

# Vedelkütuste tootmine põlevkivist

Andres Anijalg  
Arendusprojektide juht  
Äriarenduse osakond  
Eesti Energia AS

## Mida hakata peale põlevkiviga?



Ühest tonnist Eesti  
põlevkivist saab

**Õli**



125 kg põlevkiviõli (40 MJ/kg)  
35 Nm<sup>3</sup> uttegaasi (47 MJ/m<sup>3</sup>)



või



**Elekter**



850 kWh elektrit

---

# Millest räägime

## 1. Põlevkiviressurss ja selle kasutamine maailmas

- Põlevkivi levik maailmas
- Põlevkiviõli kui võimalik alternatiiv naftale
- Põlevkivitööstusest Eestis ja maailmas

## 2. Õlitootmise tehnoloogiast

- Erinevad utmistehnoloogiad ja nende eripärad
  - Maa-alune utmine (in situ)
  - Maapealne utmine (above ground)
- Eesti Energia Enefit tehnoloogia ja selle eelised

## 3. Vedelkütuste tootmise perspektiivid Eestis ja rahvusvaheliselt

- Eesti õlitööstuse laiendus
- Rahvusvahelised arendused

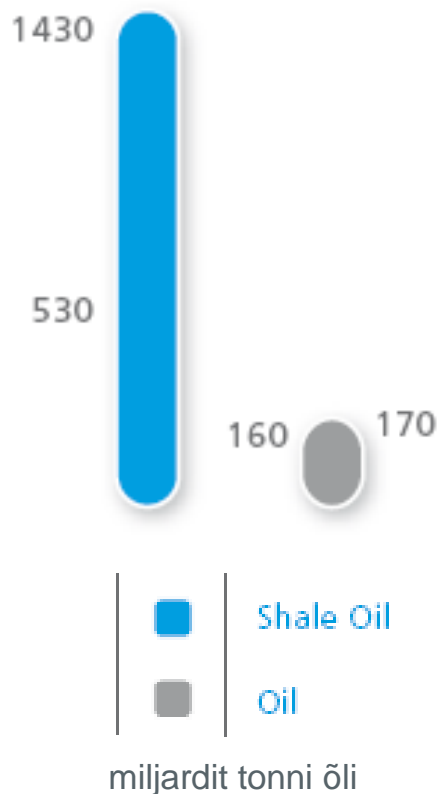


---

---

# 1. Põlevkiviressurss ja selle kasutamine maailmas

## Miks rääkida põlevkiviõlist?



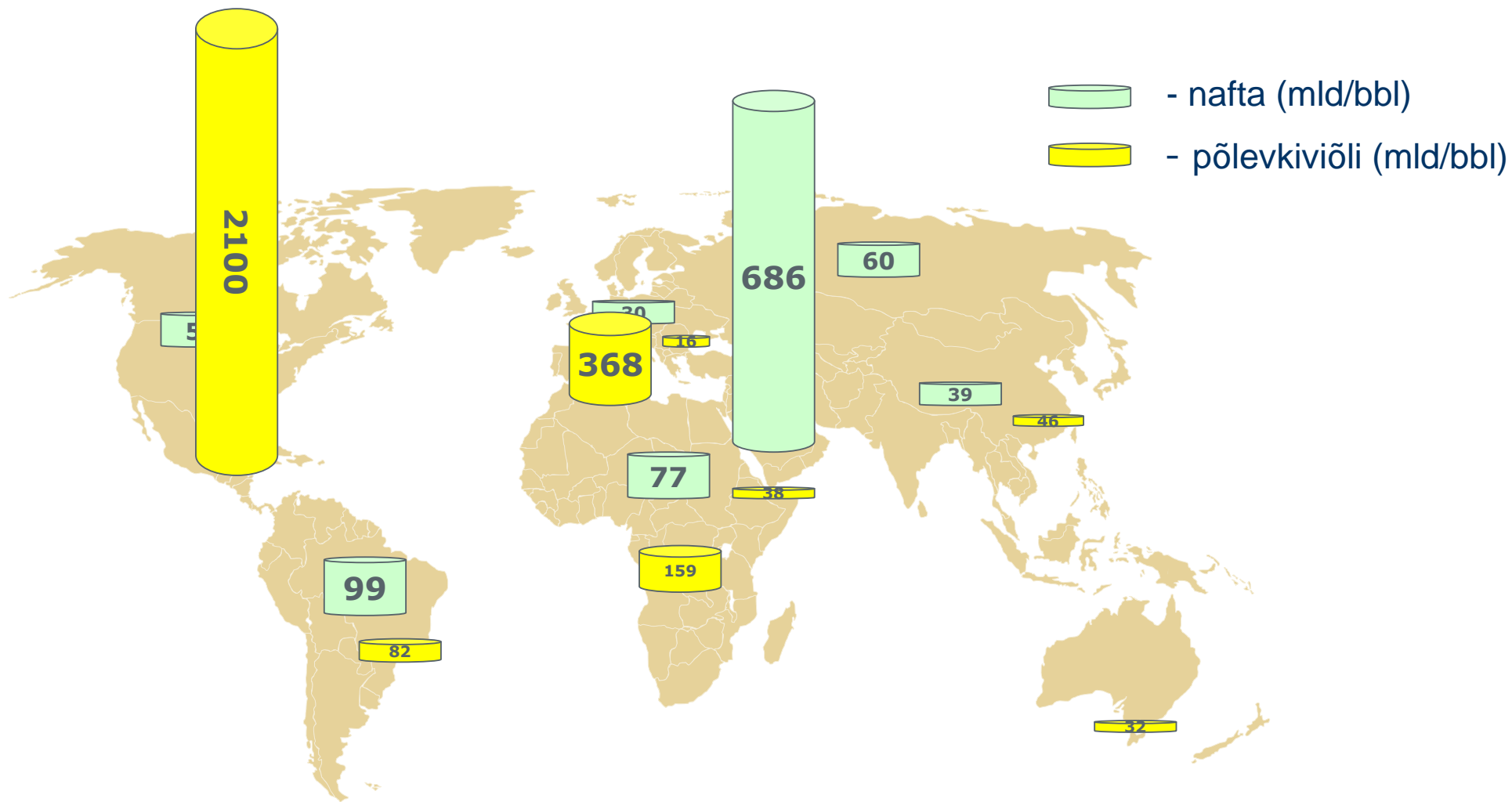
Põlevkivis peituva õli kogust hinnatakse **3-9** korda suuremaks tavanafta tõestatud varudest.

Kui elektrienergia tootmiseks on lisaks fossiilsetele kütustele tuumaelektri alternatiiv, siis sarnane alternatiiv puudub vedelkütuste puhul.

See on ka põhjuseks, miks põlevkiviõli kasutuselevõttu uurivad aktiivselt maailma suurimad naftakontsernid – Shell, ExxonMobil, Chevron, Petrobras, Petrochina etc...

See on ka põhjuseks, miks Eesti Energia on võtnud strateegilise suuna põlevkiviõlitööstuse arendamiseks.

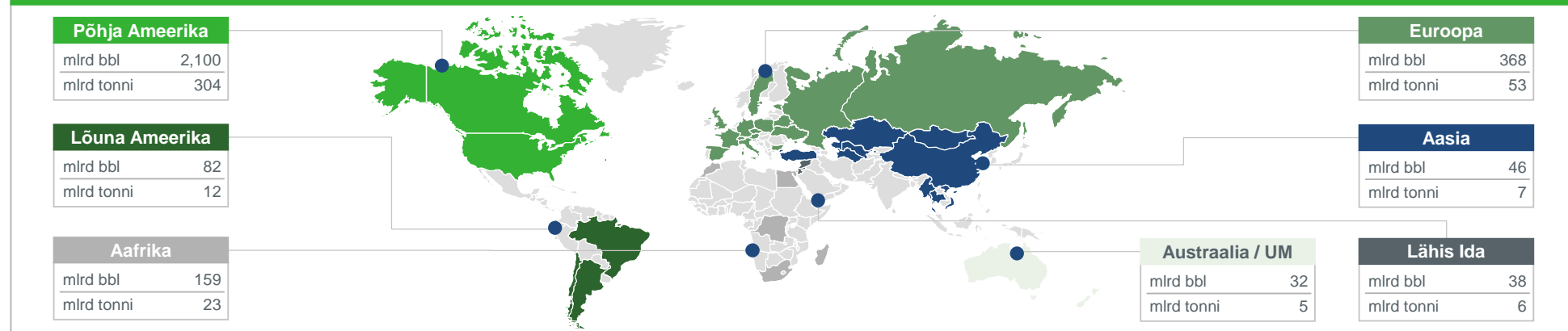
# Maailma põlevkiviressurss - nafta vs põlevkiviõli



# Maailma põlevkiviressurss – suurimad põlevkiviriigid

Suurim põlevkivimaardla paikneb USA-s – ületab ca 3 korda Saudi Araabia naftavarusid

## Maailma põlevkiviõli varud



Maailmas on teada rohkem kui 600 põlevkivimaardlat.

Suurim ressurss paikneb USA-s

Hiinlased väidavad olevat avastamas veelgi suuremat maardlat (Junggar) kui USA varud kokku.

