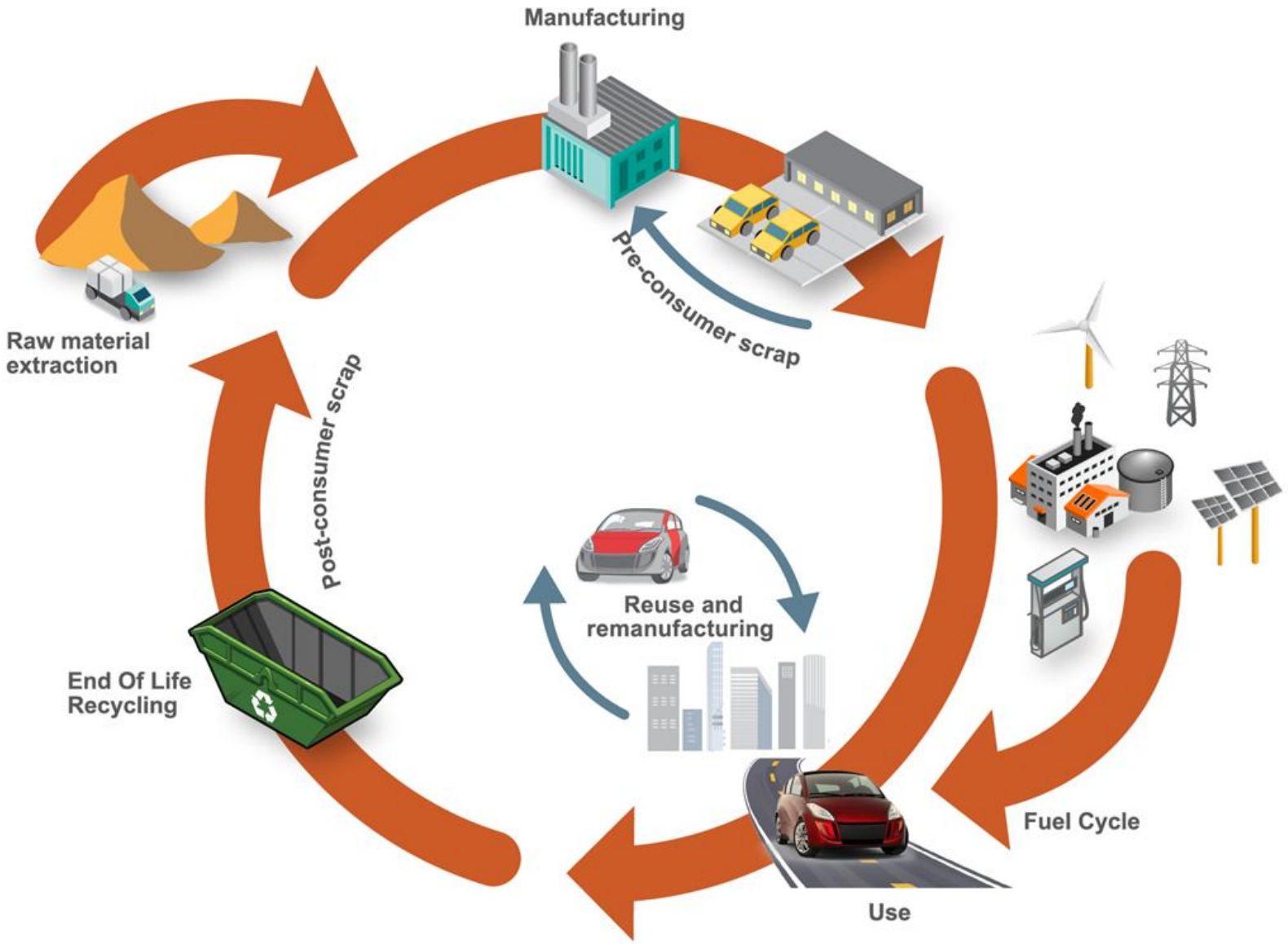
Tuumaenergia võimaldab dekarboniseerimist





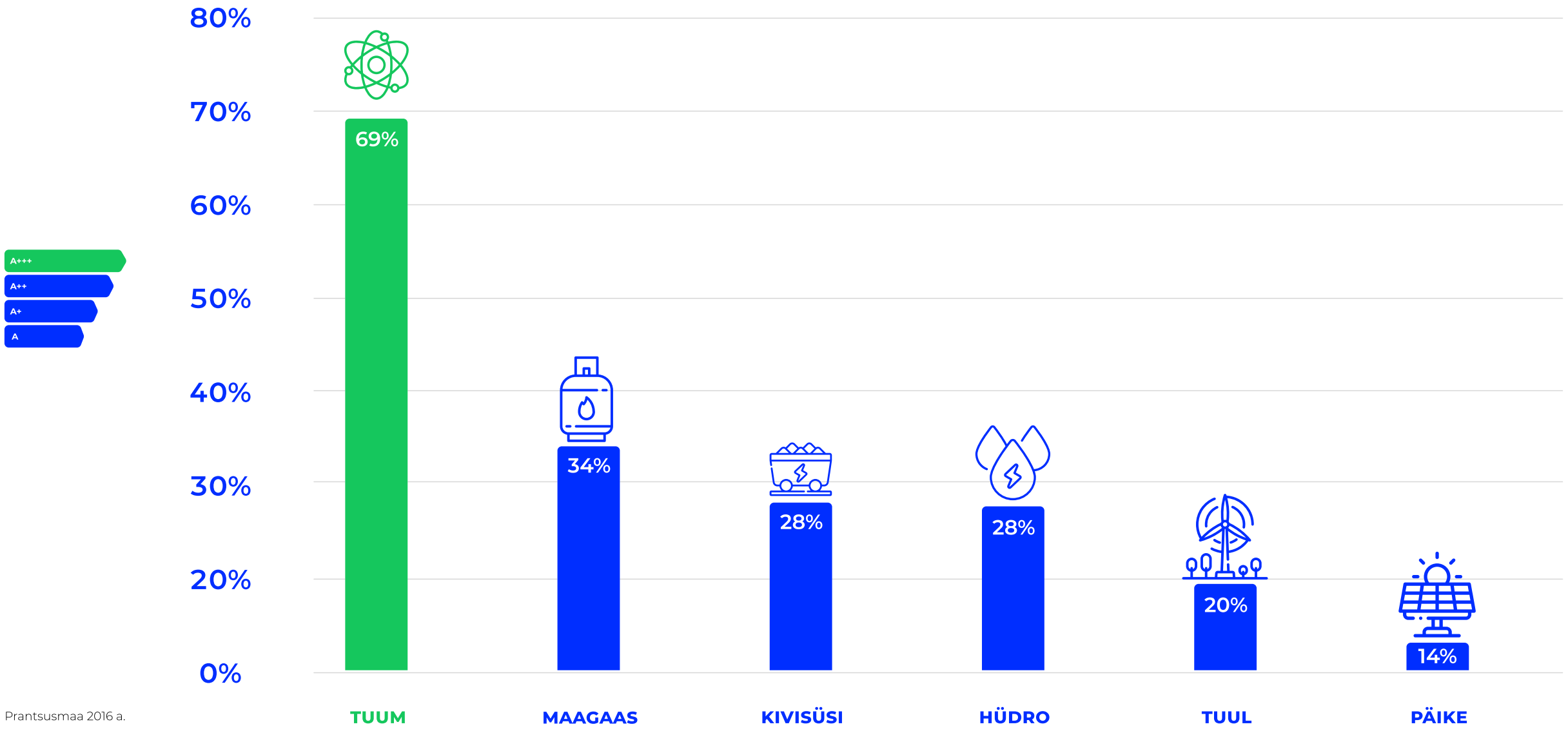
Energeetika jalajälg

Jälajälje hindamine



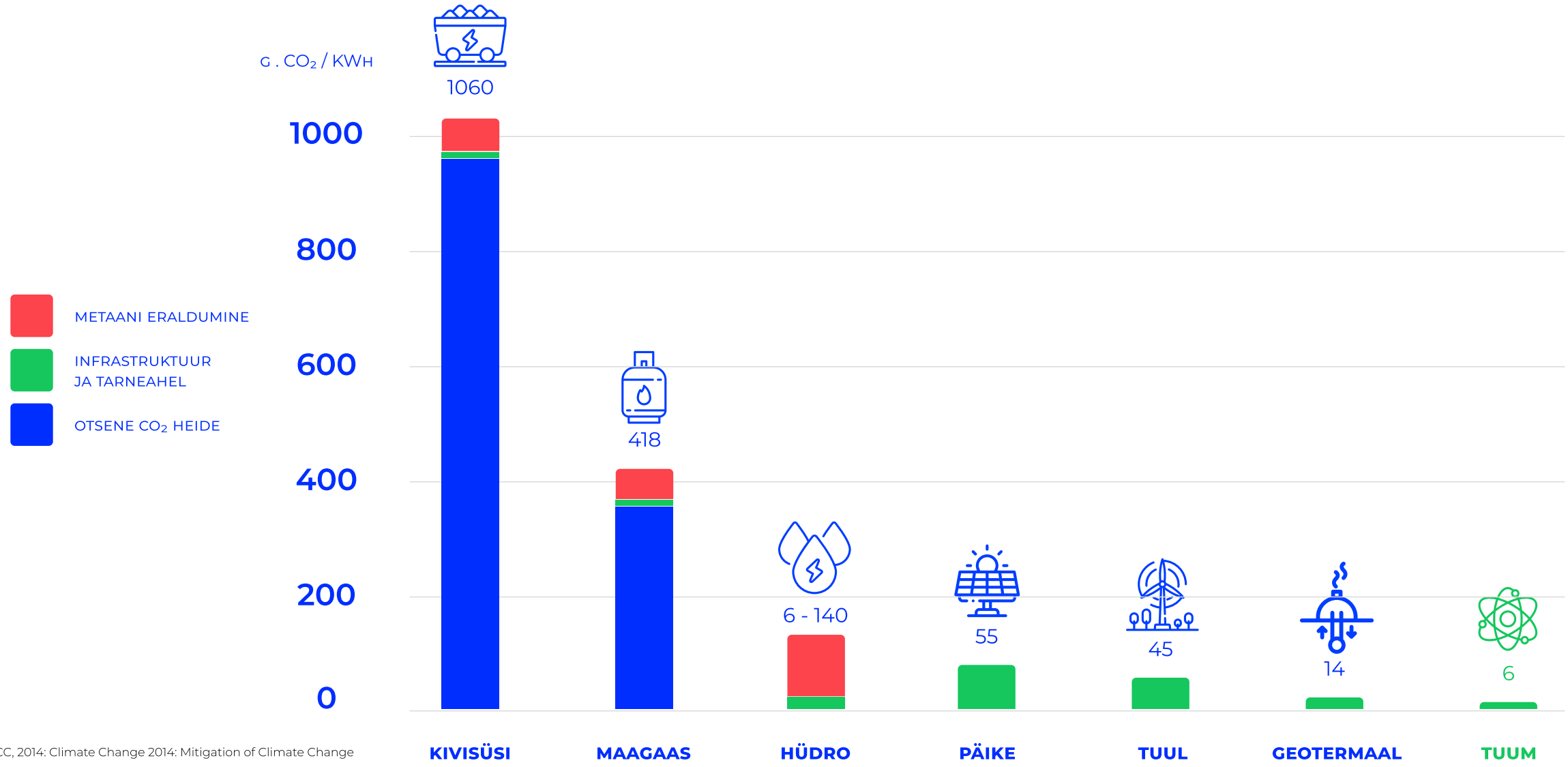
Kasutegur

Potentsiaal- vs reaalne tootmismaht



Prantsusmaa 2016 a.

