

# SOOJUSE TOOTMINE VÄIKESTE MOODULREAKTORITEGA

Allan Vrager  
soojusenergeetikainsener  
Fermi Energia OÜ

**FERMI.**





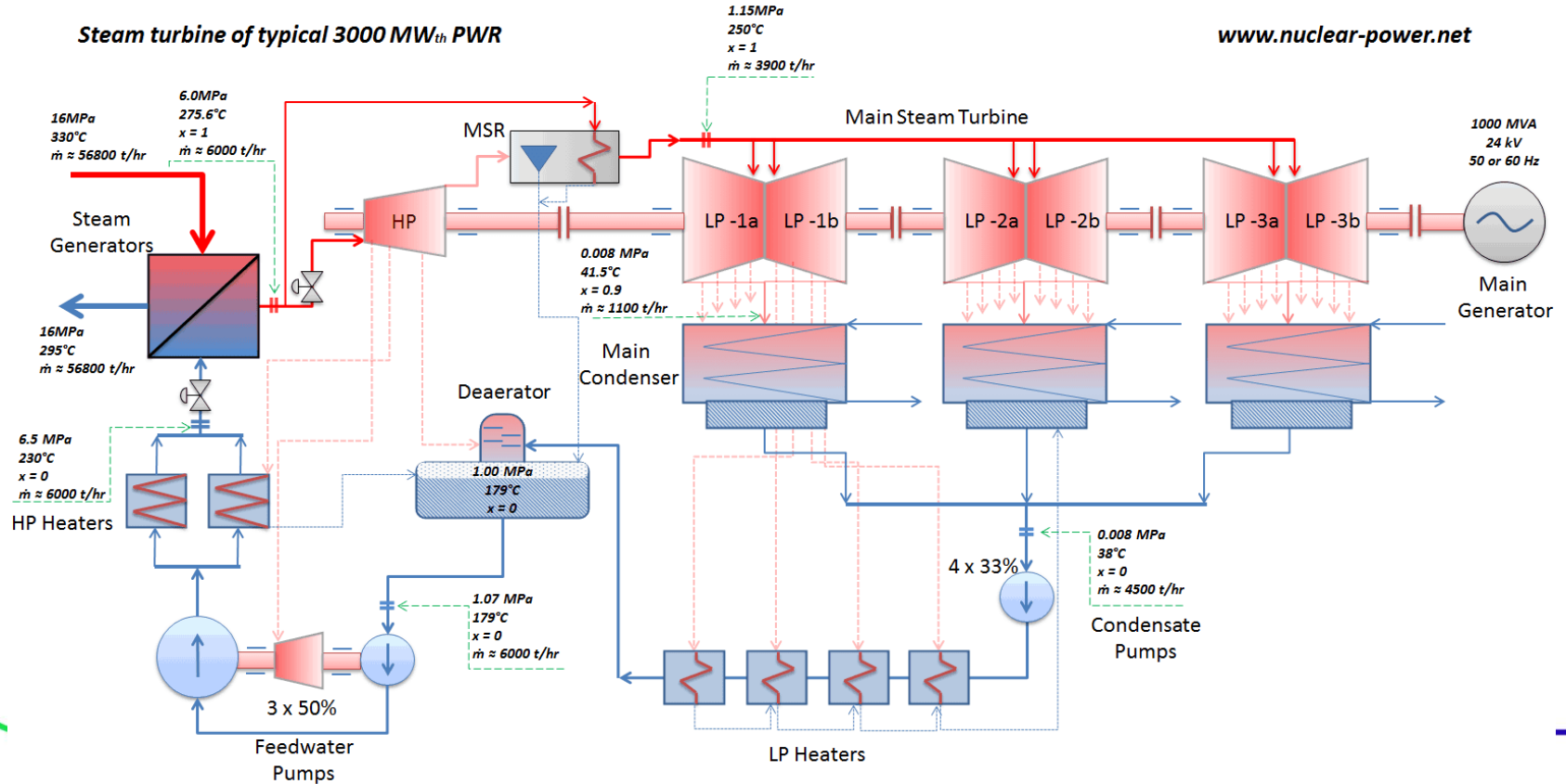
## Küttesoojuse tootmine soojuselektrijaamas