## Põlevkiviressurss riikide lõikes

Riik	Varud (bbl)
USA	2,085
Russia	248
Congo	100
Brazil	82
Italy	73
Morocco	53
<b>Jordan</b>	<b>34</b>
Australia	32
China	16
<b>Estonia</b>	<b>16</b>

Allikas: World Energy Council (2007)

# Põlevkivitööstused maailmas

*Hetkel toodetakse tööstuslikult põlevkiviõli ainult kolmes riigis maailmas – Eesti, Brasiilia, Hiina*

- Eesti (est. 1920)
- Hiina (est. 1930/1989)
- Brasiila (est.1991)

Austraalia (1996-2004)

Väiksemamahulisi elektrijaamu ja katseseadmeid paikneb ka teistes riikides (Iisrael, USA, Hiina)





# Eesti

*Eestis kaevandatakse põlevkivi ca 15 milj tonni aastas, millest õli tootmiseks läheb ca 3.5 milj tonni Eestis on hetkel kolm põlevkiviõli tootjat, kes toodavad kokku ca 450 000 tonni põlevkiviõli aastas*



- õli – 220 000 t aastas
- töötajaid ca 1300



- õli – 160 000 t aastas
- töötajaid ca 200 (ainult õlitehas)



- õli – max 65 000 t aastas
- töötajaid ca 700

# Brasiilia

*Brasiilias kaevandatakse põlevkivi ca 2.5 milj tonni aastas, millest 100% läheb õli tootmiseks*



Brasiilia ja üks maailma suurimaid naftakontserne Petrobras omab ja opereerib Sao Mateuse maardlas põlevkiviõli tehast,

- mis kasutab utmisel neile kuuluvat PetroSix tehnoloogiat
- kus toodetakse ca 200 000 tonni õli aastas

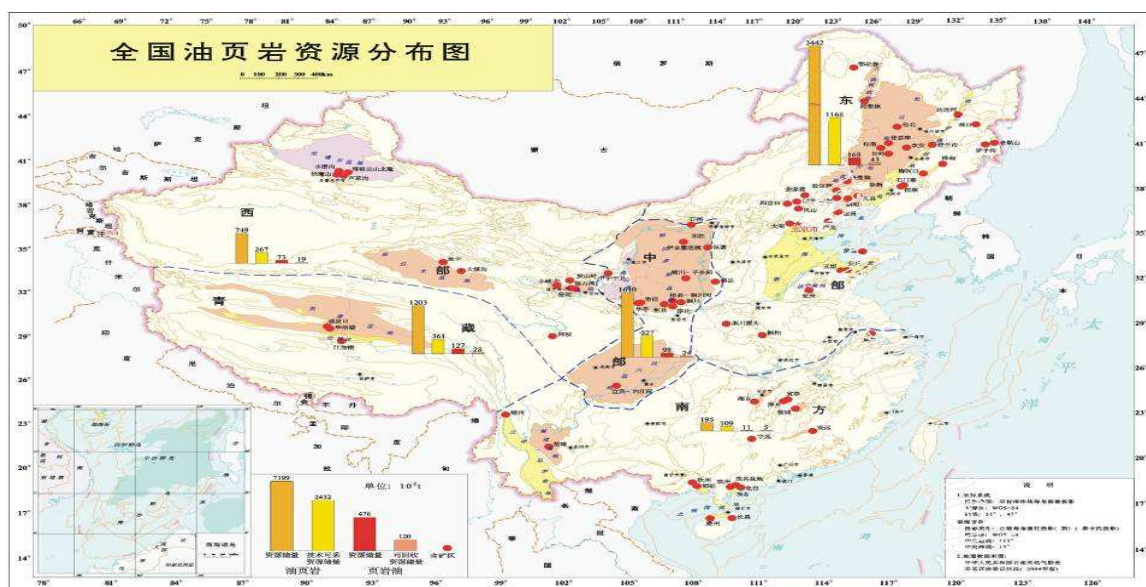
Petrobras arendab aktiivselt ka välisprojekte omades ressursiõigusi põlevkivile nii USA-s, Marokos kui ka Jordaania



# Hiina

Hiinas kaevandatakse põlevkivi ca 6 milj tonni aastas, millest 5.5 milj tonni läheb õli tootmiseks

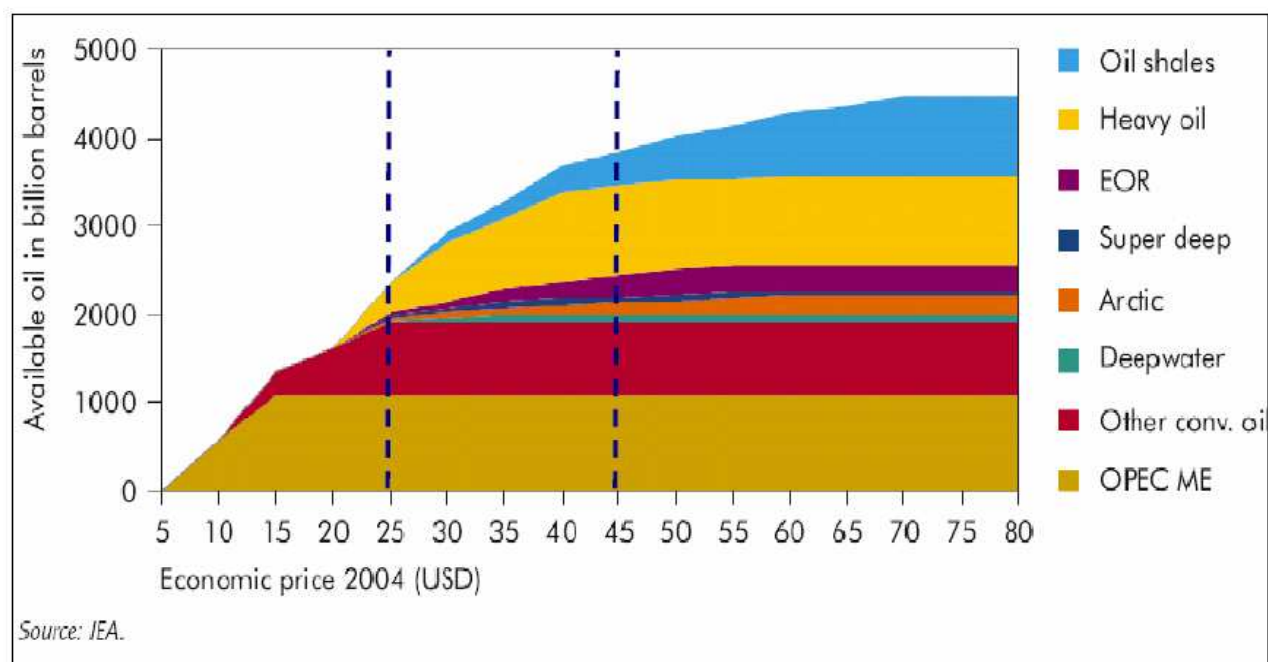
- Hiinas toodetakse põlevkiviõli neljas tehases: Fushun, Huadian, Wangqing, Longkou
- Suurim on Fushun, kus toodetakse ca 300 000 tonni õli aastas
- Peaasjalikult kasutatakse primitiivset aga töökindlat Fushun tüüpi retorte
- Hiina planeerib põlevkiviõli tööstuse olulist suurendamist lähiaastatel
- Põlevkivi on peamiselt söekaevandamise jääkprodukt



# Miks eksisteerib tööstus ainult kolmes riigis?

Peamine põhjus – nafta hind!

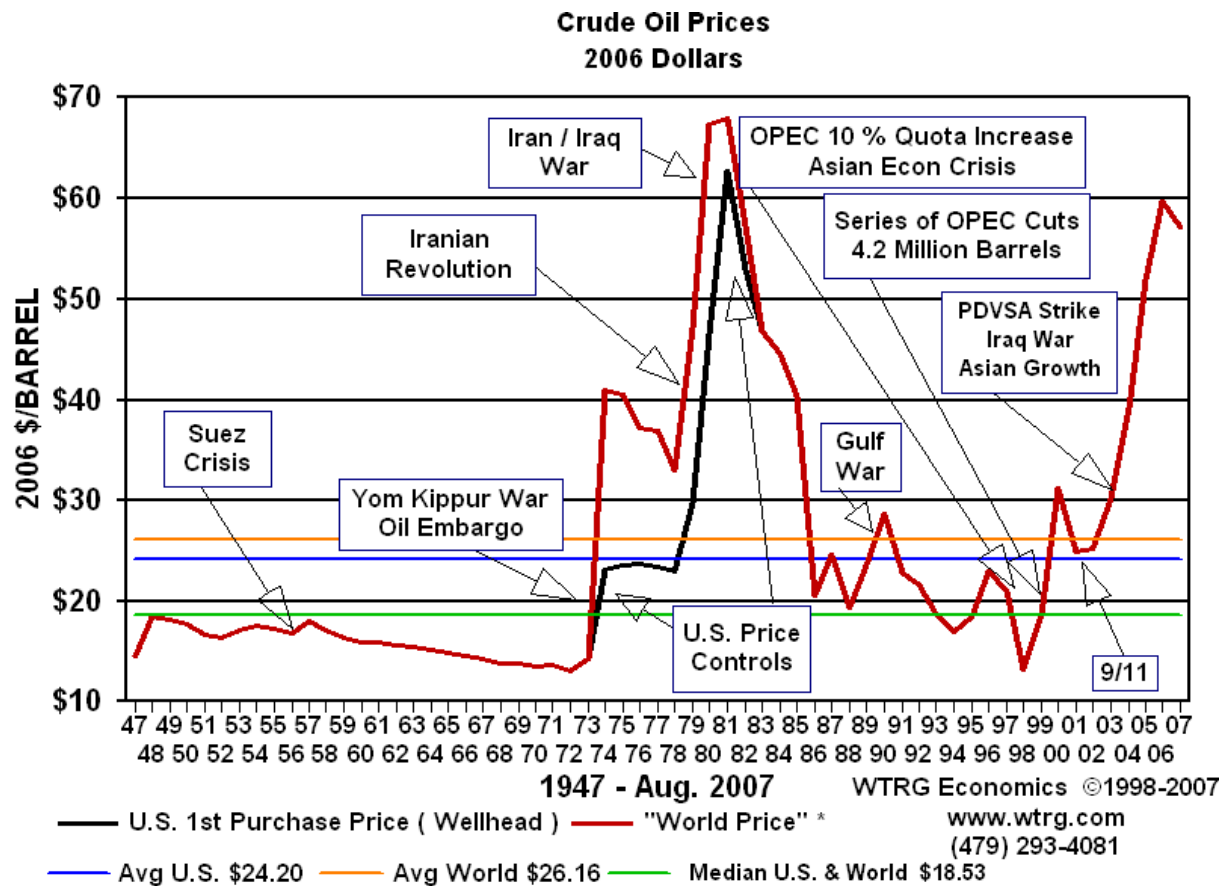
International Energy Agency analüüs näitab, et nafta 30 \$/bbl hinnataseme juures muutub põlevkivist õli tootmine atraktiivseks