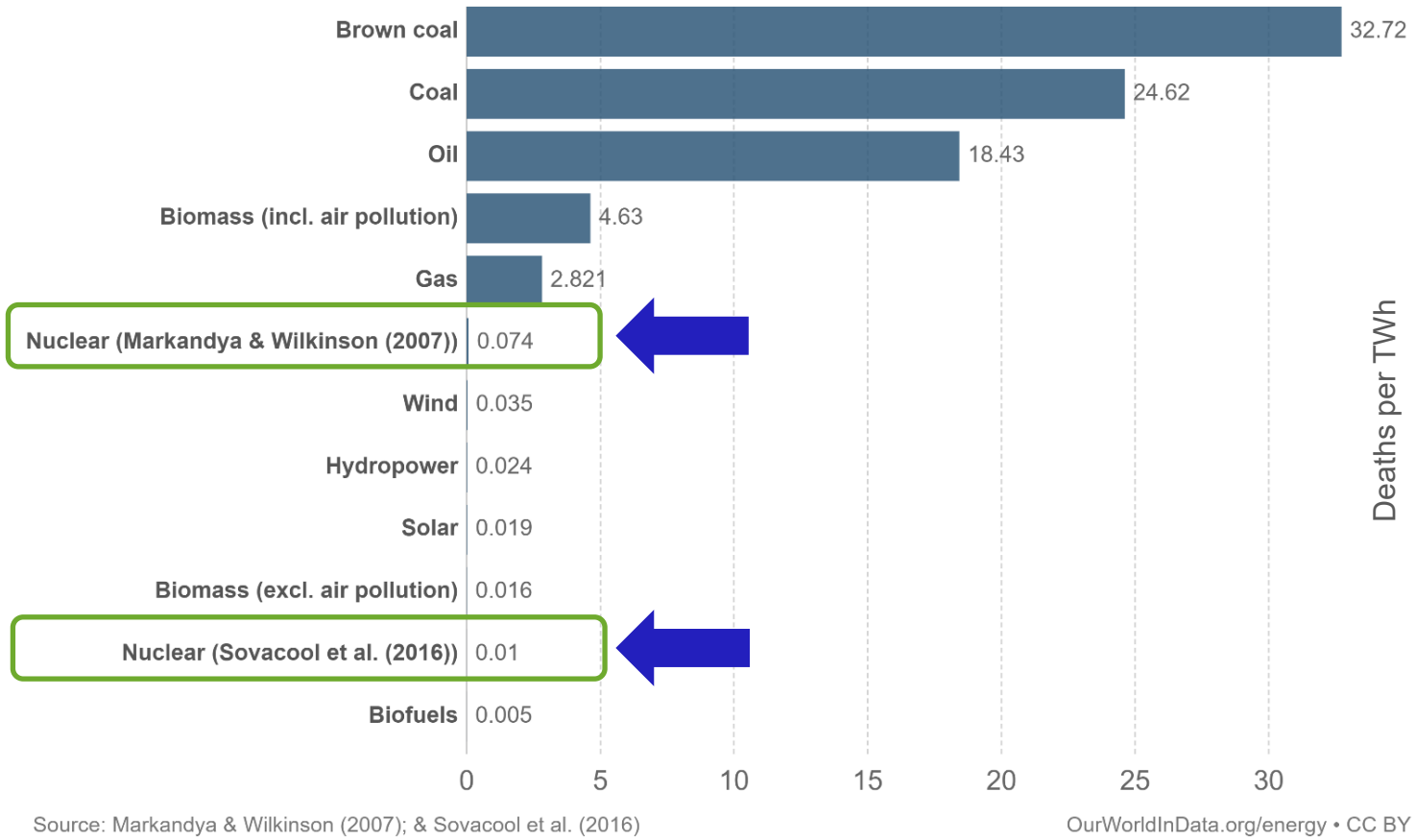
Tuumaenergia CO2 heitkogus toodetud kWh kohta on üks madalaimaid



IPCC, 2014: Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change

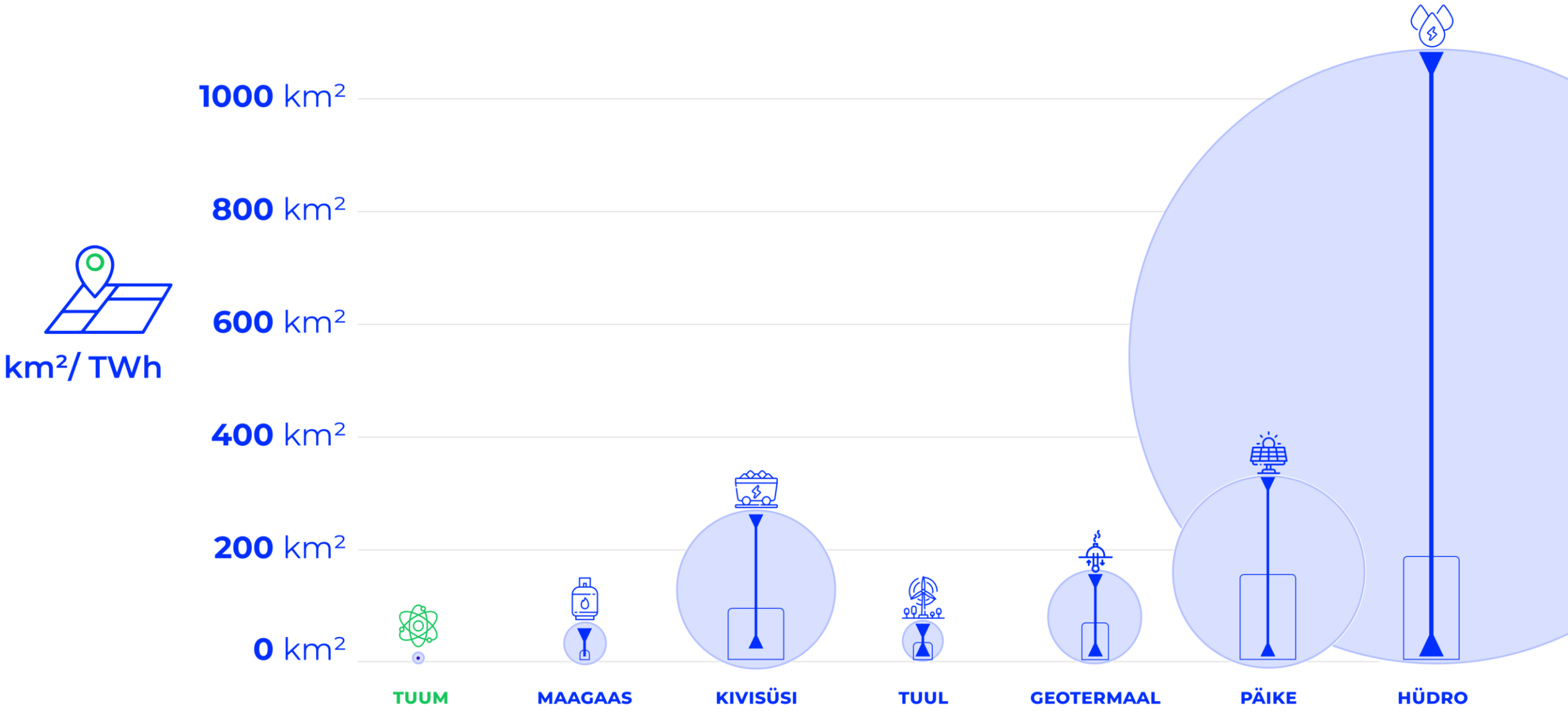
Tuumaenergia on üks ohutumaid energia tootmise viise

Surmade arv toodetud TWh energia kohta on üks väiksemaid.



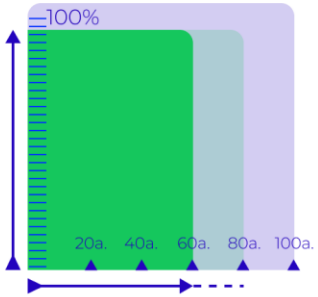
Erinevate energiaallikate põhjustatud suremuse määr õhusaaste ja õnnetuste tagajärjel

Energia jalajälg



A. Trainor et al (2016)

TUUM



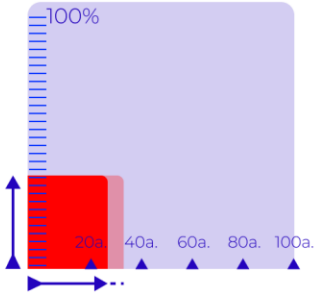
kasutustegur
90%

eluiga
60 - 80a.

Tuumaenergia
3,36 km²

1 000 MWh toodetud elektrienergia jaoks läheb vaja pindala

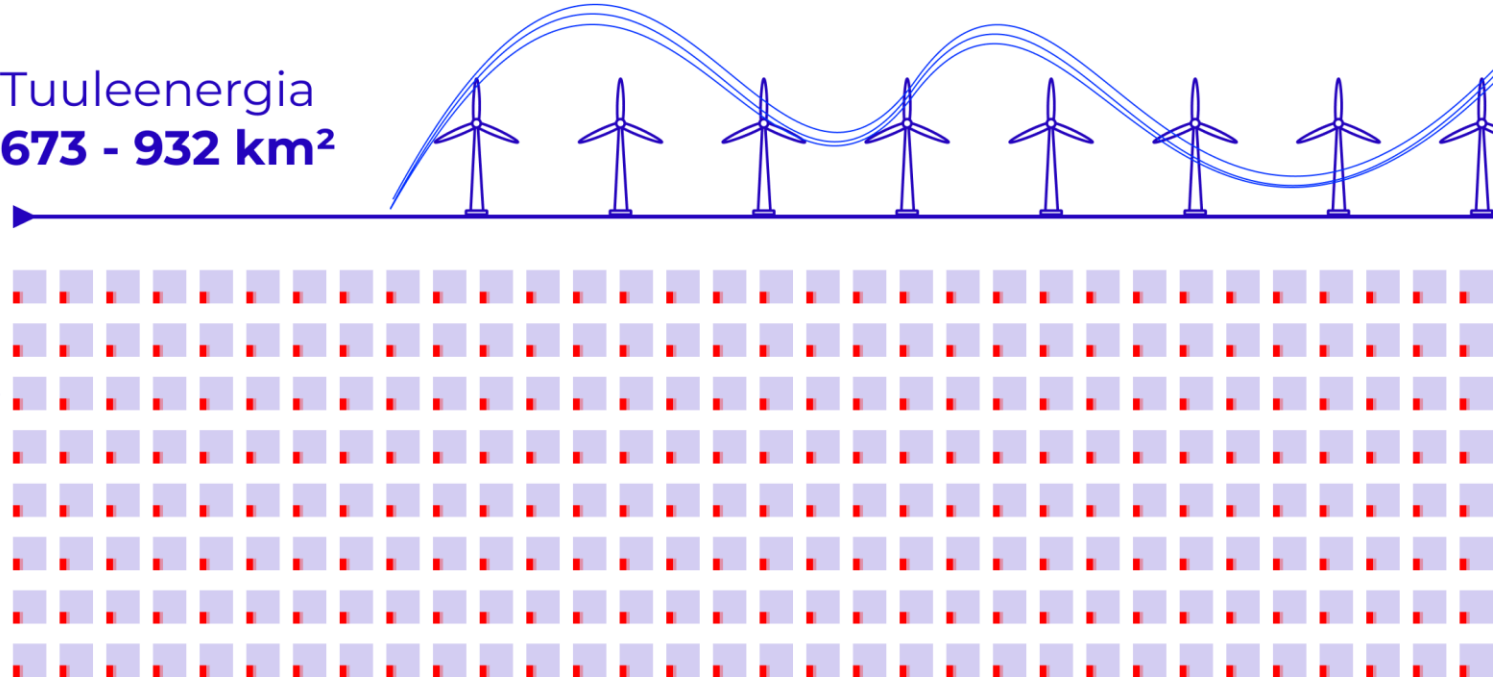
TUUL



kasutustegur
35%

eluiga
25 - 35a.

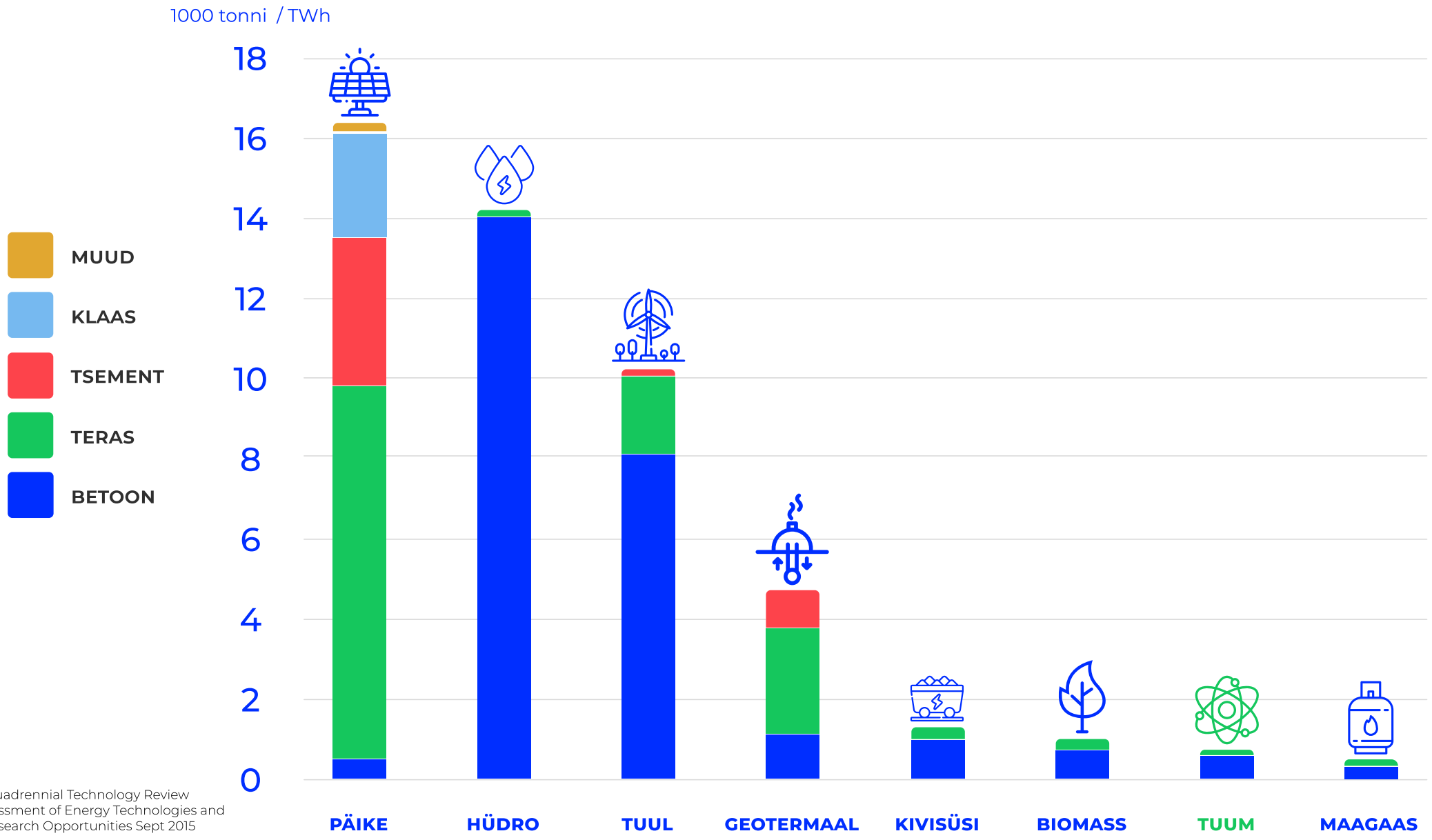
Tuuleenergia
673 - 932 km²



Hiina Taihang mägedes olev päikesefarm – **434 MW** võimsus, **1133 ha** maad (töötab max 20% ajast)

