



Euroopa Liit  
Ühtekuuluvusfond



Eesti  
tuleviku heaks



Töö nr ENE1602

# Eesti põlevkivi energaetilise kasutamise parima võimaliku tehnika uuring

Projekti rahastas SA Keskkonnainvesteeringute Keskus

Projekt 10088. Uurimistöö „Eesti põlevkiviõli tööstusest lähtuvate põlevkivigaaside  
põletamise parima võimaliku tehnika kirjeldus“.

Tallinn 2016

Meie oskused on Teie edu !™

**ESTIVO**

**Keskkonnaministeerium**  
Narva mnt 7a  
15172 Tallinn  
Tel. 626 2802  
[www.envir.ee](http://www.envir.ee)

**ÄF-Consulting AS**  
Akadeemia tee 21/3  
12618 Tallinn  
Tel. 605 3150  
[www.estivo.ee](http://www.estivo.ee)



## Sisukord

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Sisukord .....                                                                                                   | 2  |
| Eessõna .....                                                                                                    | 6  |
| Kasutatud lühendid .....                                                                                         | 9  |
| Mõisted .....                                                                                                    | 11 |
| Summary .....                                                                                                    | 13 |
| 1. Põlevkivil põhineva tööstuse ülevaade .....                                                                   | 16 |
| 1.1. Eesti põlevkivi energeetilise kasutamise lühikronoloogia .....                                              | 16 |
| 1.2. Põlevkivi varud, kaevandamise mahud, tehnoloogiad ja kvaliteet .....                                        | 18 |
| 1.3. Põlevkivienergeetika majanduslik olukord .....                                                              | 19 |
| 1.4. Põlevkivienergeetika peamised keskkonnaaspektid.....                                                        | 21 |
| 1.4.1. Õhkuheidet .....                                                                                          | 22 |
| 1.4.2. Veekasutus, reovesi ja heitvesi .....                                                                     | 24 |
| 1.4.3. Jäätmeteke.....                                                                                           | 24 |
| 1.4.4. Pinnase ja põhjavee reostus .....                                                                         | 25 |
| 1.4.5. Müra.....                                                                                                 | 25 |
| 2. Energia tootmise protsessid .....                                                                             | 26 |
| 2.1. Üldteave põletusviisidest.....                                                                              | 26 |
| 2.1.1. Tahkekütuste põletamise meetodid, tehnoloogilised protsessid, tehnoloogiad ja tehnilised lahendused ..... | 26 |
| 2.1.1.1. Kihtpõletamise katlad .....                                                                             | 28 |
| 2.1.1.2. Tolmpõletamise katlad .....                                                                             | 30 |
| 2.1.2. Tahkekütustel töötavad elektrijaamad ja katlad .....                                                      | 33 |
| 2.1.3. Põlevkivi põletavate elektrijaamade ja katelde erilisus.....                                              | 34 |
| 2.1.4. Gaaskütuste põletamise meetodid, tehnoloogilised protsessid, tehnoloogiad ja tehnilised lahendused .....  | 35 |
| 2.1.4.1. Põlevkivigaaside põletamine Eestis.....                                                                 | 37 |
| 2.2. Tootmissisendid .....                                                                                       | 38 |
| 2.2.1. Põlevkivi elektrijaamades kasutatavate kütuste kvalitatiivsed näitajad.....                               | 39 |
| 2.2.2. Põlevkivi elektrijaamades kasutatavad kütuste tehnilised näitajad .....                                   | 48 |
| 2.2.3. Sisendvesi .....                                                                                          | 55 |
| 2.2.4. Personal.....                                                                                             | 58 |
| 2.3. Kütuste ning kemikaalide mahalaadimine, ladustamine ning käitlemine .....                                   | 58 |
| 3. Tehnikad heite ning jäätmetekke ja ressursside tarbimise vähendamiseks .....                                  | 59 |
| 3.1. Sissejuhatus .....                                                                                          | 59 |