45 \$/bbl nafta hinnataseme juures võiks põlevkivist toota 800 mld barrelit õli, mis kataks maailma 25 aastase nafta vajaduse

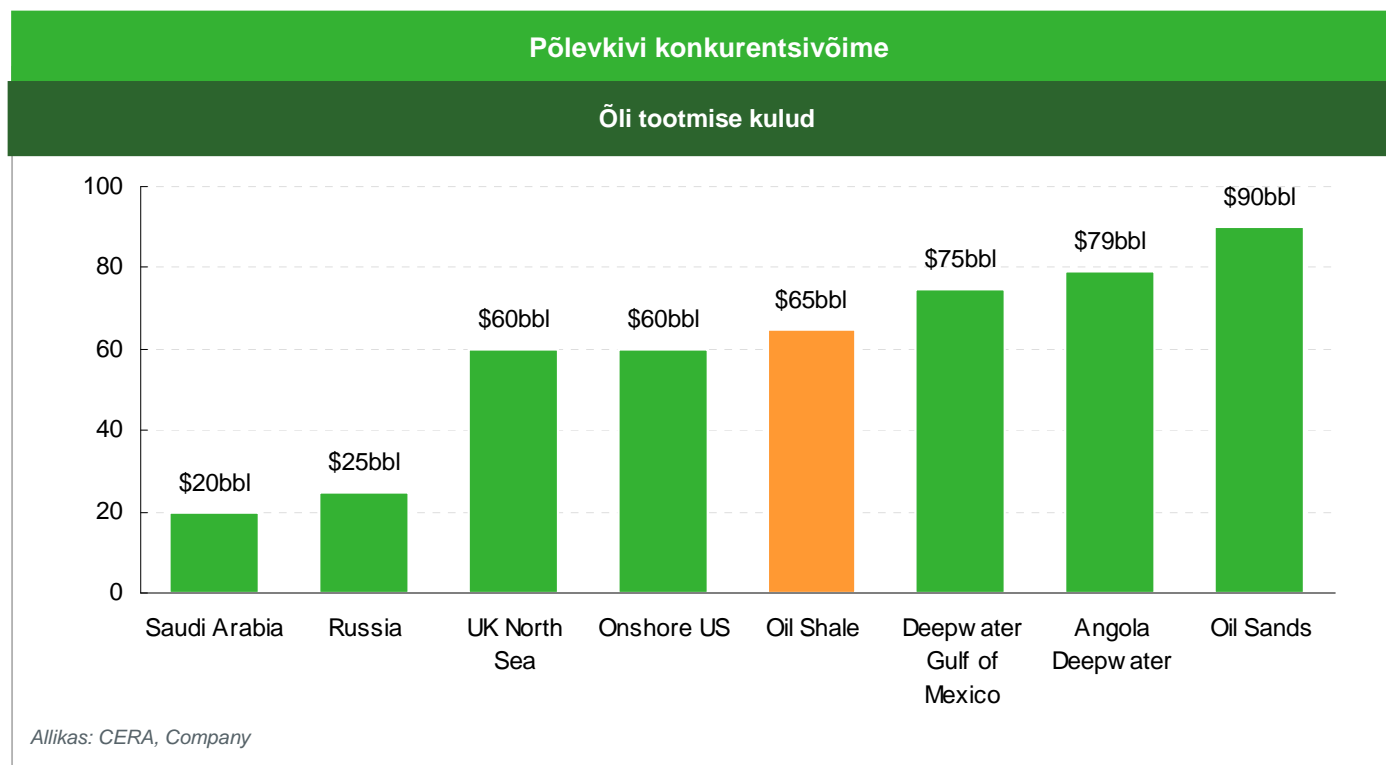
# Tööstuse teke sõltub nafta hinnast

Nafta hinna liikumine on põlevkivitööstuse tekke korduvalt nurjanud



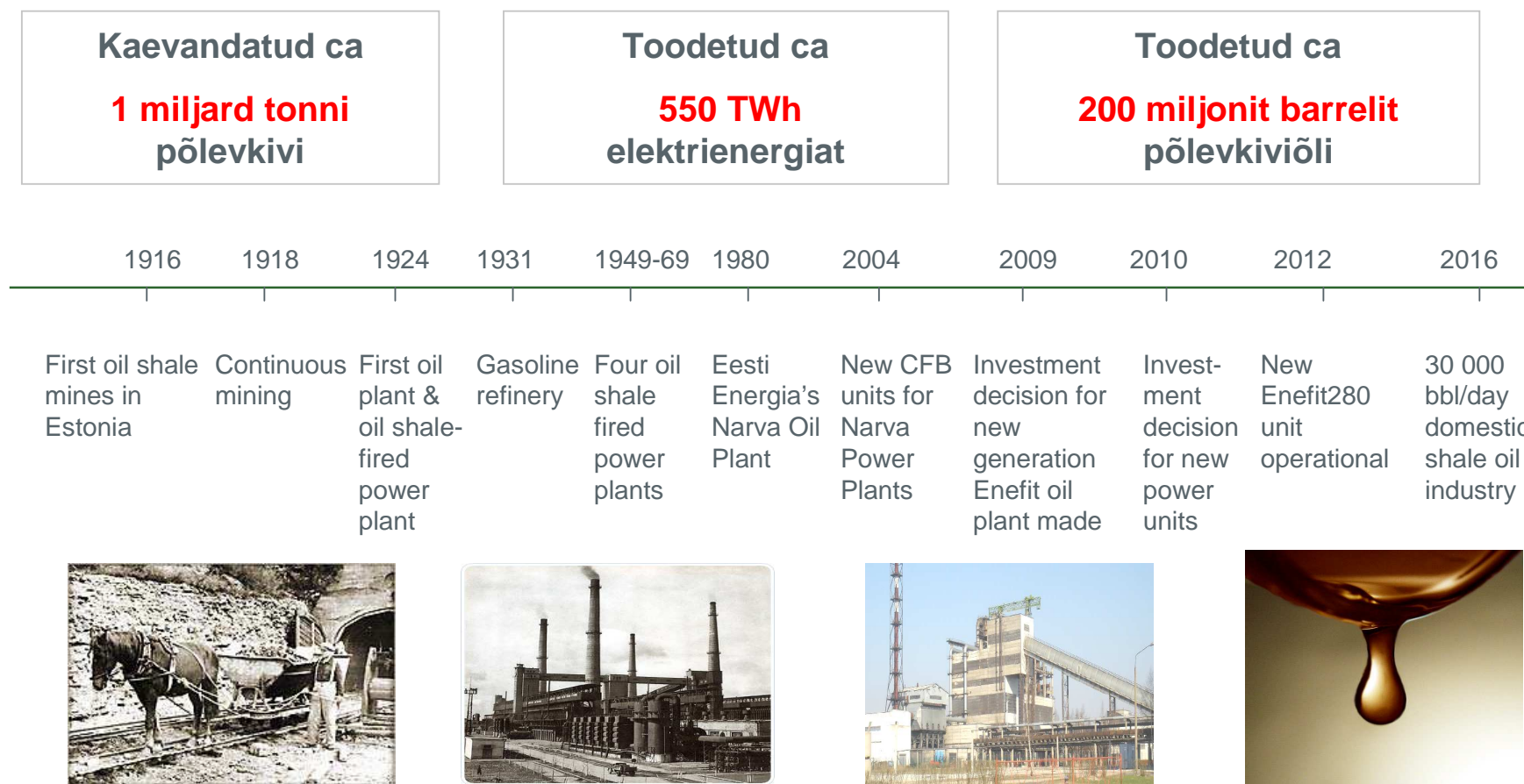
# Põlevkivist õli tootmine muutub üha konkurentsivõimelisemaks