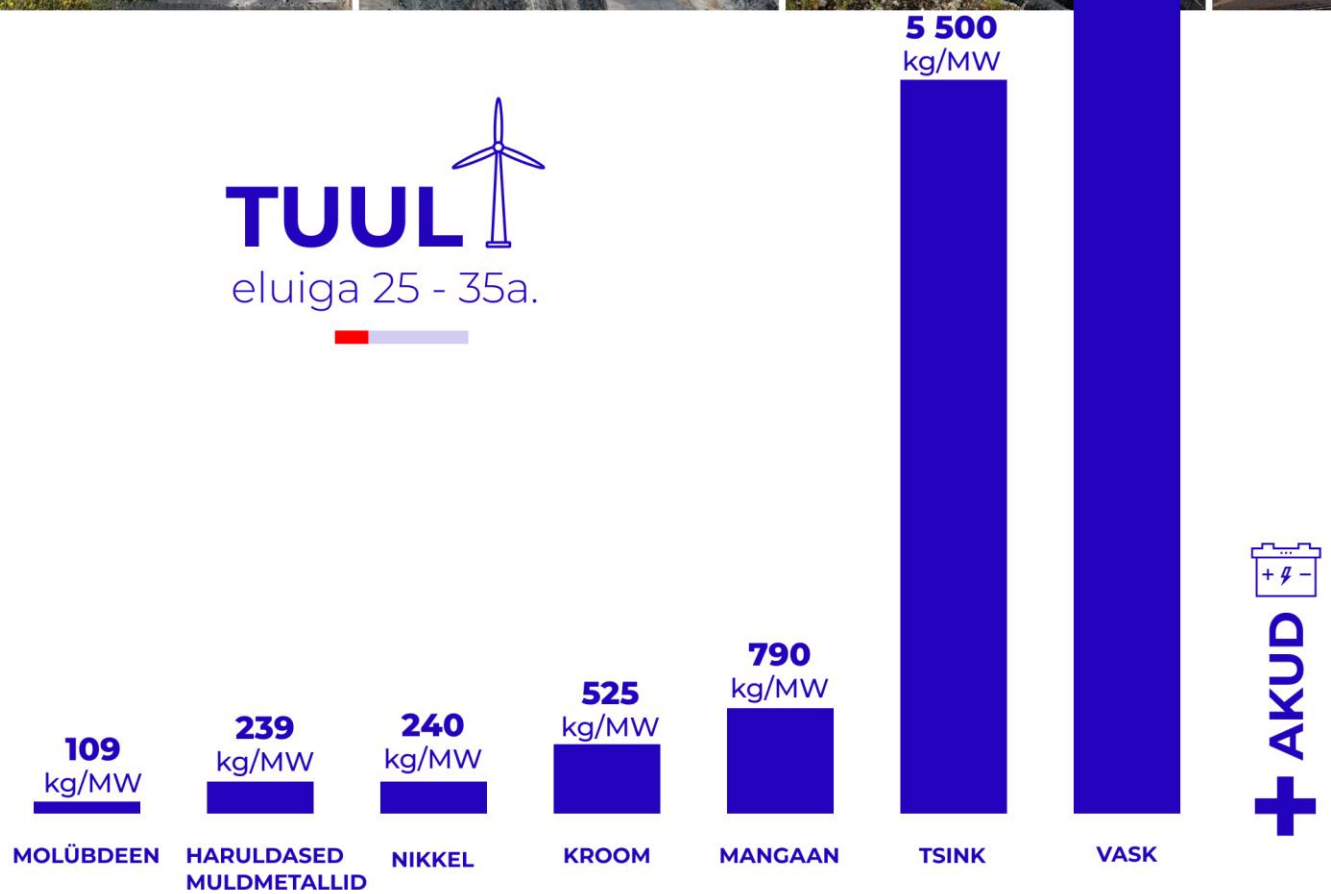
Fermi Energia 2 tuumareaktorit – **600 MW**, **60 ha (töötab 96% ajast)**

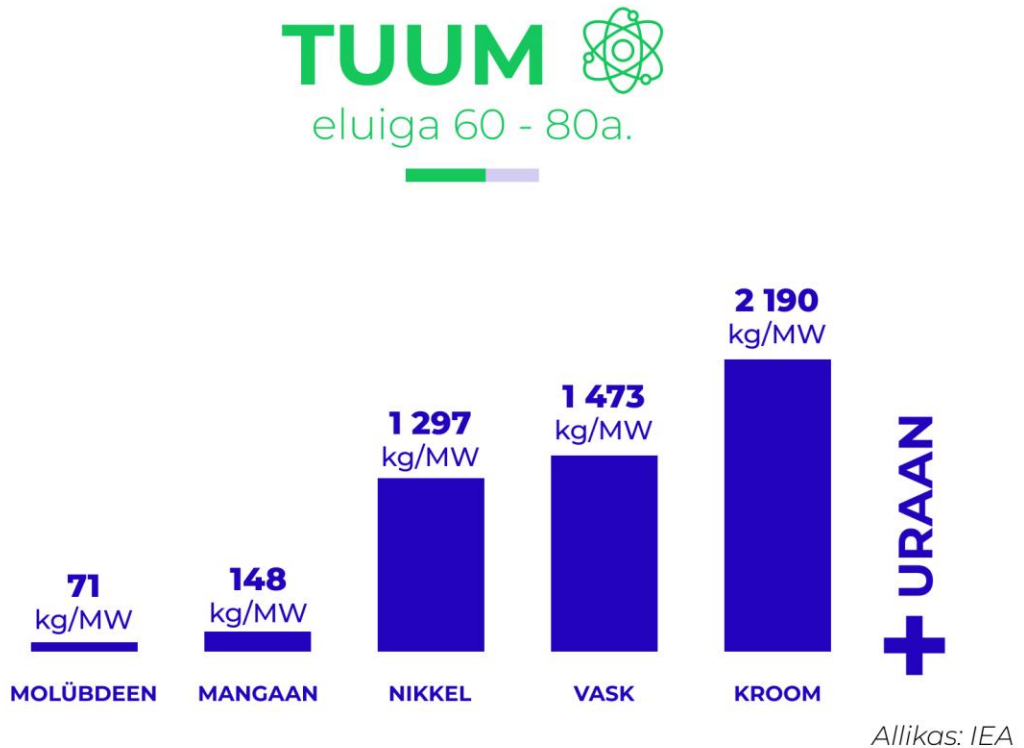
MATERJALIDE VAJADUS



Quadrennial Technology Review
An Assessment of Energy Technologies and Research Opportunities Sept 2015

EHITUSES KASUTATAVAD METALLID





Allikas: IEA

Tuumaenergia on jätkusuutlik

EL Teadusuuringute Ühiskeskus (Joint Research Centre – JRC) hindas tuumaenergia tootmise kogutsükli mõjusid nii **kliimaeesmärkide** kui **keskkonnamõjude** osas, pöörates seal hulgas erilist tähelepanu **tuumajäätmetele**.

JRC raporti järeldus: **tuumaenergia tootmine ei kahjusta inimeste tervist ega keskkonda rohkem kui ükski teine jätkusuutlik energiatootmise tehnoloogia** ehk tuumaenergia vastab roheenergia tingimustele, on jätkusuutlik ning sobib EL taksonoomiasse.

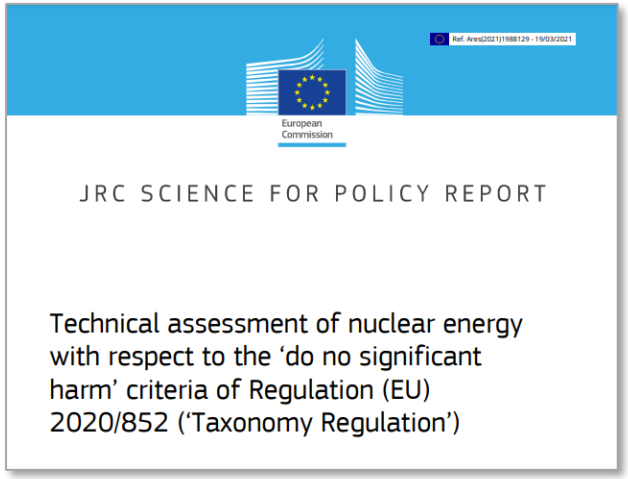
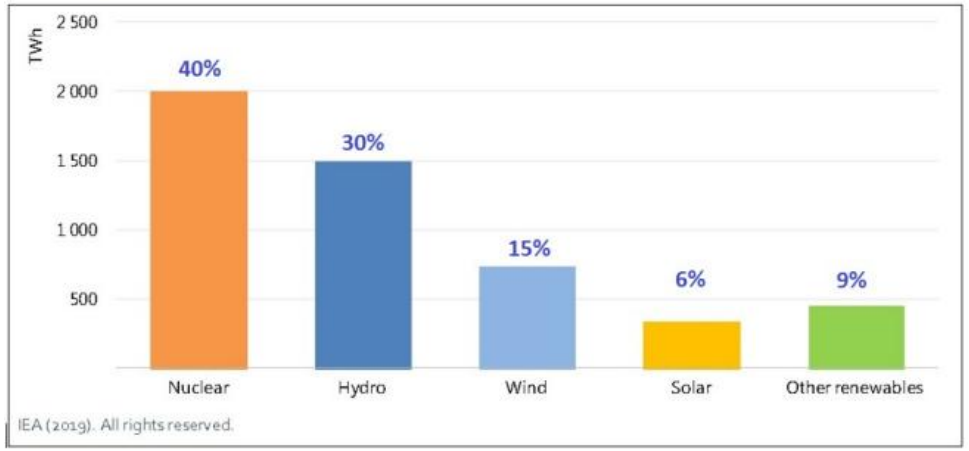


Figure 3.2-2. Low carbon electricity generation in advanced[19] economies by source in 2018



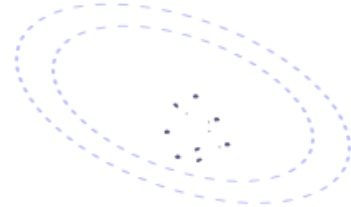
Tuumaenergia keskkonnamõju

Jäätmeteke

~3 000 000 tonni
kivisütt aastas

Kivisütt põletav elektrijaam
elektrilise võimsusega 1000 MW

~ 7 000 000 tonni
jäätmeid aastas, põhiliselt gaasid CO_2 ja SO_2



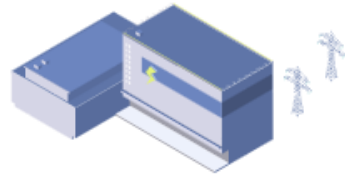
150 000 kuni **200 000 tonni**
lendtuhka