|          |                                                                                                                     |     |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| 3.2.     | Keskkonnajuhtimise standardtekst <sup>[2, 66]</sup> .....                                                           | 59  |
| 3.3.     | Üldteave omaseire korralduse kohta <sup>[1, 2]</sup> .....                                                          | 63  |
| 3.4.     | Üldteave kasutatud tehnikate kirjeldusest heite vähendamiseks välisõhku, vette ning jäätmetekke vähendamiseks ..... | 64  |
| 3.4.1.   | Õhkuheited .....                                                                                                    | 64  |
| 3.4.2.   | Heide vette .....                                                                                                   | 76  |
| 3.4.3.   | Jäätmed .....                                                                                                       | 77  |
| 4.       | Põlevkivi ja põlevkivi uttegaaside põletamisprotsesside tootmisparameetrite ning tekkiva heite iseloomustus .....   | 78  |
| 4.1.     | Tahkekütuste põletamine .....                                                                                       | 78  |
| 4.1.1.   | Tolmpõletamine .....                                                                                                | 78  |
| 4.1.1.1. | Soojusvõimsusega alla 50 MW <sub>th</sub> elektrijaamad .....                                                       | 78  |
| 4.1.1.2. | Soojusvõimsusega 50–300 MW <sub>th</sub> elektrijaamad .....                                                        | 83  |
| 4.1.1.3. | Soojusvõimsusega üle 300 MW <sub>th</sub> elektrijaamad .....                                                       | 89  |
| 4.1.2.   | Kihtpõletamine .....                                                                                                | 99  |
| 4.1.2.1. | Soojusvõimsusega üle 300 MW <sub>th</sub> elektrijaamad .....                                                       | 99  |
| 4.2.     | Gaaskütuste põletamine .....                                                                                        | 101 |
| 4.2.1.   | Kamberpõletamine .....                                                                                              | 101 |
| 4.3.     | Projektipartnerite kasutatavad omaseire süsteemi kirjeldused .....                                                  | 105 |
| 4.3.1.   | Eesti Elektri jaam .....                                                                                            | 105 |
| 4.3.2.   | VKG .....                                                                                                           | 106 |
| 4.3.3.   | Kiviõli Keemiatööstuse OÜ soojuselektrijaam .....                                                                   | 106 |
| 5.       | Tehnikad kaalutlemiseks PVT tuvastamisel .....                                                                      | 108 |
| 5.1.     | Korralduslikud meetmed .....                                                                                        | 109 |
| 5.2.     | Ülevaade põlevkivi energeetilisel kasutamisel tekkivate heidete vähendamise tehnilistest lahendustest .....         | 114 |
| 5.3.     | Võimalikud lahendused saaste kontrollimiseks ja energia efektiivsemaks kasutamiseks .....                           | 116 |
| 5.3.1.   | Energiaefektiivsus .....                                                                                            | 116 |
| 5.3.2.   | Õhkuheite vähendamine sekundaarmetmetega .....                                                                      | 118 |
| 5.3.2.1. | Meetmed NO <sub>x</sub> saastetaseme alandamiseks .....                                                             | 119 |
| 5.3.2.2. | Tahkete osakeste ja raskmetallide heite vähendamiseks puhastusseadmete kasutamine .....                             | 121 |
| 5.3.2.3. | Süsinikoksiidi õhkuheite vähendamine .....                                                                          | 123 |
| 5.3.2.4. | SO <sub>x</sub> heite vähendamiseks puhastusseadmete kasutamine .....                                               | 124 |
| 5.3.2.5. | Vesinikkloriid ja vesinikfluoriid .....                                                                             | 126 |
| 5.3.3.   | Veekasutus ja heide vette .....                                                                                     | 127 |



|        |                                                                                                                     |            |
|--------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 6.     | Kujunemisjärgus olev tehnika.....                                                                                   | 131        |
| 6.1.   | Tolmpõletuses huvipakkuvad tehnoloogiad.....                                                                        | 131        |
| 6.1.1. | Põlevkivi madaltemperatuuriline tolmpõletamine (laepõletid) .....                                                   | 131        |
| 6.1.2. | Põlevkivi tolmpõletus vedelšlakkärastusega.....                                                                     | 132        |
| 6.2.   | Keevkihtpõletuse huvipakkuvad tehnoloogiad .....                                                                    | 132        |
| 6.2.1. | Põlevkivi keevkihtpõletus statsionaarses keevkihis ülerõhul .....                                                   | 132        |
| 6.2.2. | Põlevkivi gaasistamine statsionaarses keevkihis ülerõhul .....                                                      | 133        |
| 6.3.   | Põlevkivigaasi põletamise huvipakkuvad tehnoloogiad .....                                                           | 133        |
| 6.3.1. | Põlevkivigaasi põletamine sisepõlemismootoris .....                                                                 | 133        |
| 7.     | Parima võimaliku tehnika järelused.....                                                                             | 134        |
| 7.1.   | Üldised PVT-järeldused .....                                                                                        | 139        |
| 7.1.1. | Keskkonnajuhtimissüsteemid .....                                                                                    | 139        |
| 7.1.2. | Seire korraldus .....                                                                                               | 140        |
| 7.1.3. | Üldised meetmed põlemisprotsessi ja keskkonnanäitajate osas .....                                                   | 143        |
| 7.1.4. | Energiaefektiivsus.....                                                                                             | 144        |
| 7.1.5. | Õhkuheite vähendamine sekundaarmetmetega .....                                                                      | 145        |
| 7.1.6. | Veekasutus ja heide vette.....                                                                                      | 146        |
| 7.1.7. | Muud üldised PVT-meetmed.....                                                                                       | 148        |
| 7.2.   | PVT-järeldused põlevkivi kasutamisel kütusena .....                                                                 | 149        |
| 7.2.1. | Põlemisprotsessi keskkonnanäitajad, energiaefektiivsus.....                                                         | 149        |
| 7.2.2. | Saasteainete õhkuheite vähendamine.....                                                                             | 149        |
| 7.2.3. | Põlevkivi ladustamine ja käitlemine .....                                                                           | 152        |
| 7.3.   | PVT-järeldused põlevkivigaaside kasutamisel kütusena .....                                                          | 152        |
| 7.3.1. | Energiaefektiivsus.....                                                                                             | 152        |
| 7.3.2. | Saasteainete õhkuheite vähendamine.....                                                                             | 152        |
| 7.4.   | PVT-järeldused põlevkivi ja põlevkivigaaside kasutamisel koos muude kütustega<br>154                                |            |
| 7.4.1. | Põlevkivi koospõletamine muude tahkete kütustega .....                                                              | 154        |
| 7.4.2. | Põlevkivigaaside koospõletamine muude kütustega.....                                                                | 154        |
|        | Kasutatud materjalid .....                                                                                          | 155        |
|        | Lisad.....                                                                                                          | 158        |
|        | Lisa 1. Täiendav informatsioon põlevkivi põletusviiside kohta. ....                                                 | 158        |
|        | <b>Tahkekütuste põletamise meetodid, tehnoloogilised protsessid, tehnoloogiad ja<br/>tehnilised lahendused.....</b> | <b>158</b> |
|        | <b>Kihtpõletamise katlad.....</b>                                                                                   | <b>158</b> |
|        | <b>Tolmpõletamise katlad .....</b>                                                                                  | <b>160</b> |