1. Nafta kättesaamine muutub üha kallimaks
2. Juurde on tekkinud väga suured tarbijad – Hiina, India



# Eesti põlevkivikogemus – minevik, olevik, tulevik

*Eestis on põlevkivi kasutatud ca 100 aastat*





---

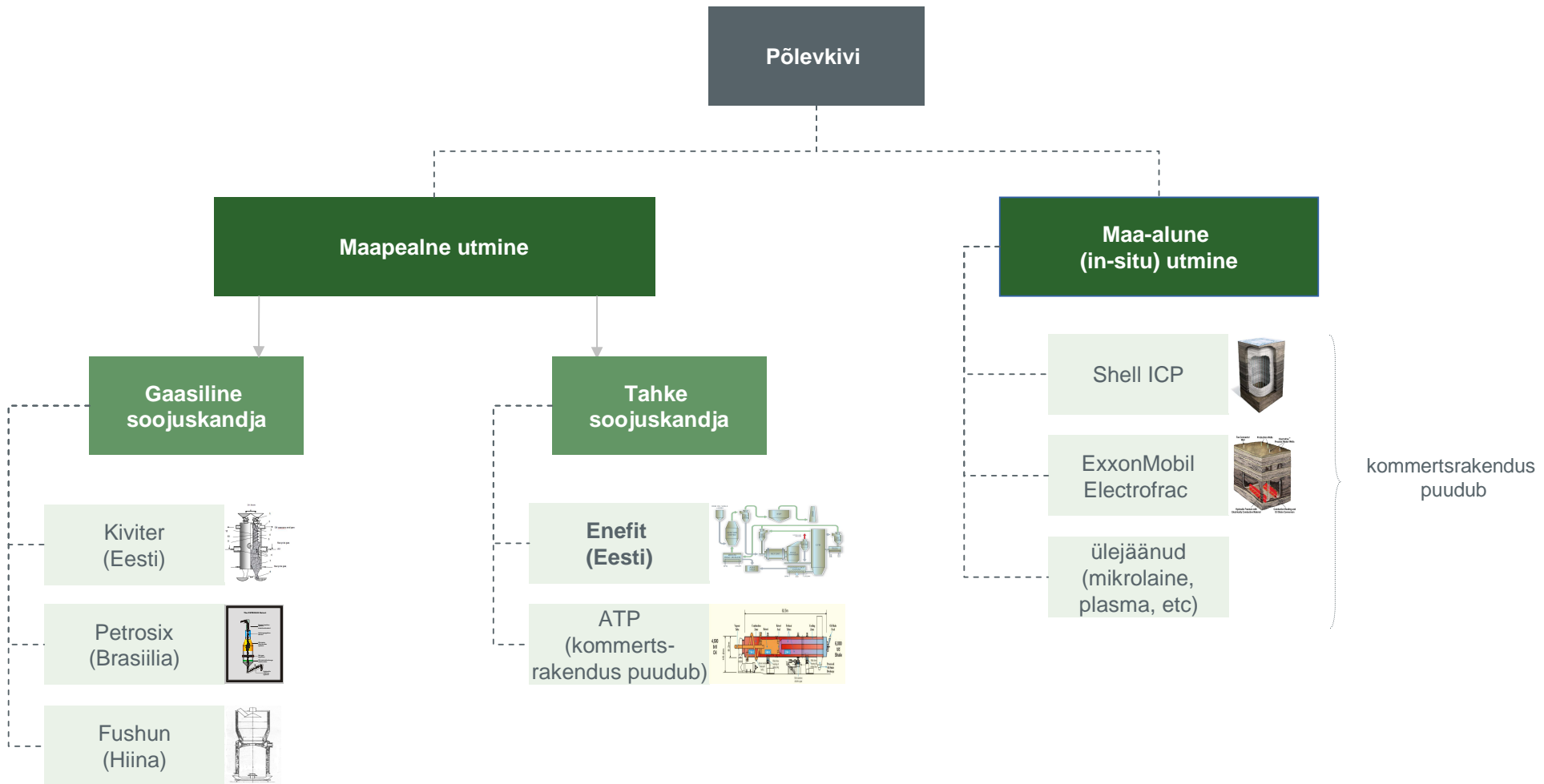
---

## 2. Õlitootmise tehnoloogiatest

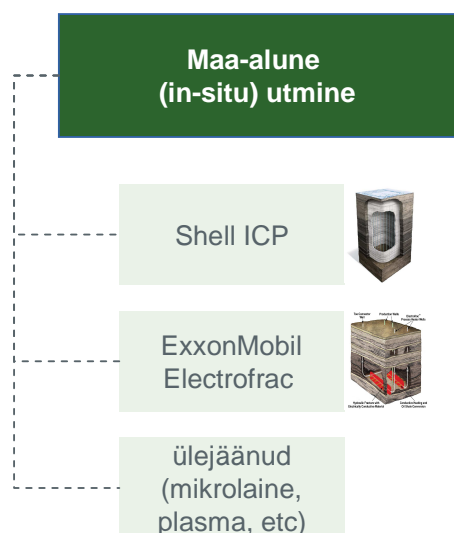


# Õlitootmise tehnoloogiate üldtutvustus

Üldjoontes võib utmistehnoloogiad jagada kahte kategooriasse – maapealse ja maa-aluse utmise tehnoloogiad



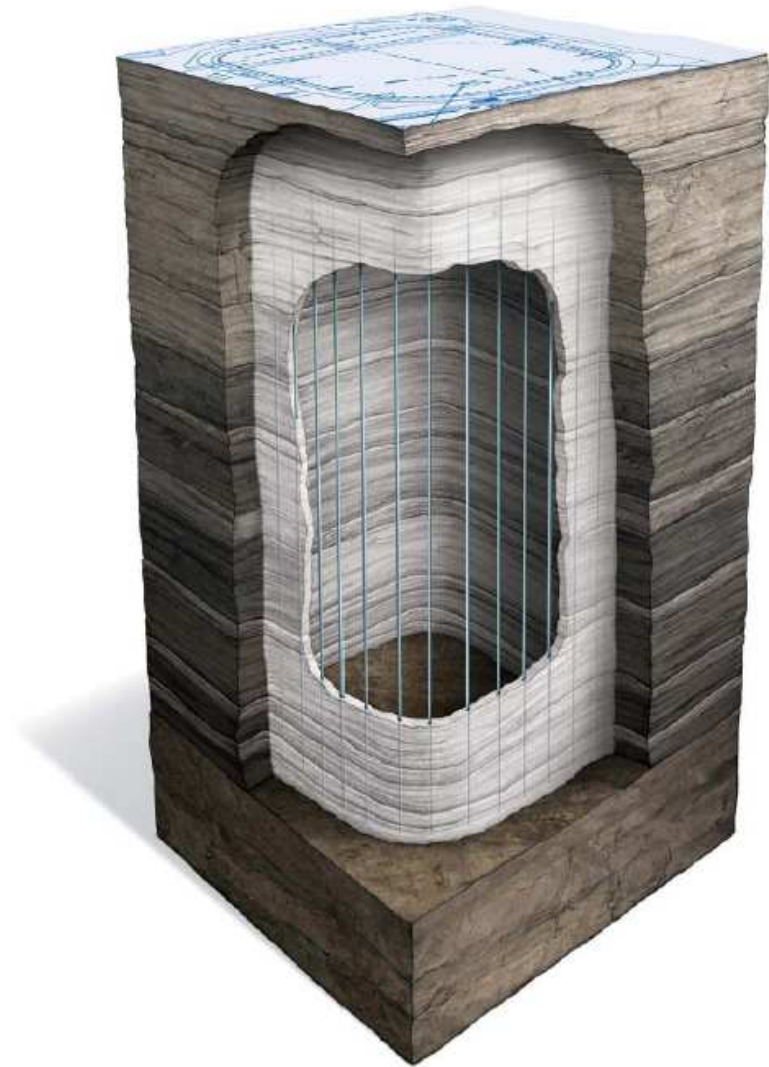
## Maa-alune utmine (in-situ)



- Maa-alust utmist on perspektiivne kasutada sügaval asuvate ja suure kihipaksusega põlevkivikihtide korral (sajad meetrid)
- Hetkel on olemas piloottehased, kuid mitte tööstuslikku tootmist.
- Arendustegevusega on kõige kaugemale jõudnud Shell.
- Maapealne ja maa-alune utmine ei konkureeri, vaid pigem täiendavad teineteist
  - ▶ Protsessi eelised
    - Kaevanduse puudumine
    - Suured tootmismahud
  - ▶ Protsessi miinused
    - Protsessi raske kontrollitavus
    - Keskkonnaküsimused (põhjavesi)
    - Suur energiakulu
    - Ressursikadu – osa süsinikust jääb maa-alla

## Shelli ICP protsess

- Protsessiala ümbritsetakse külmutusvalliga (jahutusvedelikuga täidetud torud) vältimaks:
  - ▶ põhjavee sattumist töötsooni
  - ▶ utmisproduktide äravoolu töötsoonist
- Puuraukudesse asetatakse elektrilised küttekehad
- Kuumutatakse 2-3 aastat kuni temperatuur jõuab 340-370 oC
- Tekkiv õli pumbatakse kogumispuuraukude kaudu välja ja suunatakse rafineerimisse