Tuhk tuhaväljal

Mõlema jaama aastane elektritoodang oleks ~8 TWh

~ 25 tonni
uraani UO_2 aastas

Tuumaeletrijaam
elektrilise võimsusega 1000 MW

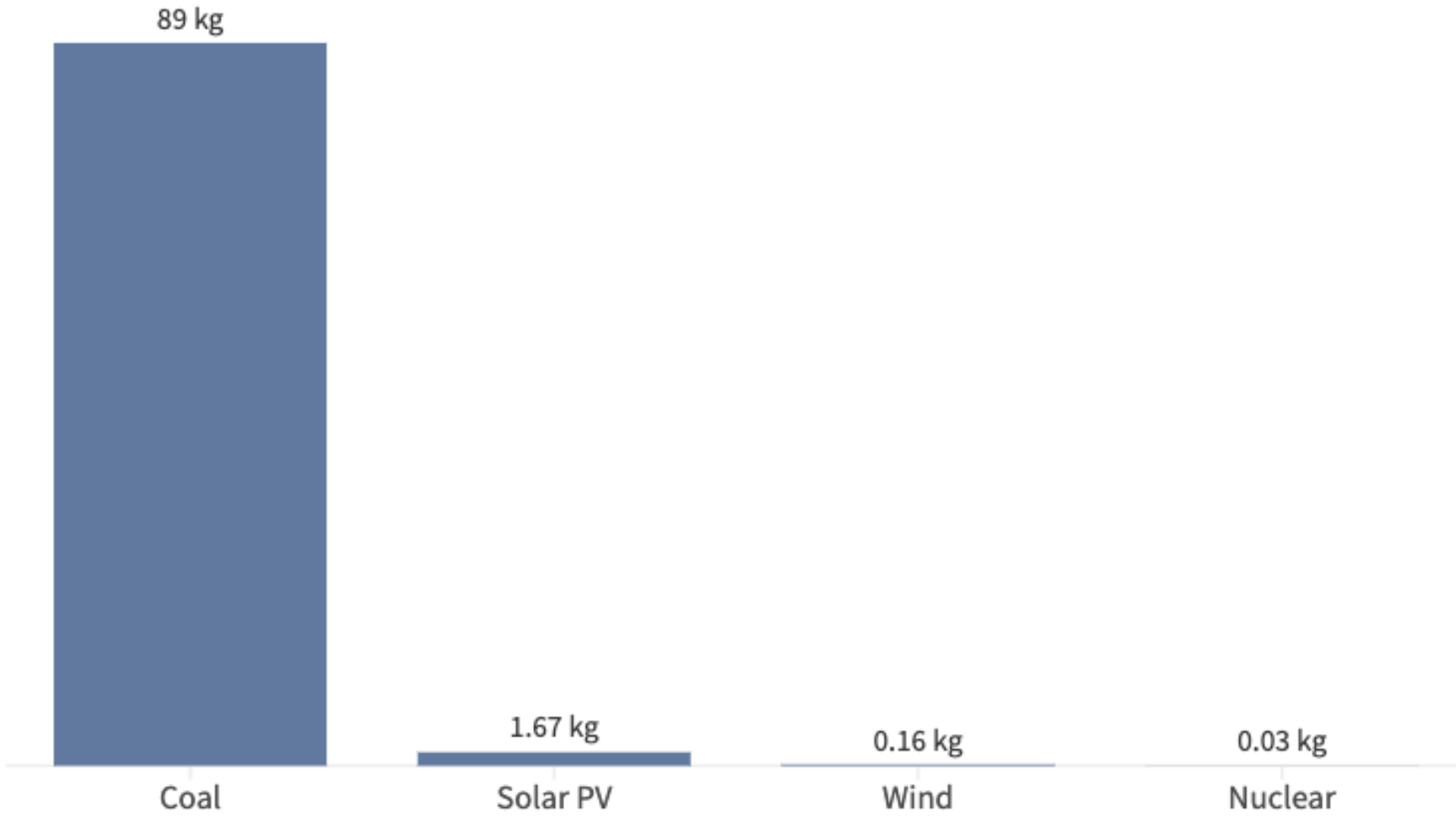


1 tonn kõrgradioaktiivset ümbertöötatud jäädet, mida saab turvaliselt geoloogiliselt ladustada

https://www.world-nuclear.org/information-library/nuclear-fuel-cycle/introduction/energy-for-the-world-why-uranium.aspx

Waste generated per unit of electricity production

Measured in kilograms of waste per megawatt-hour. Waste for solar and wind is in the form of panels and turbine blades. Coal is mostly coal ash. Nuclear is mostly spent or unprocessed fuel.

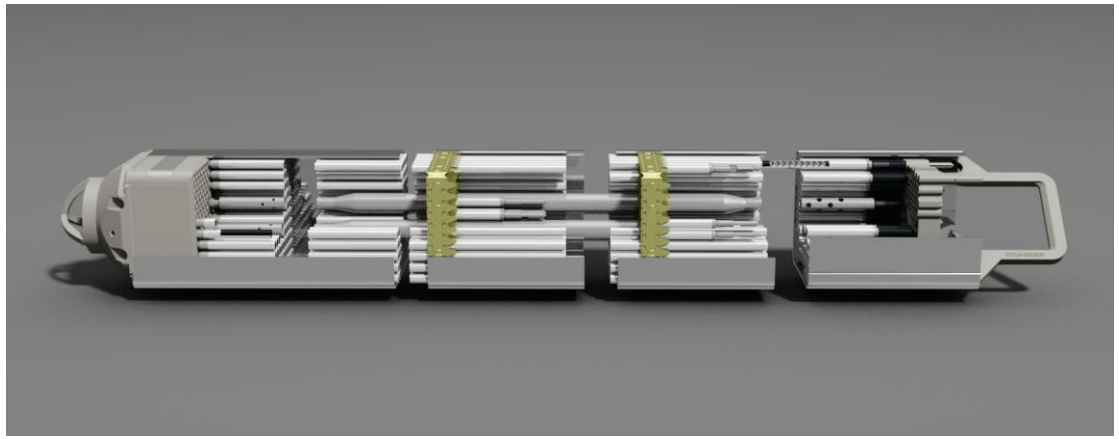


Data source: Calculations by the author based on industry figures; Center for Sustainable Systems, University of Michigan; David Osmond; CleanTechnica; and the EIA • Author: Hannah Ritchie

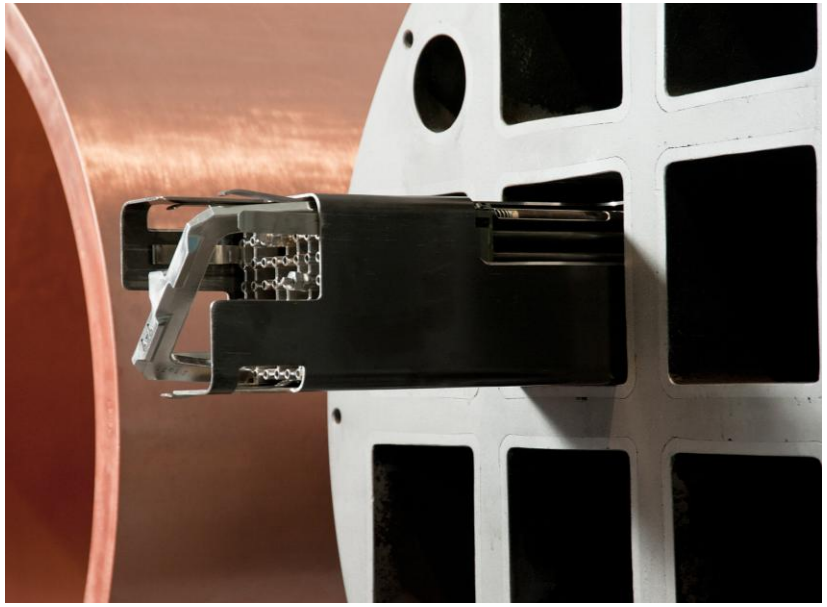
Jäätmekäitlus

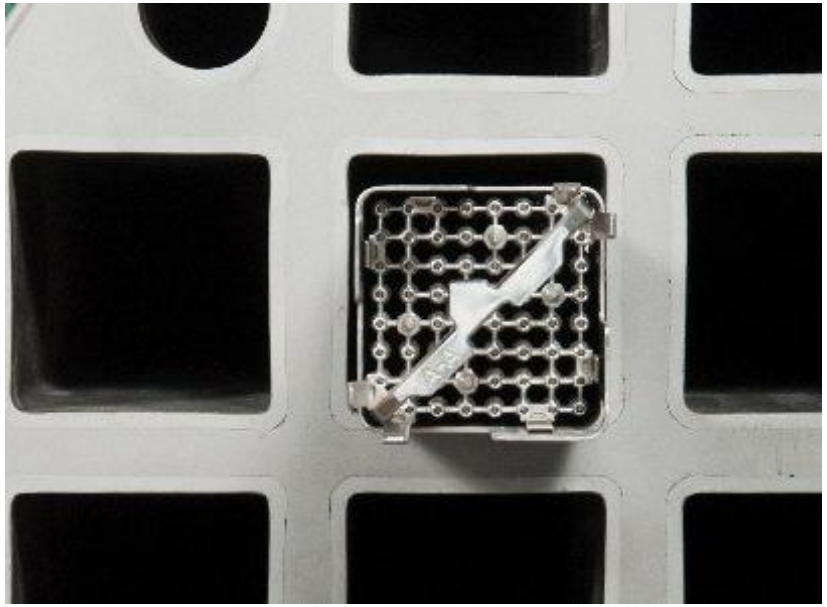
Kõrge radioaktiivsusega jäätmed (kasutatud tuumkütus)

- Moodustavad umbes **2% kõigist radioaktiivsetest jäätmetest**, sisaldades 95% radioaktiivsusest.
- Erineva tehnoloogiaga tuumareaktorite kasutatud kütuse vahetus tsükkel on erinev. Näiteks BWRX-300 puhul vahetatakse **aastas reaktoris välja ~30-40 kütusekoostu**.
- Kõrge radioaktiivsusega jäätmete hoidla vajab **eraldi riigi eriplaneeringut** parima asukoha leidmiseks.