- Elektri tootmise korral saab moodsas soojuselektrijaamas sõltuvalt auru temperatuurist ja rõhust elektrienergiat kuni 48 % ulatuses kogu soojusallika (katel, tuumareaktor) poolt genereeritud soojusest.
- Ülejäänud soojus (madala temperatuuriga  $\sim 20^{\circ}\text{C}$ ) antakse ümbritsevasse keskkonda (veekogu või õhk).
- Soojus kaugküttesse võetakse turbiini auru vaheltvõttudest võetud aurult.

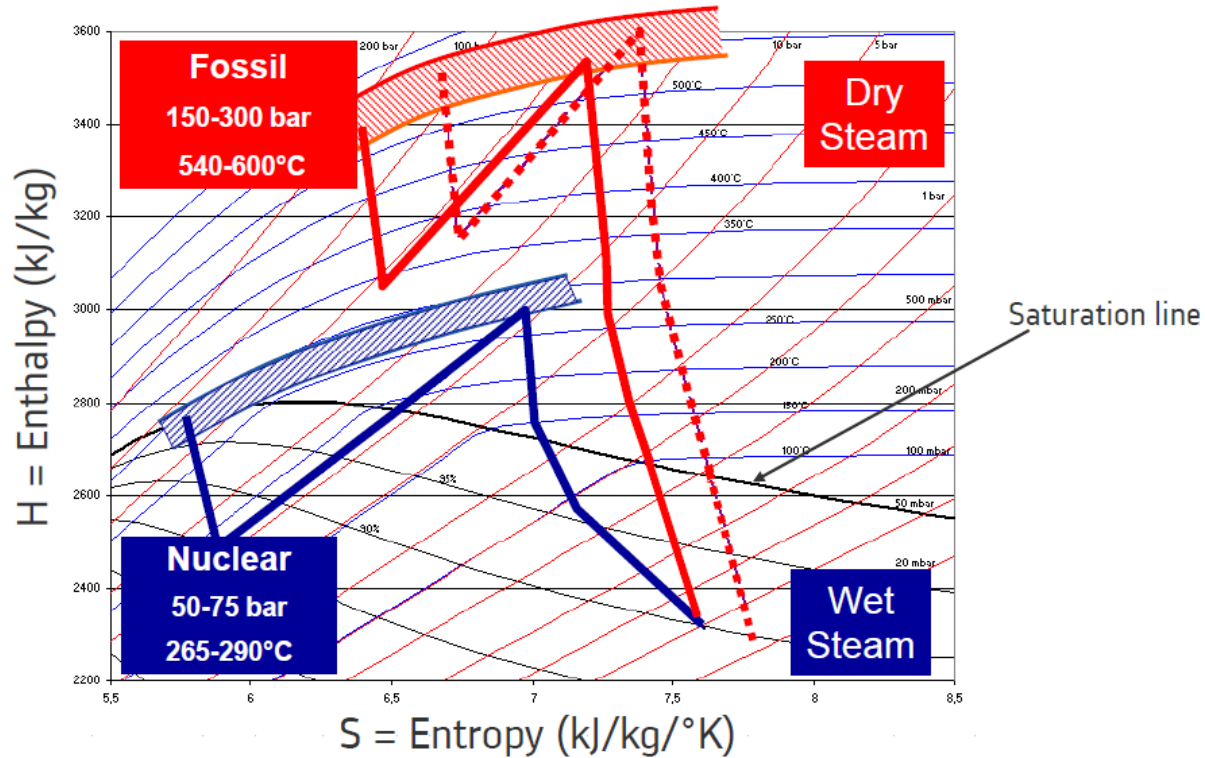
# Tuumajaama auru ja vee skeem

Steam turbine of typical 3000 MW<sub>th</sub> PWR

[www.nuclear-power.net](http://www.nuclear-power.net)



# Turbiini protsess





- Soojust kasutatakse rohkem ära kui ainult elektri tootmise korral.
- Väheneb elektrijaama elektritoodang, aga 3 kuni 7 korda vähem võrreldes küttesüsteemi antud soojusega (sõltub turbiini siseneva auru temperatuurist ja rõhust ning küttevõrgu vee temperatuurist).
- Soojus transporditakse tarbijale torujuhtme kaudu, aga võimalik on kasutada ka veetransporti.
- Rakendamise otstarbekus sõltub kaugusest ja tarbimiskogustest. Tarbijad võivad asuda mitmekümne kilomeetri kaugusel.