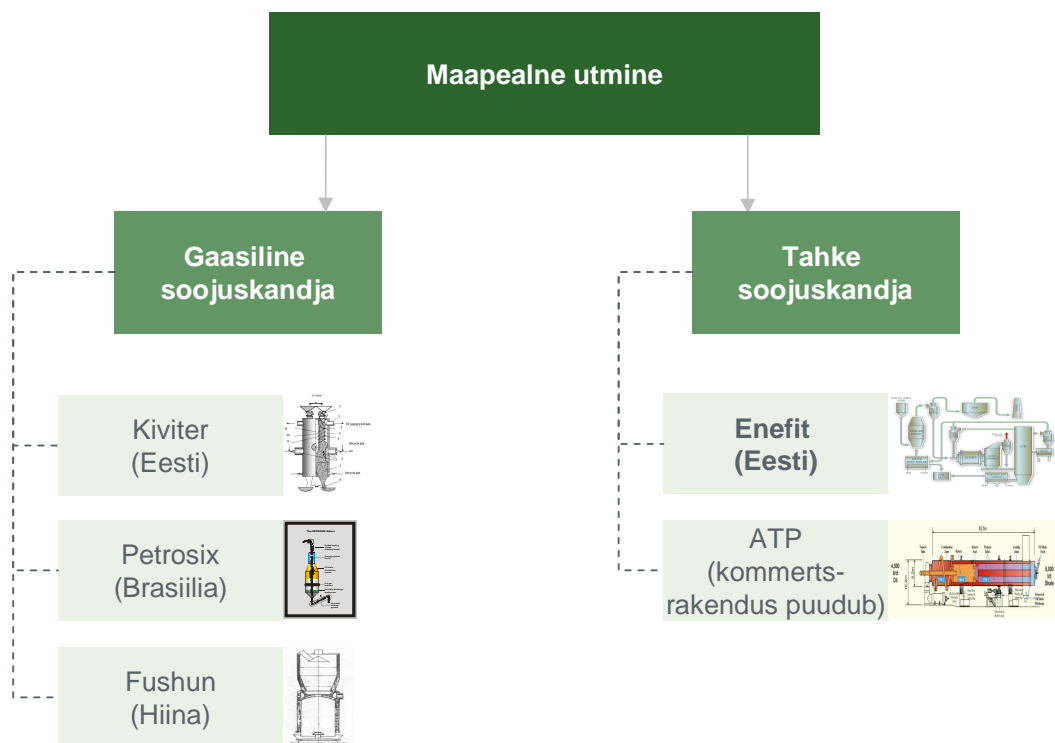


## Shelli ICP tehnoloogia piloottehas USA-s



- Colorados
- Põlevkivikihtide paksus kuni 600m ja sügavus kuni 500m
- Võrdlus: Eesti põlevkivi paksus 2-3m

# Maapealne utmine



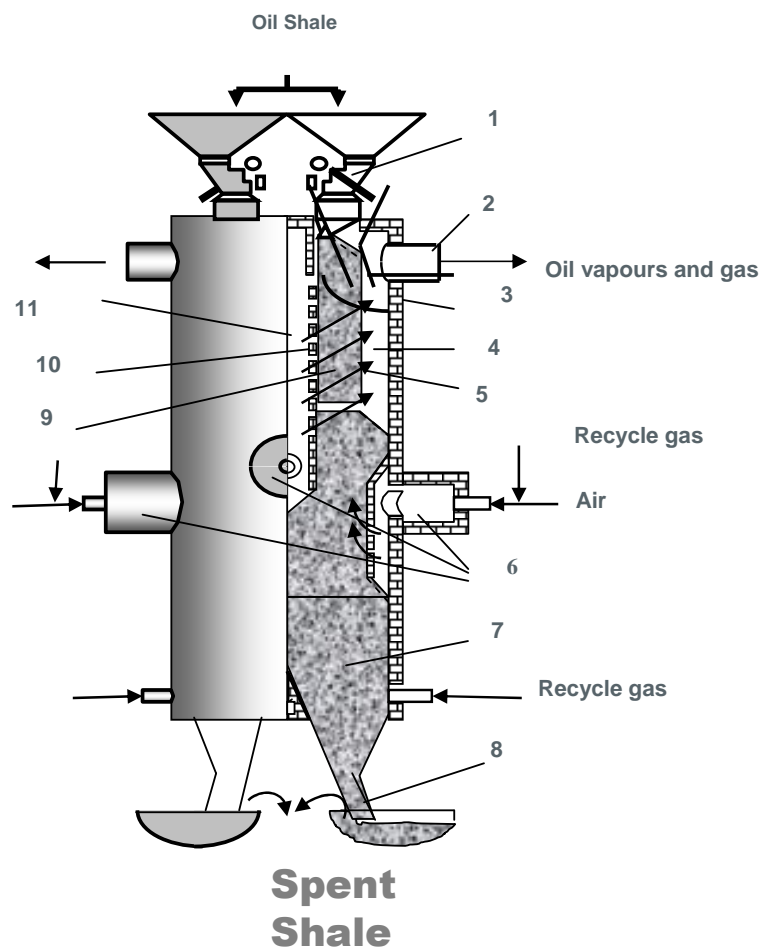
Olemasolevad tööstuslikud tehnoloogiaid saab jaotada soojuskandja tüübi järgi

- Gaasilised
- Tahked

Arendusfaasis on mitmeid väga erineva tööpõhimõttega seadmeid

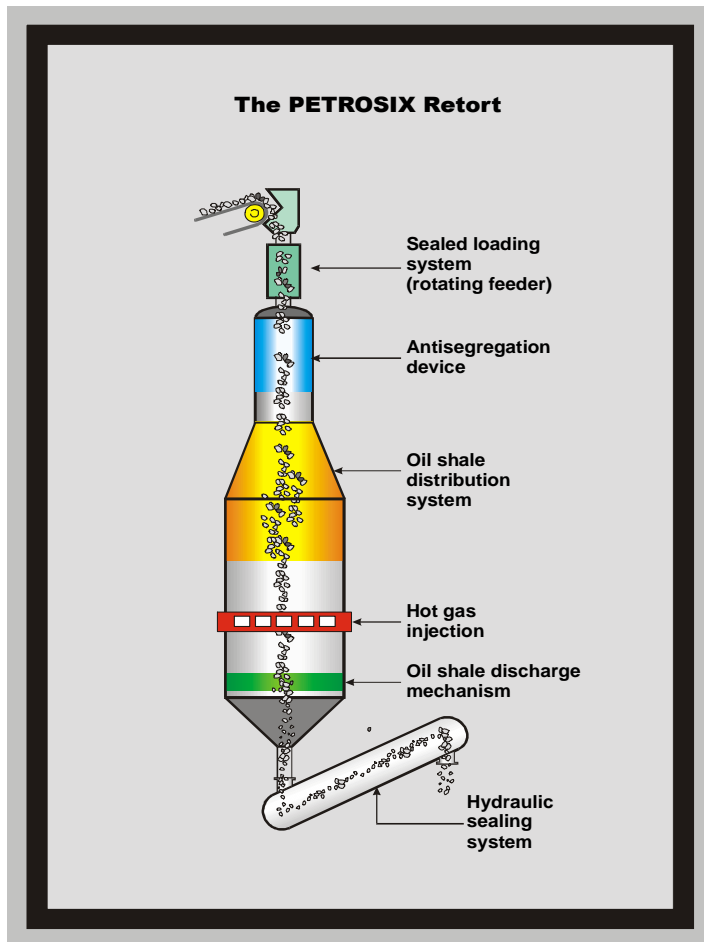
- mikrolained, plasma, etc...
- enamuste uute arenduste probleemiks on suur energiakulu

## Maapealne utmine – gaasilised soojuskandjad, Kiviter



- Kiviter tüüpi tehnoloogiat kasutab Viru Keemia Grupp (VKG)
- Kasutusel 200-1000 tonni päevas läbilaskega generaatoreid
- Aastatoodang ca 200 000 tonni õli
- Kasutatakse rikastatud tükipõlevkivi suurusega 10-125mm
- Protsessi eelised
  - ▶ lihtsus
  - ▶ töökindlus
- Protsessi miinused
  - ▶ kasutab ainult rikastatud tükipõlevkivi
  - ▶ jäägiks poolkoks – EL normid ei luba seda liigkõrge jääksüsiniku sisalduse tõttu tahke jäägina ladustada
  - ▶ veetarve

# Maapealne utmine – gaasilised soojuskandjad, PetroSix



- PetroSix protsess kuulub maailma ühele suurimale naftakompaniile Petrobras
- Aastatoodang ca 200 000 tonni
- Piloitseade 1982 (65 t/h)
- Tööstuslik seade 1991 (260 t/h)
- Kasutab tükipõlevkivi suurusega 6-50mm
- Tegelevad aktiivselt protsessi juurutamisega mujal maailmas – Jordaania, USA, Maroko
- Protsessi eelised
  - ▶ lihtsus
  - ▶ töökindlus
- Protsessi miinused
  - ▶ kasutab ainult tükipõlevkivi
  - ▶ protsess vajab vett
  - ▶ poolkoks