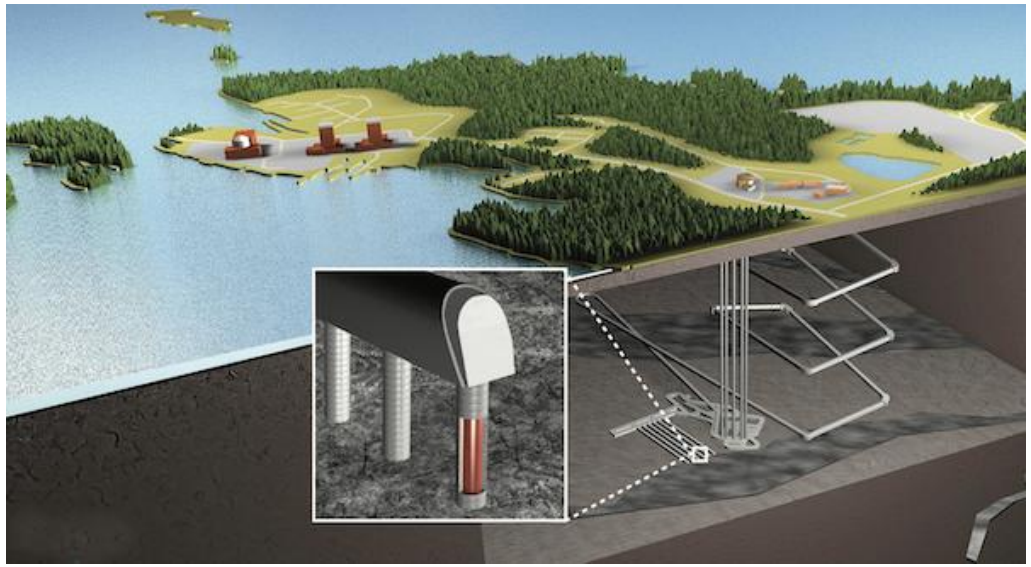


künz

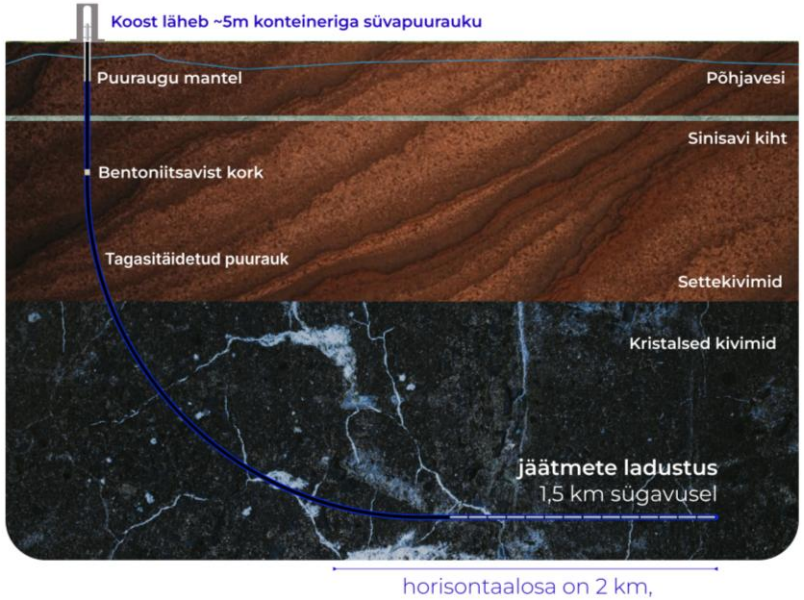


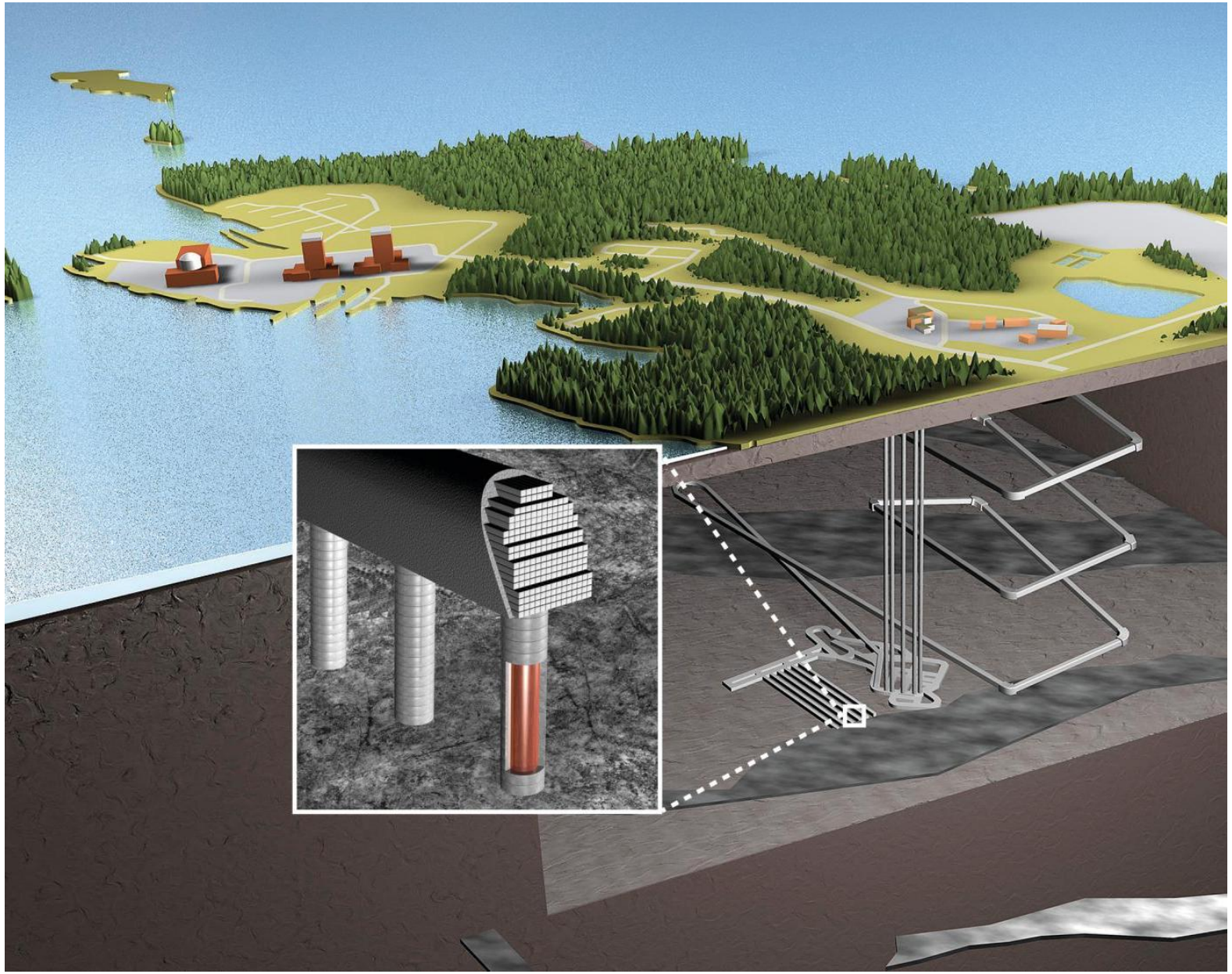


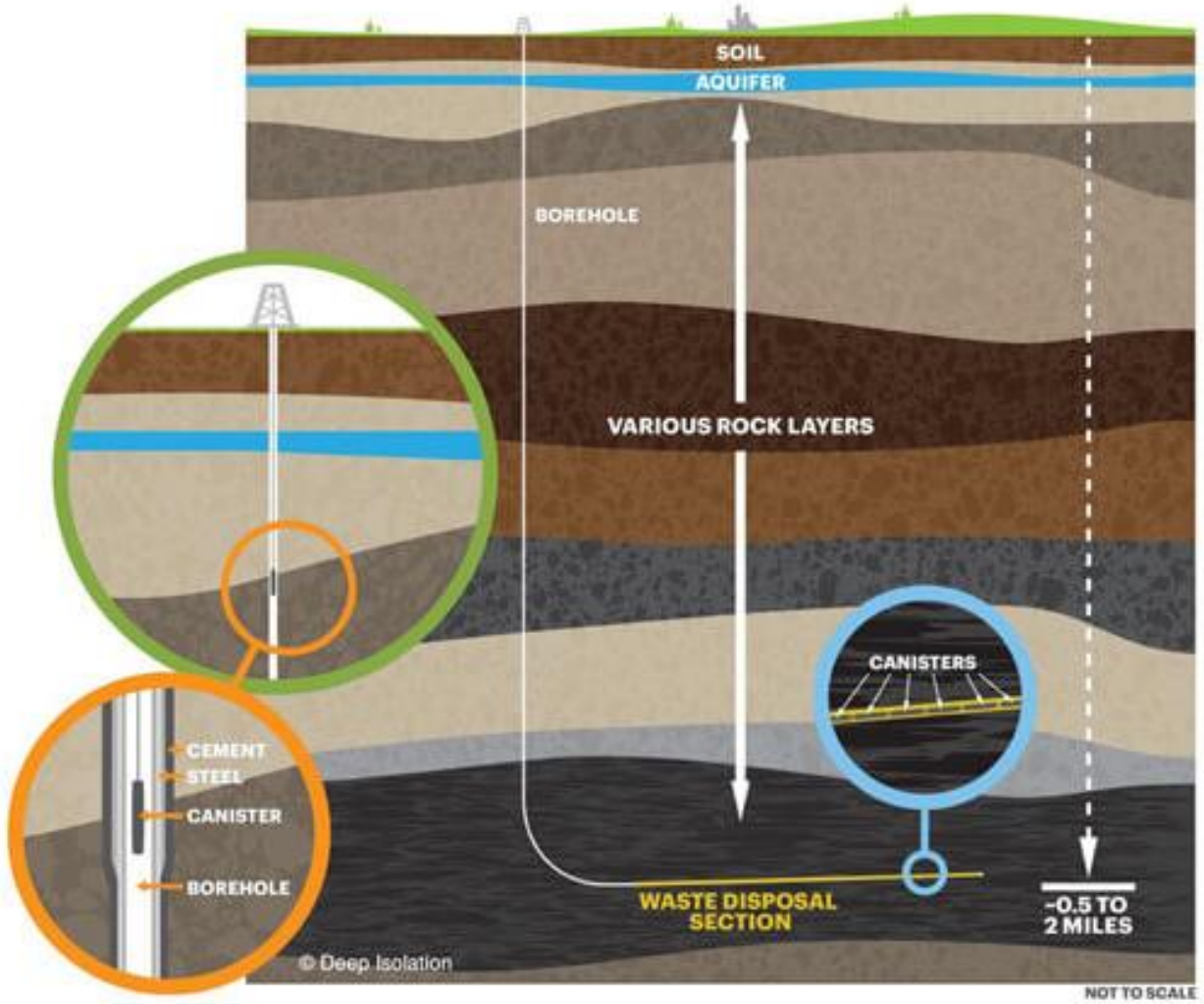
Posiva lahendus Soomes

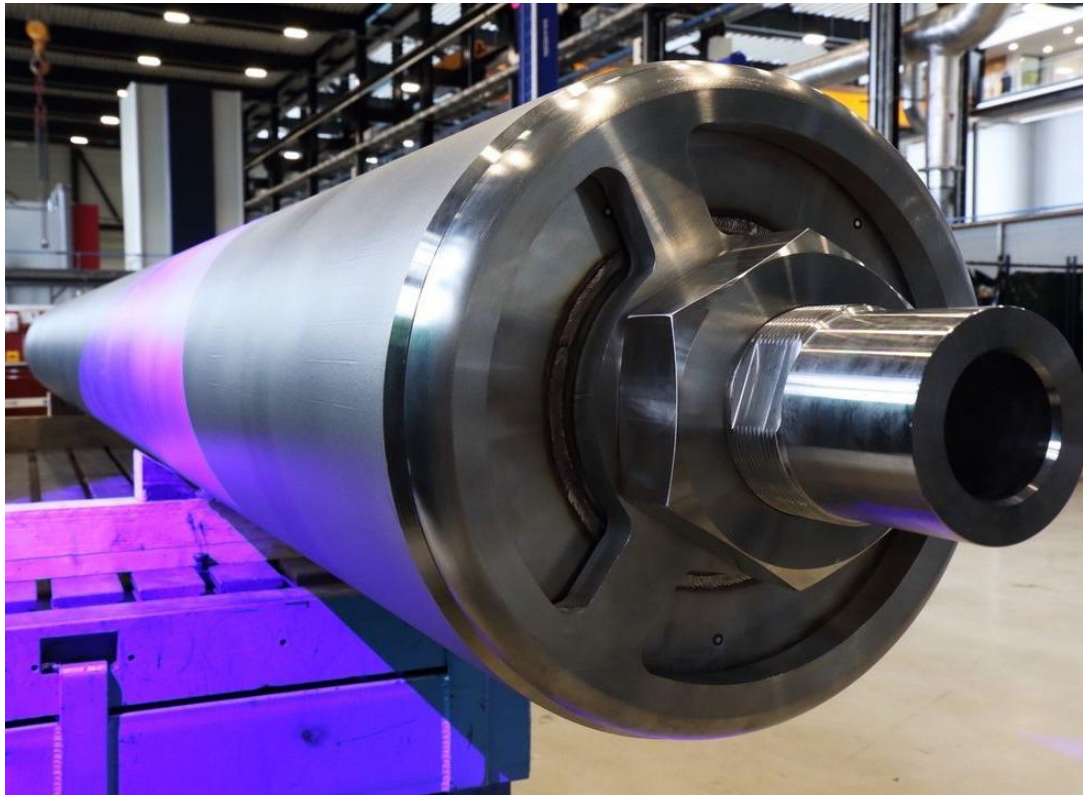


Uurimisel olev süvapuuraugu lahendus






SOIL
AQUIFER
BOREHOLE
VARIOUS ROCK LAYERS
CANISTERS
CEMENT
STEEL
CANISTER
BOREHOLE
WASTE DISPOSAL SECTION
~0.5 TO 2 MILES
© Deep Isolation
NOT TO SCALE



Teised keskkonnamõjud ja nende hindamine

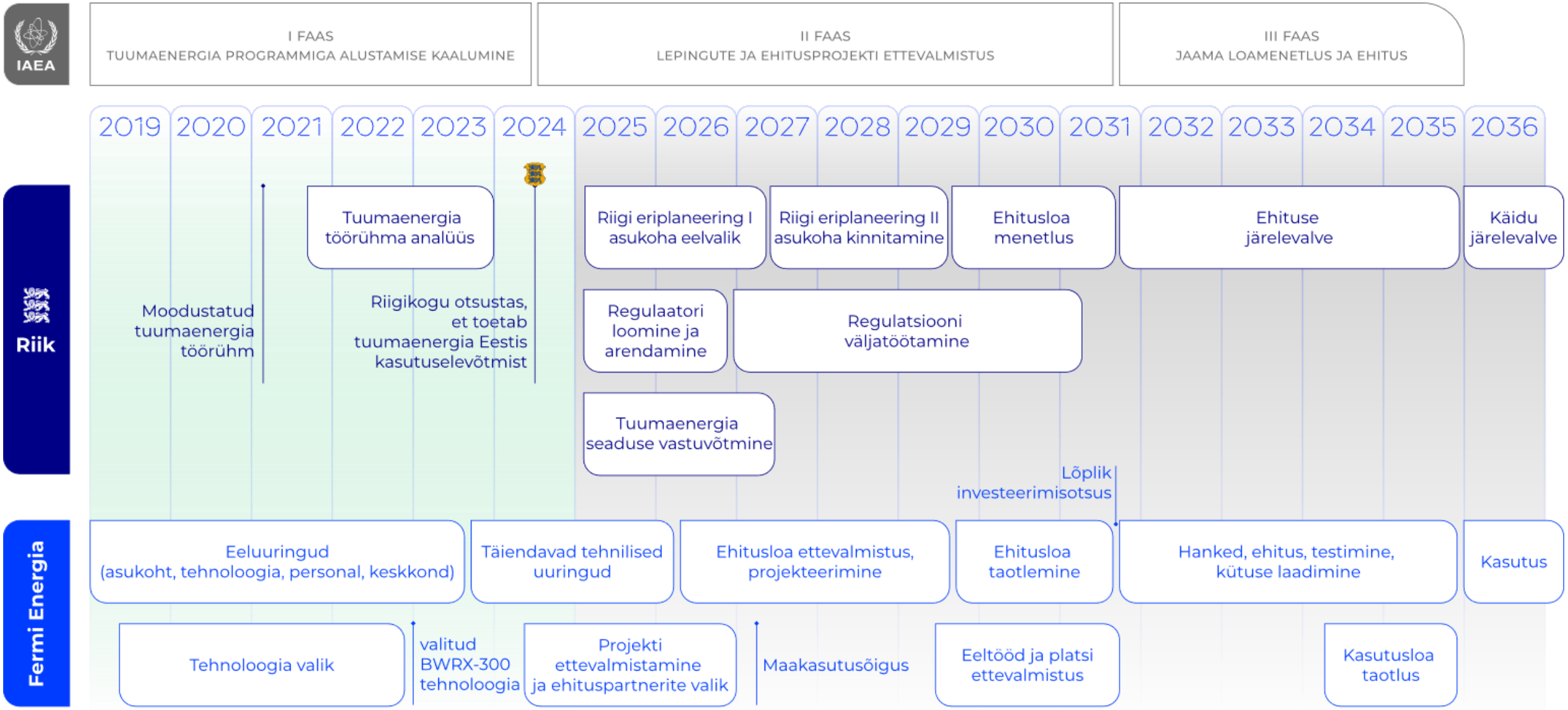
Riigi eriplaneeringu taotlus (REP)

14. jaanuar 2025 esitas Fermi Energia AS Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumile REP taotluse.