## Kaugkütte kasutamine tuumareaktorite korral

Suurim kasutaja Venemaa (3,17 TWh 2005), lisaks on kasutusel veel Ukrainas, Tšehhis, Slovakkias, Ungaris, Bulgaarias ja Šveitsis.

Rootsis, Stockholmi eeslinnas Farstas töötas Ågesta tuumareaktor (12 MW elektrit ja 80 MW soojust) 1964-1974, mis küttis sealset asumit. Aeglustiks raske vesi ja kütuseks looduslik uraan.

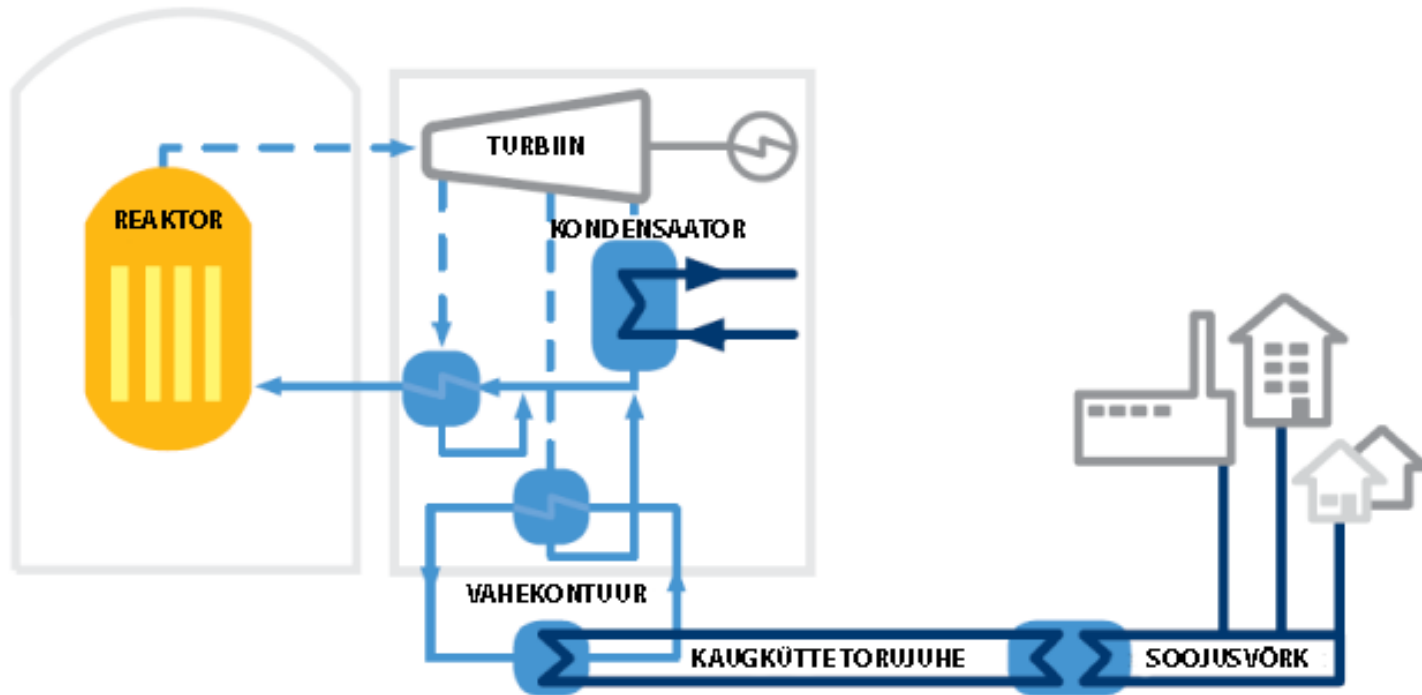


Holger Ellgaard

**FERMI.**

## Tuumajaama skeem (keevaveereaktor BWR)

BWRX-300 korral turbiini ees rõhk ~6,8MPa ja temperatuur ~285°C





- Soomlased kaalusid Loviisa tuumajaamas toodetud soojuse kasutamist Helsingi kütteks.
- Arendamisel on ka ainult spetsiaalselt kaugkütteks mõeldud reaktorid.
- Tuumajaamas toodetava soojuse hind on konkurentsivõimeline enamikel juhtudel.