---

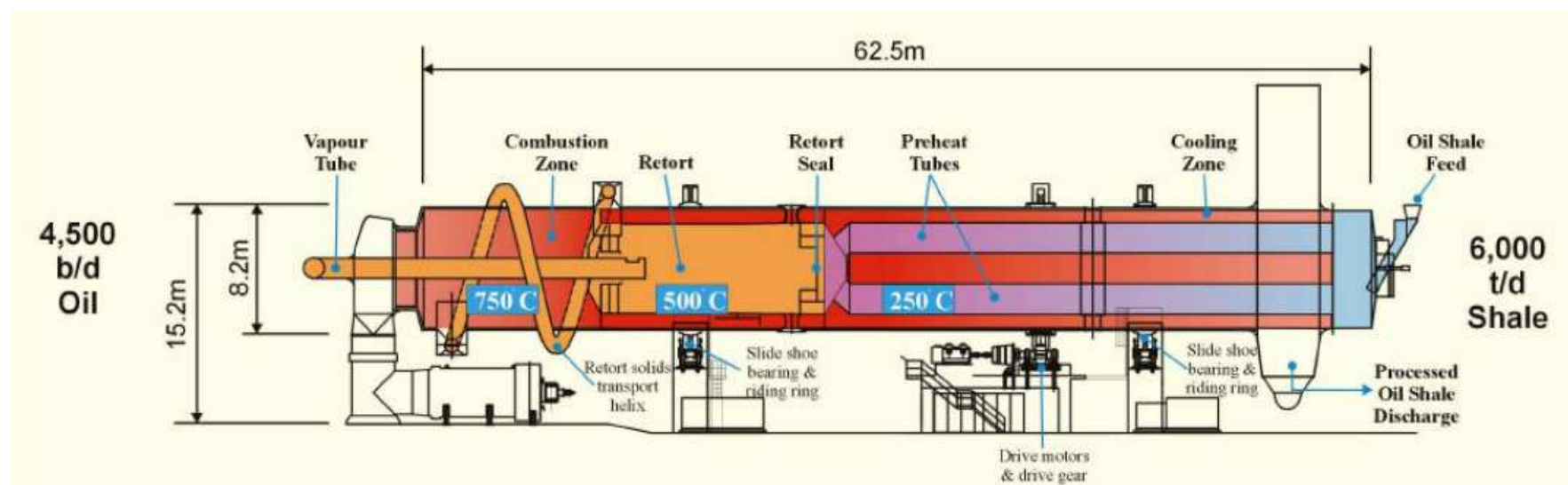
## Maapealne utmine – tahked soojuskandjad

- Tahke soojuskandja protsess on “uue põlvkonna” utmistehnoloogia, mille peamised eelised on:
  - ▶ kogu kaevandatud põlevkiviressursi ärakasutamine (tüki suurus 0-25mm)
  - ▶ põlevkivi energeetilise potentsiaali maksimaalne ärakasutamine
  - ▶ soojuskandjana kasutatakse protsessi käigus tekkivat kuuma tuhka
  - ▶ ei teki poolkoksi
- Ainus tööstuslikus kasutuses olev tahkse soojuskandja seade asub Narva Õliteshas (Eesti Energia) – Enefit140
- Kanadas on arendatud välja ATP protsess, kuid hetkel puudub selle tööstuslik rakendus (eksisteerib piloottehasena)



## Maapealne utmine – tahked soojuskandjad, ATP

- Kanadas väljatöötatud protsess, mida üritati juurutada Austraalias
- Aastatel 1997-2004 püstitati ja opereeriti 6000 t/p piloottehas, mis suleti erinevatel põhjustel:
  - ▶ keskkond, nafta hind, projekteerimisvead
  - ▶ projekti kulud 300 milj USD
- Protsessi hinnatakse liiga komplitseerituks põlevkivi muutuvate karakteristikutega toimetulekuks
- Juurdepääs erinevatele sõlmedele keerukas, kallid materjalid



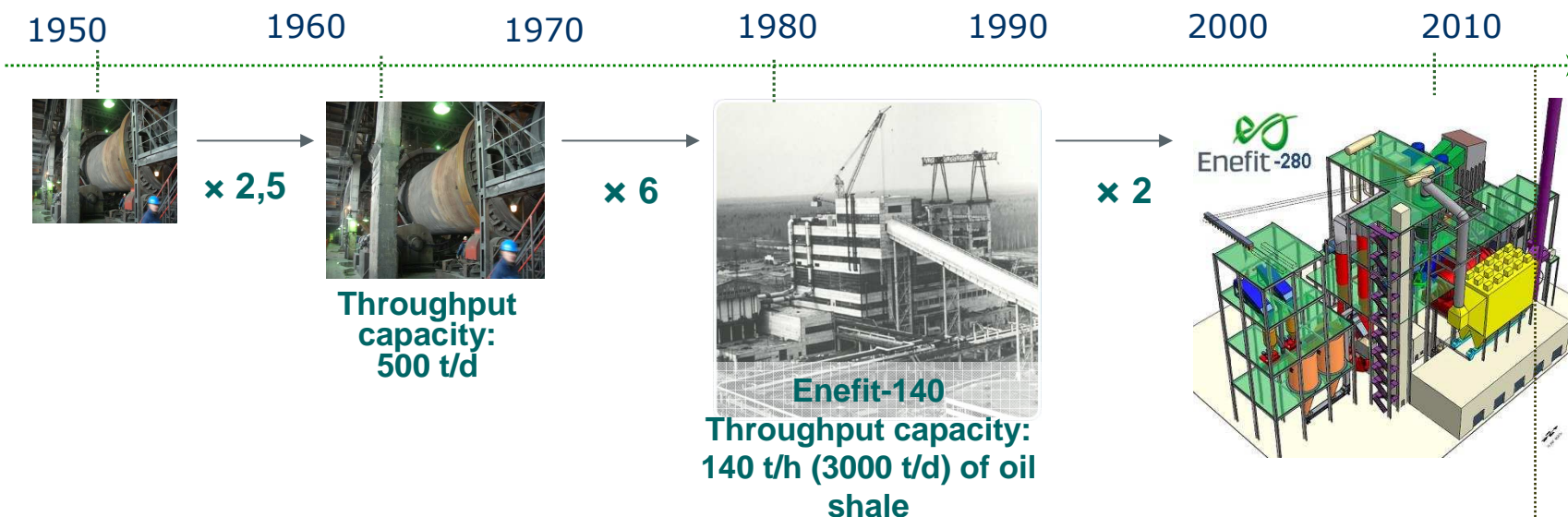
---

## Maapealne utmine – tahked soojuskandjad, Enefit

- Tahke soojuskandja protsess arendati 1940-ndatel välja peasjalikult vertikaalsete retortide puuduste kõrvaldamiseks
  - ▶ tükipõlevkivi kasutamine
  - ▶ põlevkivis sisalduva energeetilise potentsiaali täielikum ärakasutamine
- Esimene 8 t/h võimsusega seade püstitati Eestisse 1953. aastal
- Eesti Energia omab ja opereerib Narva Õliteshases kahte 140 t/h põlevkivi läbilaskega tahke soojuskandja seadet – Enefit140

# Maapealne utmine – tahked soojuskandjad, Enefit

Tahke soojuskandja areng



- ▶ 1953: Esimene tahke soojuskandja seade alustab Eestis tööd
- ▶ 1980: Valmis Narva Õlitehas kahe UTT-3000 seadmega
- ▶ 2001: EE hankis patendi Enefit protsessile (Enefit140)
- ▶ 2009: Alustati uue Enefit280 seadme ehitusega (280 t/h)

# Narva Õlitehase lugu

Enefit140 seadmed valmisid Narvas juba 1980 aastal, kuid korralikuks käimahakkamiseks kulus ca 15 aastat

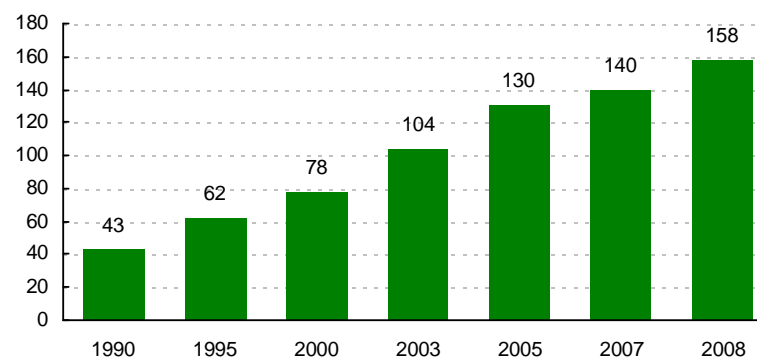
## ● Narva õlitehas

- ▶ Valminud 1980
- ▶ Esialgne projekti oli vigane ja ca 70% seadmetest on tänaseks päevaks kas asendatud või uuendatud
- ▶ Kaks unikaalselt Enefit140 utteseadet (140 t/põlevkivi tunnis)
- ▶ Maksimaalne toodang 860 t õli päevas (5,500 bbl/d)
- ▶ Uttegaasi toodang 43 miljonit Nm<sup>3</sup>/aastas (põletatakse elektrijaama kateldes)
- ▶ Ca 200 töötajat
- ▶ Hetkel toimub ühe uuendatud ja võimsama Enefit280 seadme ehitus, mis valmib 2012
- ▶ Enefit tehnoloogiat peetakse maailmas parimaks maapealse utmise tehnoloogiaks

Narva Õlitehas



Narva Õlitehase tootmismahud (t aastas)