Taotlus avalikustati, et ka teised tuumaenergia arendajad saaksid soovi korral liituda (30 päeva aega liitumiseks). Ühtegi teist taotlust ei laekunud.

2025. aasta mais tegi Vabariigi Valitsus otsuse REP algatada.

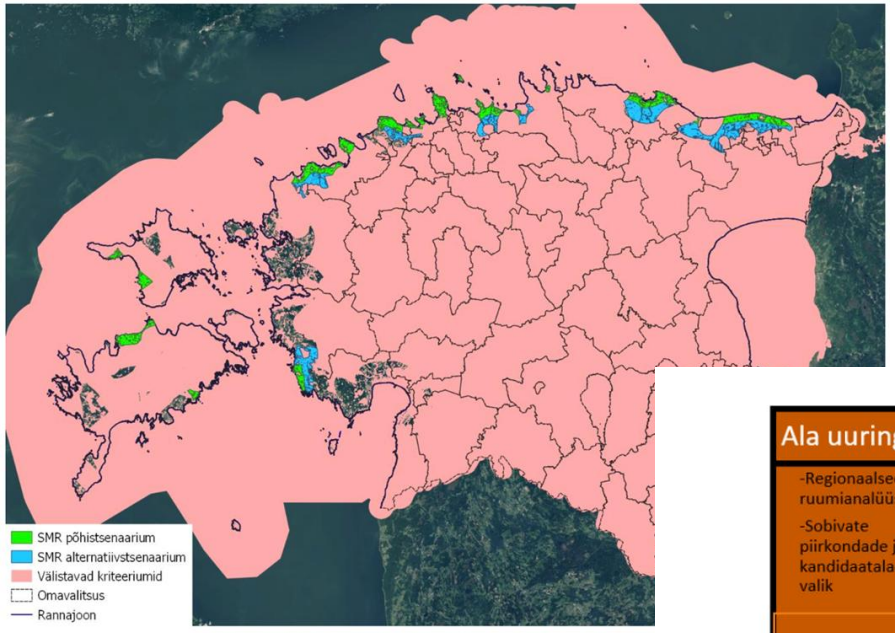
REP eesmärk on leida parim asukoht tuumajaamale.


IAEA
I FAAS
TUUMAENERGIA PROGRAMMIGA ALUSTAMISE KAALUMINE
II FAAS
LEPINGUTE JA EHITUSPROJEKTI ETTEVALMISTUS
III FAAS
JAAMA LOAMENETLUS JA EHITUS
2019
2020
2021
2022
2023
2024
2025
2026
2027
2028
2029
2030
2031
2032
2033
2034
2035
2036
Riik
Moodustatud tuumaenergia töörühm
Tuumaenergia töörühma analüüs
Riigikogu otsustas, et toetab tuumaenergia Eestis kasutuselevõtmist
Riigi eriplaneering I asukoha eelvalik
Riigi eriplaneering II asukoha kinnitamine
Ehitusloa menetlus
Ehituse järelevalve
Käidu järelevalve
Regulaatori loomine ja arendamine
Regulatsiooni väljatöötamine
Tuumaenergia seaduse vastuvõtmine
Lõplik investeerimisotsus
Fermi Energia
Eeluuringud (asukoht, tehnoloogia, personal, keskkond)
Täiendavad tehnilised uuringud
Ehitusloa ettevalmistus, projekteerimine
Ehitusloa taotlemine
Hanked, ehitus, testimine, kütuse laadimine
Kasutus
Tehnoloogia valik
valitud BWRX-300 tehnoloogia
Projekti ettevalmistamine ja ehituspartnerite valik
Maakasutusõigus
Eeltööd ja platsi ettevalmistus
Kasutusloa taotlus

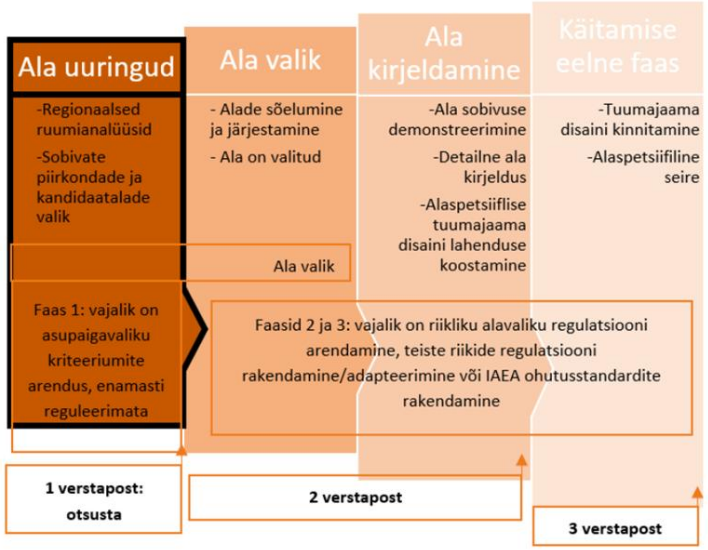
Riigi eriplaneeringu ala ettepanek

IAEA juhendid asukoha valikuks ja asukoha valiku protsess

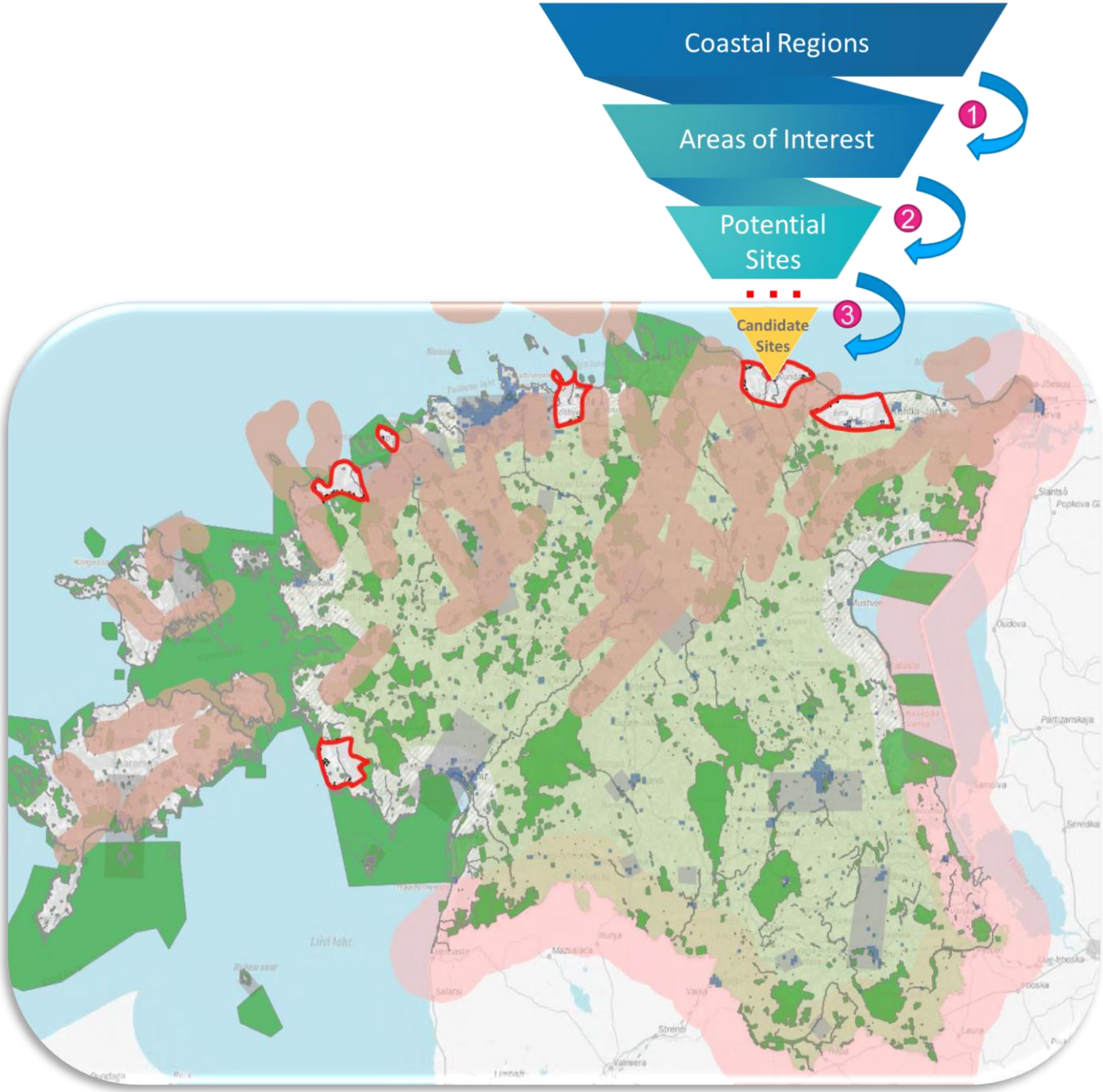
- SF-1 “Fundamental Safety Principles”
- GSG-13 “Functions and Processes of the Regulatory Body for Safety”
- SSG-16 (Rev. 1) “Establishing the Safety Infrastructure for a Nuclear Power Programme”
- NG-T-3.7 (Rev. 1) “Managing Siting Activities for Nuclear Power Plants”
- SSG-35 “Site Survey and Site Selection for Nuclear Installations”
- SSR-1 “Site Evaluation for Nuclear Installations”



Joonis 18. SMR asukoha ruumianalüüsi tulemused (Allikas: Skepast&Puhkim, Steiger)



Joonis 20. IAEA alade valiku etapid. Tumeda piirjoonega on toodud Eesti tuumajaama asukoha ruumilise planeerimise hetkeseis (alade eelvalik, ehk sobivate piirkondade valik) (Allikas: TET IAEA andmete põhjal)


Coastal Regions
Areas of Interest
Potential Sites
Candidate Sites
1
2
3

Asukoha valik

- Peamised hindamiskriteeriumid ja -tegevused asukoha valikul
  - **IAEA metoodika** - kompleksne võrdlev vaade asukohtade hindamiseks
  - **Riskianalüüs** - hinnatakse detailsemalt suurimaid riske, võimalikke välistavaid tegureid ja võimalikke tehnilisi lahendusi
  - **Finantsanalüüs** sh olulisemad eristavad kuluartiklid (võrguühendus, jahutus, vundament, logistika jne)

Kuue aasta jooksul on Fermi Energia teinud koostööd 32 partneriga, viies läbi 71 uuringut kogumaksumusega 1,4 miljonit euro.