- Toodetav soojus on turvaline tarbijale ja ümbritsevale keskkonnale.
- 1 GWh kaugküttesoojuse tootmisel maagaasi asemel jääb atmosfääri heitmata 200 tonni CO<sub>2</sub>.







## Kaugküte Eestis

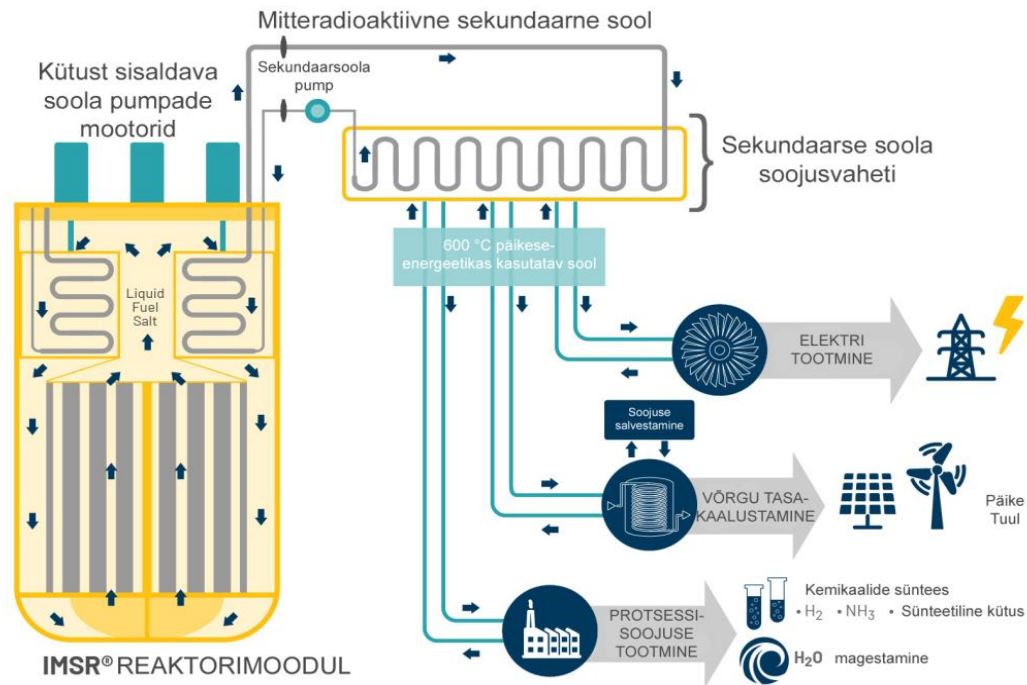
- Fermi Energia on uurinud väikeste moodulreaktoritega kaugkütte tootmise võimalusi Eestis.
- Eestis on 230 kaugküttepiirkonda.
- 70% kütmiseks tarbitavast soojusest ehk 4400 GWh kasutati 2018. aastal kaugküttes.
- 2019. aastal toodeti 51,5% kaugüttesoojusest biomassist ja 21,2% maagaasist.
- Konkurentsiameti poolt kooskõlastatud soojuse piirhinnad on vahemikus 35,33 €/MWh Narvas ja 86,96 €/MWh Harkus ilma käibemaksuta. Kundas 62,34 €/MWh, aastane tarbimine 14,8 GWh ja Rakveres 65,56 €/MWh ning 42 GWh/a .