# Eksisteeriv Enefit140 seade Narva Õliteshas

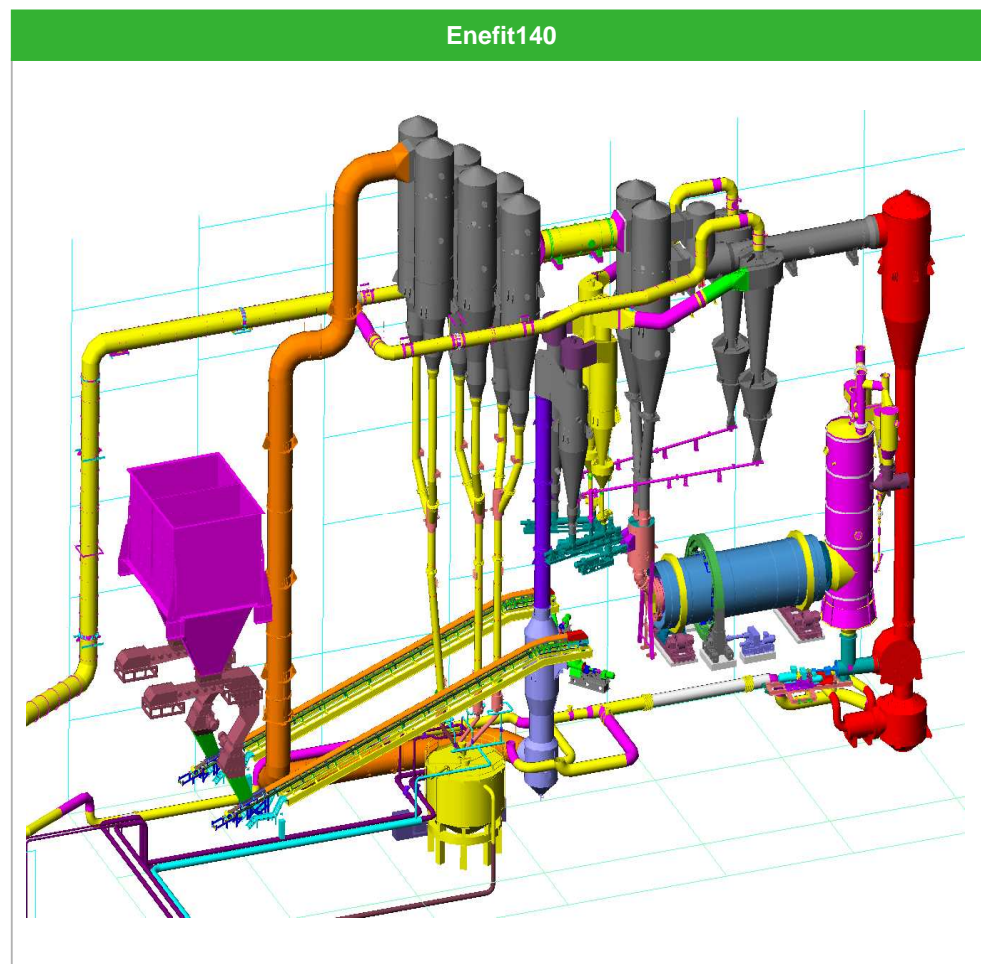
*Hetkel töötab Narva Õliteshas kaks 140 t/h põlevkivi läbilaskega Enefit seadet*

## Esialgused Enefit140 seadmed valmisid Narvas 1980

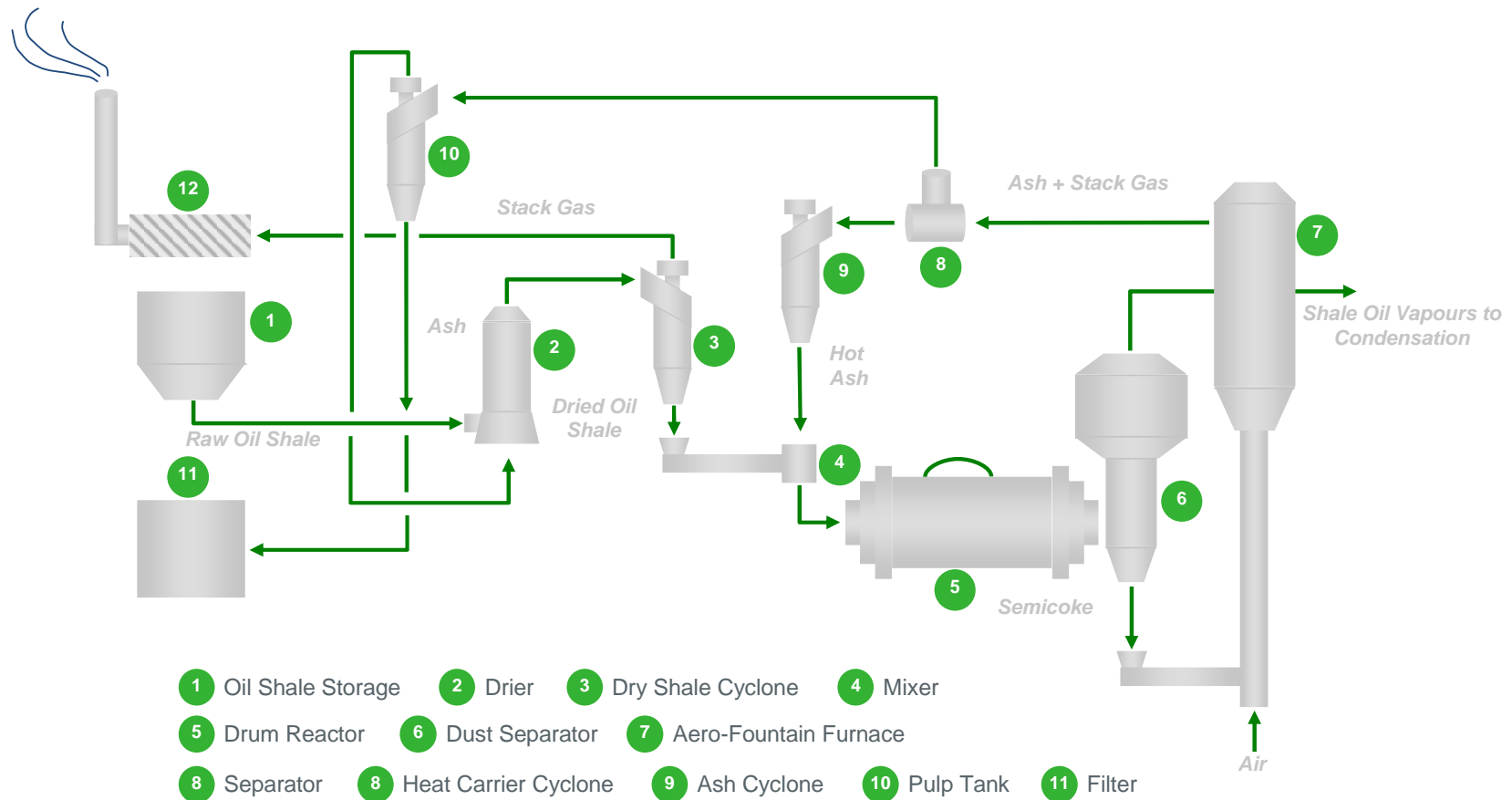
- ▶ Algne projekt oli puudulik
- ▶ Aja jooksul on vahetatud või täiustatud ca 70% esialgsetest seadmetest
- ▶ Eesti Energia omab kõnealusele seadmele patenti

## Enefit140 peamised tööprintsüübid

- ▶ Põlevkivi purustamine (0-20mm)
- ▶ Põlevkivi kuivatamine
- ▶ Pürolüüs
- ▶ Gaasi ja poolkooksi eraldamine
- ▶ Poolkooksi põletamine aerofontäänkoldes
- ▶ Suitsugaaside puhastamine
- ▶ Õli kondenseerimine ja toodete eraldamine



# Eksisteeriv Enefit140 seade Narva Õliteshas



# Uue põlvkonna Enefit seade - Enefit280

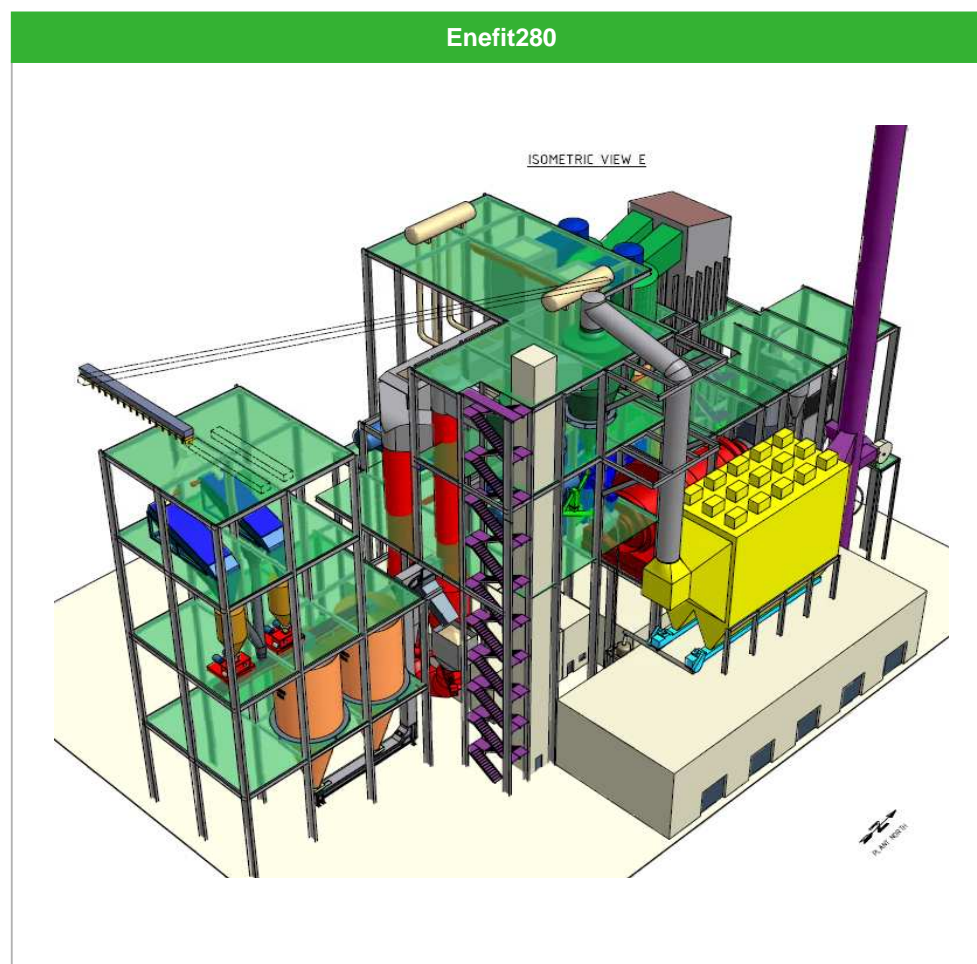
*Et oleks võimalik täita kõik euroopa keskkonnanormid ja et seaded oleks võimalik rakendada ka teistele maailma põlevkividele on töötatud välja Enefit tehnoloogia uue põlvkonna seade*