HEALTH, SAFETY AND SECURITY FACTORS
Magnitude and frequency of natural external events
Human induced external events
Characteristics related to radiological impact
Security and safeguards
Essential supplies
Sum
ENGINEERING AND COST FACTORS
Suitability of water for cooling
Suitability of existing electricity infrastructure
Location of major load centres and selling price
Suitability of transport infrastructure
Technology considerations
Impact of existing facilities
Site development and construction costs
Multi-unit sites
Physical security and protection considerations
Stakeholder opinion
Regional regulatory and legal processes
Sum
SOCIO-ECONOMIC FACTORS
Future land use planning and sites ownership
Regional economy
Local society
Landscape
Noise
Sum
ENVIRONMENTAL CONSIDERATIONS
General eco-system characteristics
Aquatic ecology and marine impact
Sum

Fermi ala valiku kriteeriumite koond

Kandidaat alad

Viru Nigula vald
1. Letipea
2. Malla
3. Madala
4. Kunda savikarjäär

Lüganuse vald
5. Aa mets
6. Moldova
7. Aa rand
8. Aidu

Nõva vald
9. Keibu

Kuusalu vald
10. Loksa

Lääneranna vald
11. Varbla

Lääne-Harju vald
12. Paldiski

Ala valiku kriteeriumid

Tuuma ohutus ja julgeolek
- Ohutus
- Julgeolek

Projekt
- Maksumus (CAPEX, OPEX)
- Ehituse aeg
- Tehniline sobivus
- Asukoha sarnasus referentsjaamale

Keskkond ja sotsiaalne mõju
- Aktsepteeritav keskkonnamõju
- Regionaalne ja tööstuslik sobivus
- Sotsiaalne vastuvõtt

Peamised valdkonnad

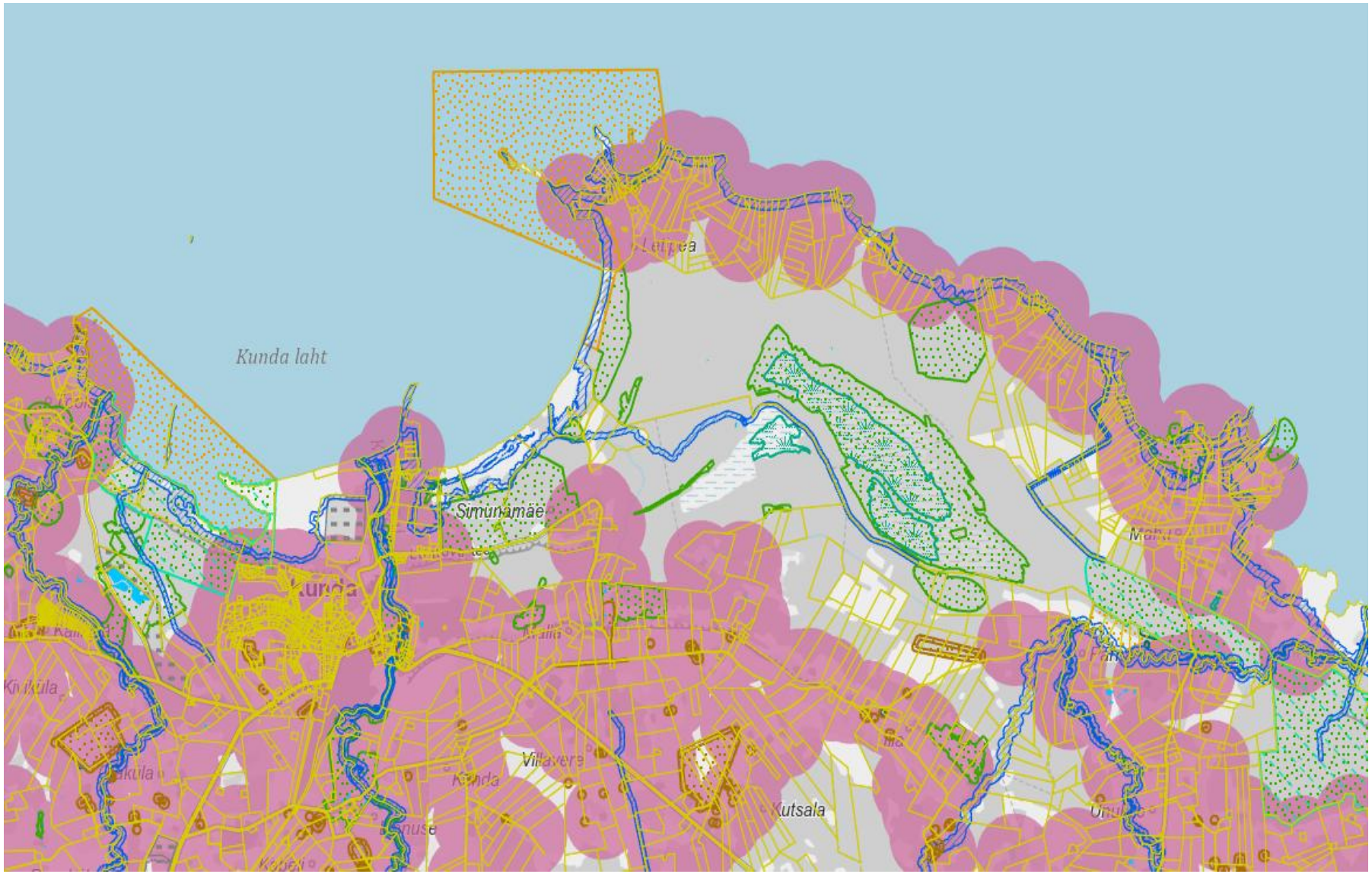
- Ohuala
- Geoloogia
- Välisohud
- Jahutuse ohutus
- Välised jõud (ohutus)
- Füüsiline julgeolek

- Geoloogia
- Asukoha ettevalmistus
- Pinnase täitmise lahendused
- Võrguühenduse lahendused
- Jahutusvee lahendused
- Logistika

- Kaitsealused liigid
- Populatsioon
- Müra
- Jahutusvee mõjud
- Kohalik vastuvõtt
- Majanduslik, tööstuslik ja sotsiaalne sobivus

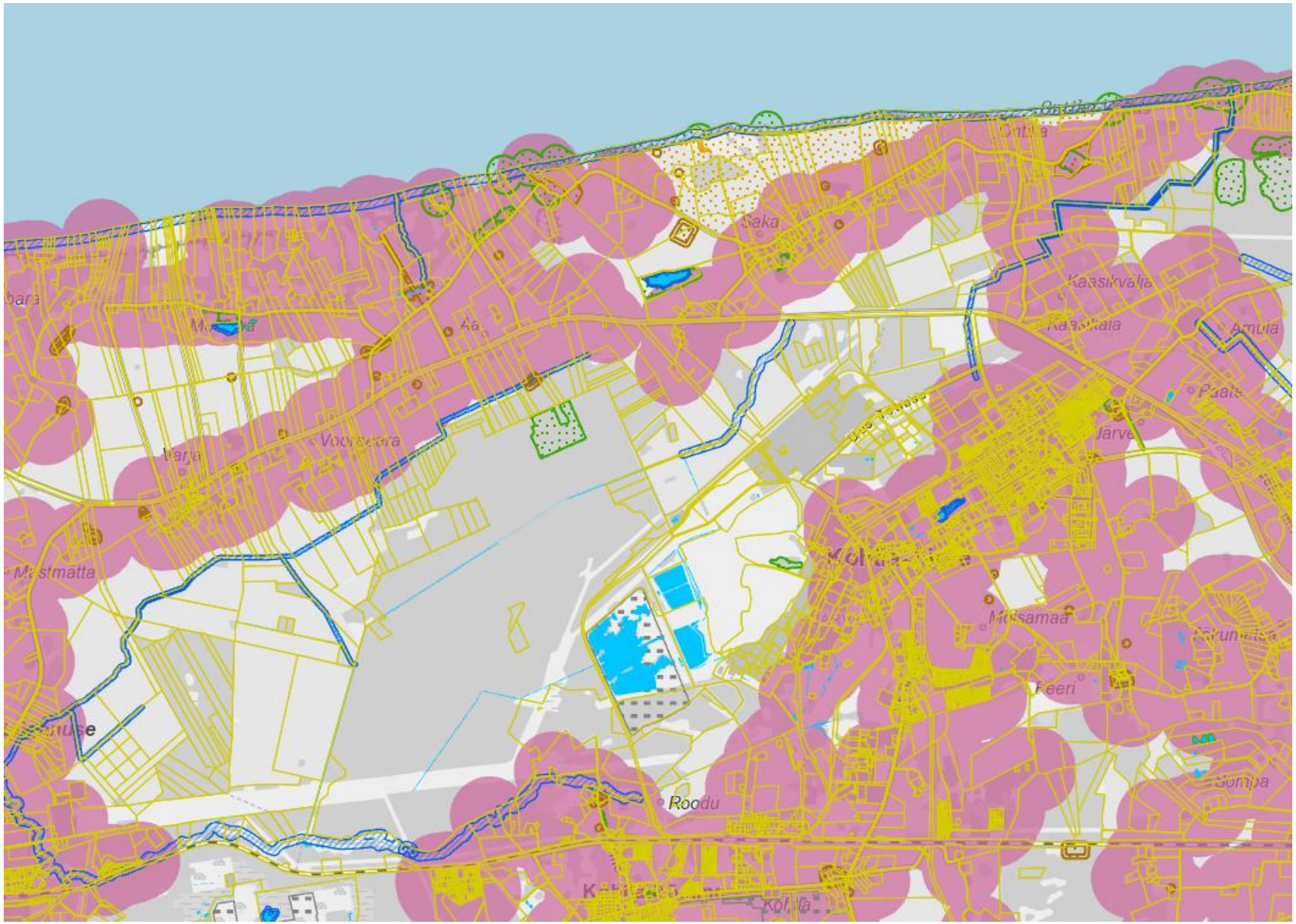
Asukoha piirangute kaardistamine GIS

Letipea



Asukoha piirangute kaardistamine GIS

Aa



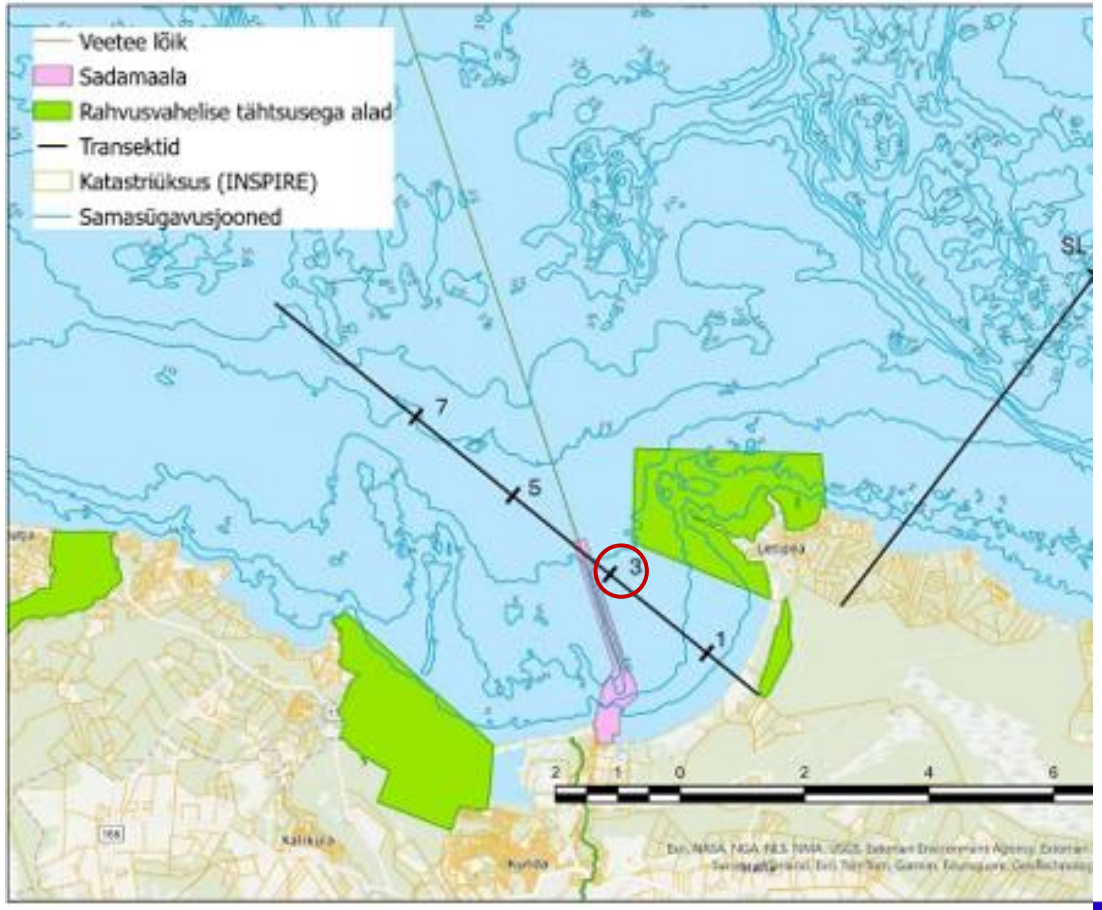
Jahutusvee mõju uuring

Arvutuses kasutatud stsenaariumid

1) Väljalaske kaugus rannajoonest: 2,5 km

2) Väljalaske vesi 10C soojem.