## Tööstusaur

- Kui tööstuses on vaja 100°C suuremaid temperatuure, saab kasutada auru.
- Moodsate torude kasutamise korral on auru võimalik transportida mitmete kilomeetrite kaugusele.
- Sarnaselt kaugküttele võetakse energia auruna turbiini vaheltvõttudest, suunatakse soojusvahetisse ning alles selles soojusvahetis toodetud värske aur (ei puutu kokku radioaktiivsusega) suunatakse tarbijale.
- Väheneb elektri tootmine, aga energia kasutus suureneb (sarnane kaugküttega).
- Toodetud auru hind on konkurentsivõimeline muudest allikatest toodetud auruga (maagaas, biokütus jm.)

# Tuleviku tuumajaamad



Terrestrial IMSR reaktoriga elektrijaama põhimõtteline skeem koos genereeritava soojuste kasutusvõimalustega



## Väikesed reaktorid erinevatele tarbijatele

Soojust saab toota koos elektriga kasutades auru turbiini vaheltvõttudest, aga ka eraldi soojuse tootmiseks ehitatud reaktoritega.

Arendamisel on väikeseid reaktoreid alates mõnest MW. Ehitatakse maa alla ja vajavad väga vähe hooldust ja personali. Ühe kütuse laadimisega suudavad töötada järjest isegi 20 aastat.



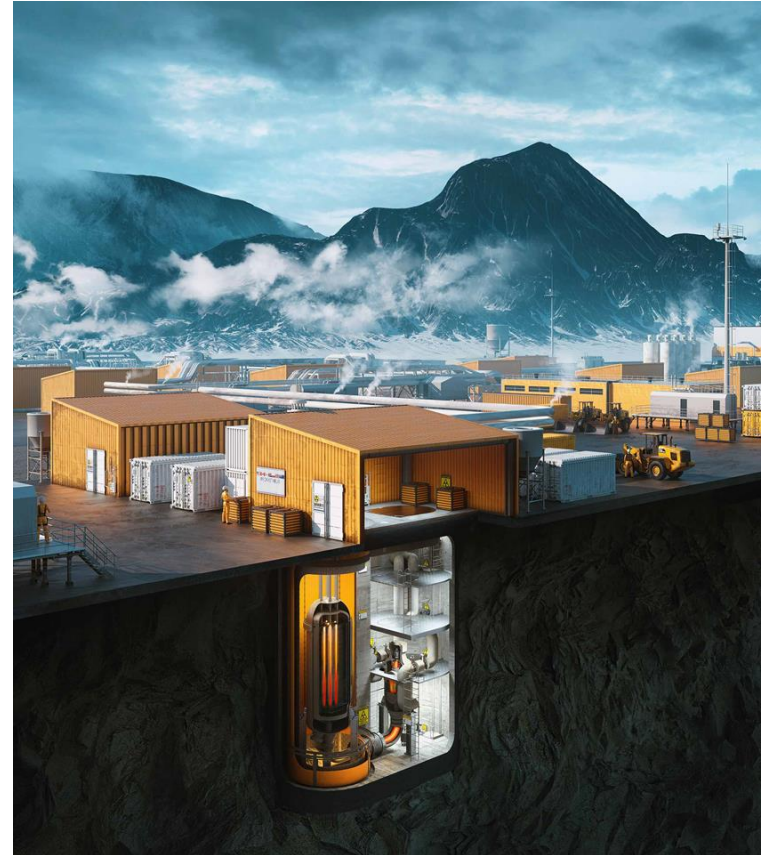


# Ultra Safe Nuclear Corporation



 ULTRA SAFE NUCLEAR

**RELIABLE ENERGY ANYWHERE**



USNC 15 MW soojust

**FERMI.**

## Aurora reaktor, valmistaja Oklo Inc.



- 1,5 MW elektrit, asub maa all ja soojus eemaldatakse reaktorist soojustorudega. Reaktor hooldusvaba, puuduvad liikuvad osad, ühe kütuse laadimisega töötab reaktor aastakümneid, ei vaja avariijahutust, avarielektritoidet ega reaktori operaatoreid.