## Design basis for Enefit280

- ▶ 2x suurem ühiksvõimsus – 280 t/h
- ▶ Kõrge töökindlus - >90%
- ▶ Täidab EU keskkonnanormid
  - CO<sub>2</sub>~ 0,3 t/t per põlevkivi t
  - SO<sub>2</sub> <50 mg/Nm<sup>3</sup>
  - Tahked osakesed <25 mg/Nm<sup>3</sup>
  - NO<sub>x</sub> <200 mg/Nm<sup>3</sup>
  - TOC ~0
- ▶ Kõrge efektiivsus
  - Poolkoksi täielik põletamine CFB katlas
  - Soojusvaheti tuhale ja suitsugaasile
  - Elektri tootmine

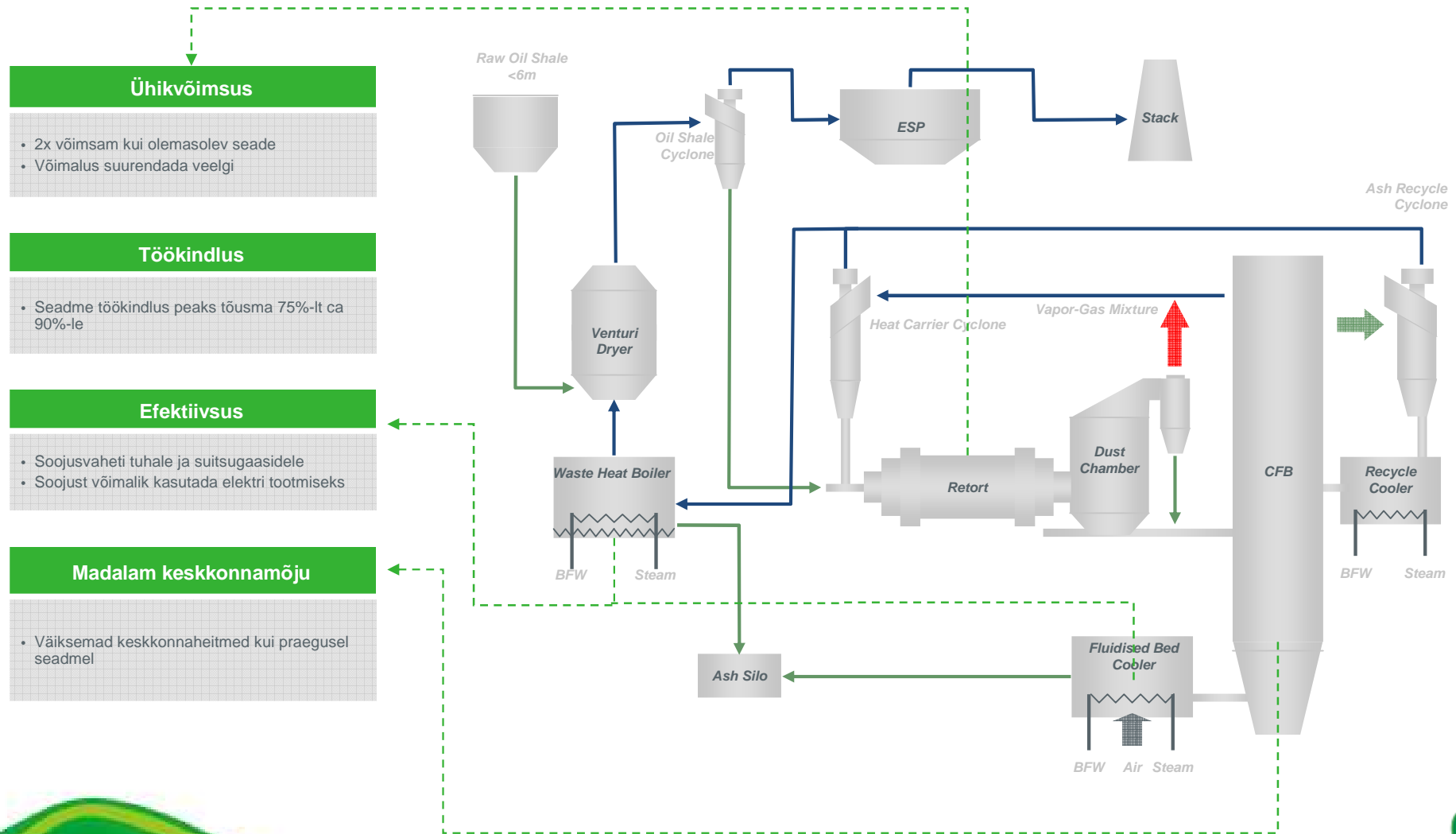
## Hetkel toimub uue Enefit280 seadme ehitus Narva

- ▶ EE on võtnud vastu otsuse laiendada Narva õlitehast esialgu ühe uue Enefit280 seadmega.
  - Aastane põlevkivi tarve: 2.26 mil tons
  - Aastan õlitoodang: 290 000 tons
  - Aastane uttegaasi toodang: 75 mil m<sup>3</sup> (0.8 TWh)
  - Elektri tootmine: 35 MWe



# Enefit280 – parem kui varem

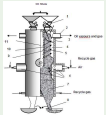


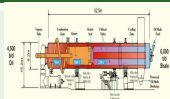
Allolev diagramm näitab peamisi muudatusi võrreldes eksisteeriva Enefit140 seadmega





# Erinevate utmistehnoloogiate võrdlus

Enefit tehnoloogia omab analoogsete tehnoloogiate hulgas olulisi eeliseid

Protsesside eelised & miinused		Enefit tehnoloogia eelised	
<b>Gaasilised soojuskandjas</b>			
<b>Kiviter</b>		<b>EELISED</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Lihtne ülesehitus</li> <li>Töökindlus</li> </ul>	<b>Tõestatud tehnoloogia</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Ca 50 aastane opereerimisajalugu</li> <li>Referentstehased Narvas</li> </ul>
<b>Petrosix</b>		<b>PUUDUSED</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Võimeline kasutama ainult tükipõlevkivi (8-12mm), 20-50% kaevandatud põlevkivist jääb kasutamata</li> </ul>	<b>Efektiivsus</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Põlevkivi ei raisata - 100% kaevandatud põlevkivist võimalik ära kasutada</li> <li>Maksimaalne osa põlevkivi energeetilisest potentsiaalst kasutatakse ära</li> <li>Ei vaja täiendavat energiaallikat ei vajaNo requirement to use external fuel (näiteks maagaasi, õli või elektrit)</li> </ul>
<b>Fushun</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Keskkonnamõju – poolkoks sisaldab süsinikku ja muid ühendeid, mis ohustavad keskkonda</li> <li>Efektiivsus – orgaaniline osa kivist jääb täielikult kasutamata</li> </ul>	<b>Madalam keskkonnamõju</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Tuhk ei sisalda orgaanilist süsinikku</li> <li>Võimalik kasutada täiendava toorainena näiteks kasutatud autorehve</li> <li>Protsess ei vaja toimimiseks vett</li> </ul>
<b>Tahke soojuskandja</b>			
<b>ATP</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>ATP on Enefit tehnoloogia peamine konkurent ja tema peamised puudused on keerukus ja keskkonnamõju</li> </ul>	<b>Uttegaas</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>Kõrge kütteväärtusega gaasi tootmine lisaproduktina</li> <li>Gaasi on võimalik kasutada näiteks vesiniku ja/või elektri tootmiseks</li> </ul>
<b>Maa-alune utmine</b>			
<b>Shell, ExxonMobil, teised</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>In-situ tehnoloogiaid ei saa kasutada madalate ja õhukeste põlevkivide korral;</li> <li>Samas on võimalik ligi pääseda sügavatele ja paksudele põlevkivikihtidele.</li> <li>Keskkonnamõjude ulatust on raske hinnata ja kontrollida</li> </ul>	