3) Vee vooluhulk: 26,4 m3/s (vastab kahele otsejahutusega reaktorile)



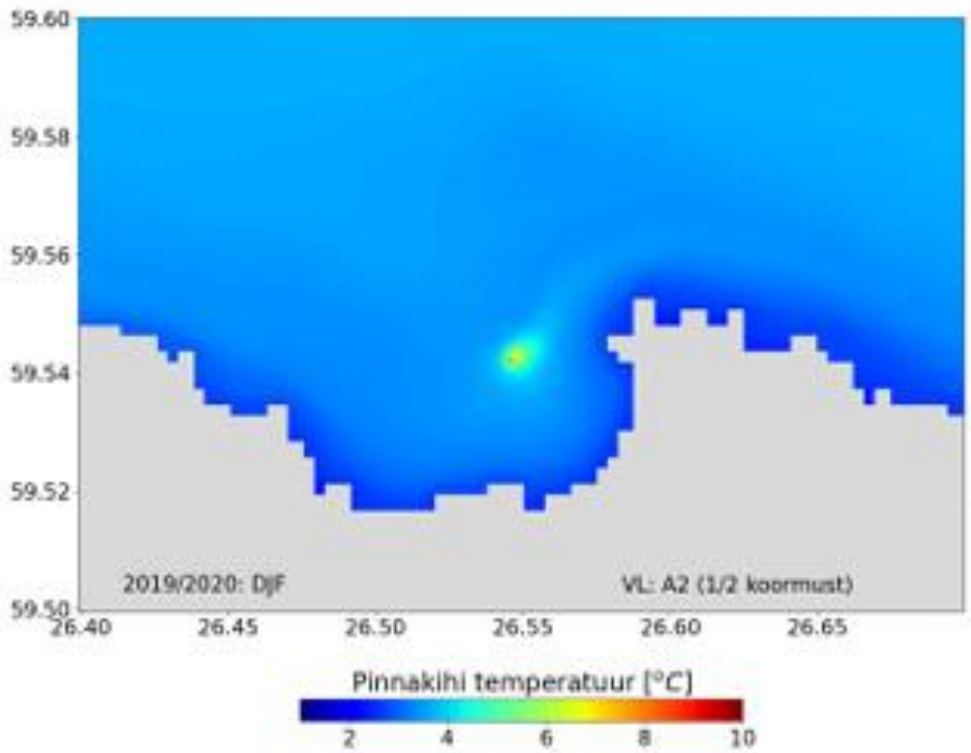
Keskmine pinnakihi temperatuur

Väljalaske punkt: 2,5 km rannikust

Talvekuud

3+ C kõrgem ala: 0.03 km^2

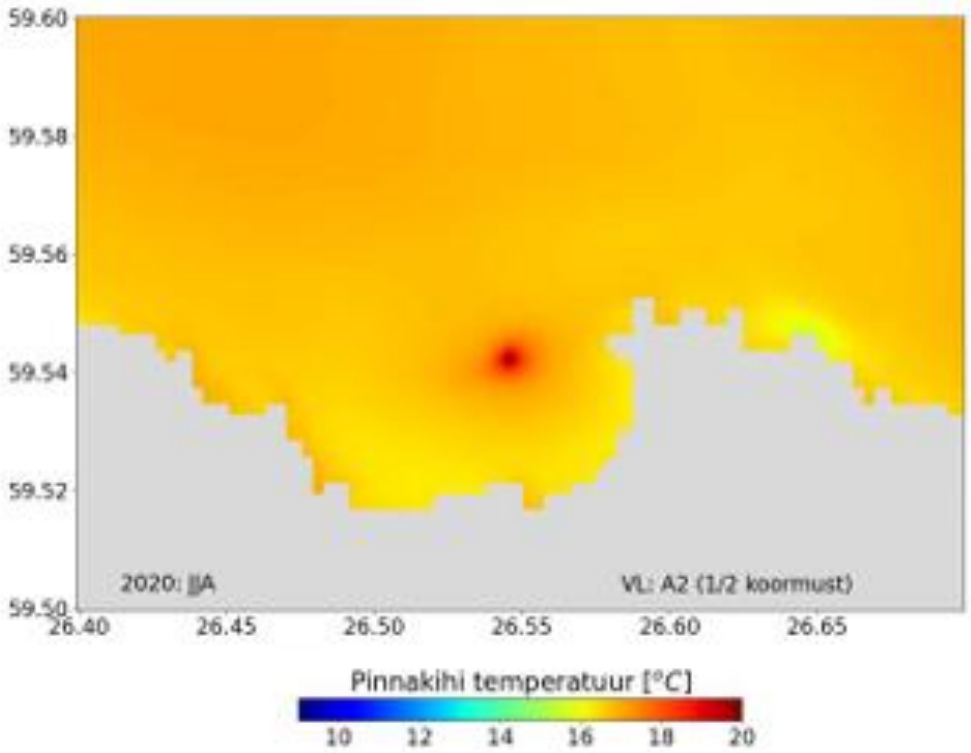
1+ C kõrgem ala: 0.32 km^2



Suvekuud

3+ C kõrgem ala: 0.01 km^2

1+ C kõrgem ala: 0.65 km^2



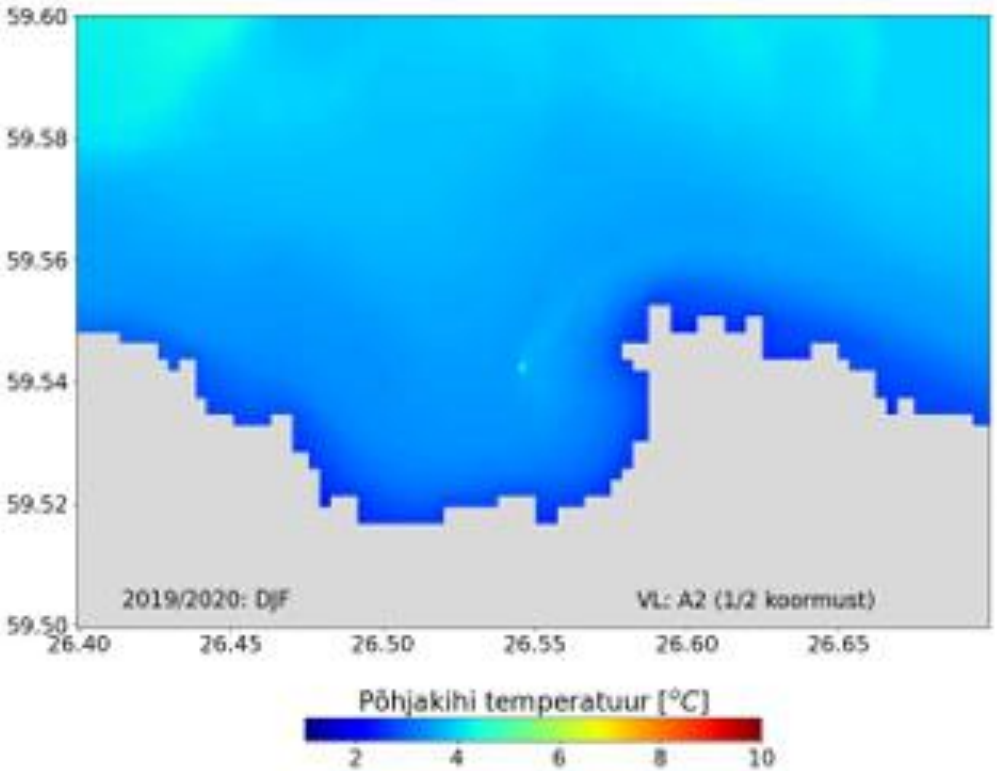
Keskmine põhjakihi temperatuur

Väljalaske punkt: 2,5 km rannikust

Talvekuud

3+ C kõrgem ala: 0 km^2

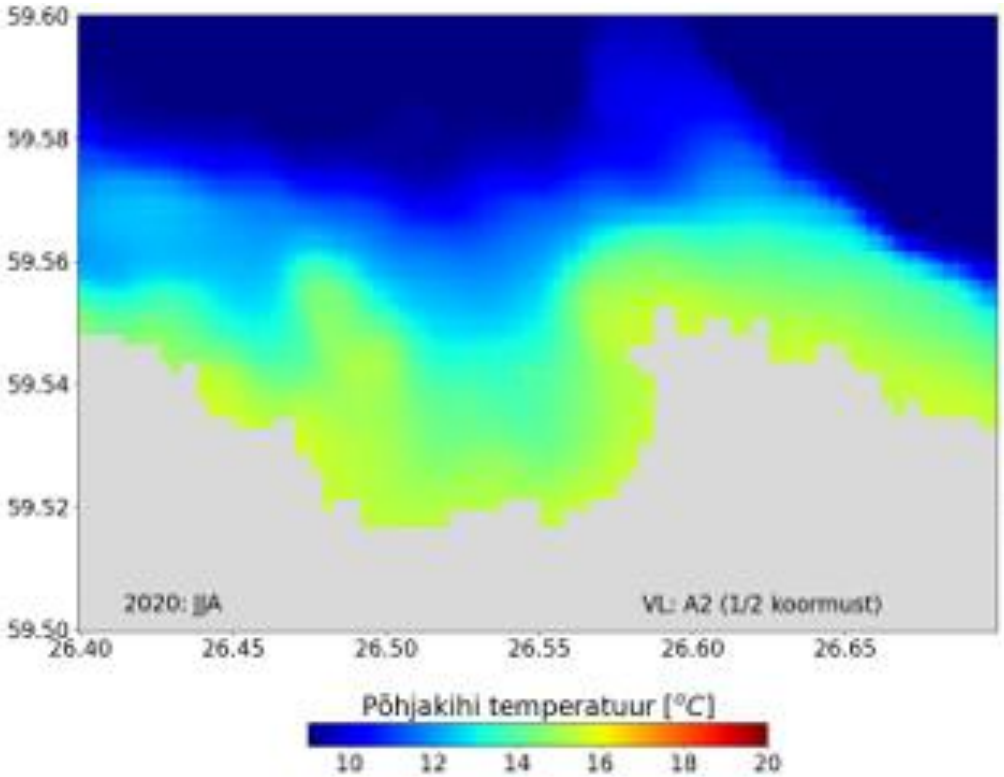
1+ C kõrgem ala: 0.01 km^2



Suvekuud

3+ C kõrgem ala: 0 km^2

1+ C kõrgem ala: 0 km^2



Keskkonnauuringute vajadus

Keskkonnamõjude hindamine

Option 3

Option 2

Option 1

Nuclear Power Impact Area \ Environmental Impact Theme	Air, water, soil	Emissions, noise and vibration	Land, landscape, cultural heritage	Ecosystems	Climate change	Public health, well-being and safety	Economy and society	Natural hazards
Main siting & techn. considerations								
Construction, operation, decomm.								
Nuclear fuel cycle								
Spent fuel & waste management								
Physical protection & security								
Emergency preparedness & response								
Physical infrastructure requirements								

Note: Options are likely to mean different locations and type/technology of a nuclear power plant.

FIG. 10. Scoping matrix.

Sotsiaalne vastutus ja jätkusuutlik areng

Kogukondade kaasamine

Infotunnid – teadlikkuse tõstmiseks oleme korraldanud üle 50 infotunni, kus on osalenud enam kui 500 inimest

Tuumajaamade külastused

Tutvumisreisid Soome ja Rootsi tuumajaamadesse

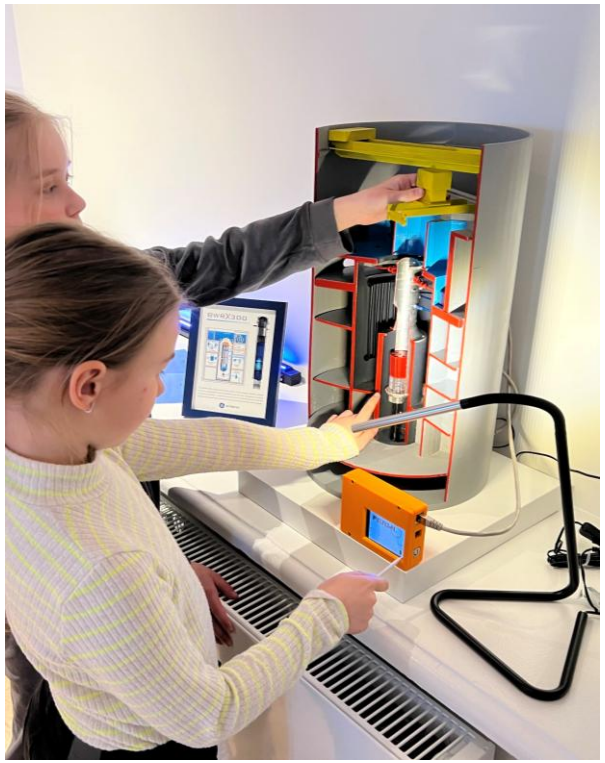
Eesmärk anda vahetu kogemus ja võimalus tutvuda piirkonna elu-oluga

Viimase kahe aasta jooksul on neist reisidest osa võtnud **150 Lüganuse ja Viru-Nigula valla elanikku**

Tuumaenergia infotuba

Lisainfo ja registreerimine:
Liis Krigul
liis.krigul@fermi.ee
56 257 8979

- Aatomiku teabetuba Kunda tsemendimuuseumis ootab huvilisi ja kooligruppe – **põnevat avastamist jagub kõigile!**
- Infotuba on **külastanud üle 1000 energeetikahuvilise üle Eesti**, kellest kõige aktiivsemad külastajad on olnud kooligrupid ning töökollektiivid.



Aitäh! Küsimused?