|                                                                   |     |
|-------------------------------------------------------------------|-----|
| LISA 2.....                                                       | 162 |
| Mitmekütusepõletusseadmete arvutuslikud heite piirväärtused ..... | 162 |



## Eessõna

Käesolev Eesti põlevkivi energeetilise kasutamise Parima Võimaliku Tehnika (PVT) dokument on täienduseks olemasolevale Eesti põlevkiviõli tootmise PVT-kirjeldusele [1] ning käsitleb lisaks põlevkiviõli tootmise käigus tekkinud põlevkivigaaside energeetilisele väärtustamisele ka põlevkivi, Eesti kohaliku tahkekütuse, energeetilist kasutamist. Põlevkiviõli tootmine jääb selle PVT-kirjelduse käsitlemisest välja, seda käsitletakse põlevkiviõli tootmise PVT-kirjelduses [1].

Suurte põletusseadmete PVT-viitedokumendis (LCP BREF, [2]), sh kaasajastamisel olevas eelnõus, ei kajastata kohaliku kütusena põlevkivi. Samuti puudub asjakohane PVT-kirjeldus põlevkivigaaside põletamise kohta. Käesoleval ajal kasutatakse põlevkivi utmise gaaside ainu- või mitmekütuse režiimil põletamise keskkonnavalaseks reguleerimiseks Eesti õigusakte, mis on koostatud Euroopa Liidu Tööstusheite direktiivi suurte põletusseadmete regulatsiooni alusel [56]. Tööstusheite direktiivi artikkel 14 (5) kohaselt võib loa tingimused määrata ka sellise parima võimaliku tehnika alusel, mida ei ole kirjeldatud üheski asjakohases PVT-järeluses. THD paindlikkuse mehhanismi (art 14 lg 5 ja 6 ning art 15 lg 4) rakendamise tõendamiseks ja sellele teadusliku aluse loomiseks algatati käesoleva siseriikliku põlevkivi, põlevkivi gaaside ja muude kütuste põletamise PVT-kirjelduse koostamine.

PVT-kirjelduse struktuur vastab Komisjoni rakendusotsusele 2012/119/EL 10. veebruarist 2012, millega kehtestatakse eeskirjad Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivis 2010/75/EL (tööstusheidete kohta) osutatud andmete kogumist ning PVT-viitedokumentide väljatöötamist ning nende kvaliteedi tagamist käsitlevate suuniste kohta [57].

### 1. PVT-kirjelduse staatus

Käesolev dokument on koostatud Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2010/75/EL 24. novembrist 2010 tööstusheidete kohta (saastuse kompleksne vältimine ja kontroll) (uuesti sõnastatud) raamistikus [56]. Sellele viidatakse edaspidi kui 'tööstusheite direktiiv', 'direktiiv' või lühendatult 'THD'.

Dokumendis käsitletakse ühe tegevusalana direktiivi lisa 1 punkt 1.1 tegevust „*kütuste põletamine käitises summaarse nimisoojusvõimsusega vähemalt 50 MW<sub>th</sub> või rohkem*“. Antud juhul on PVT-kirjelduse alusdokumendiks suurte põletusseadmete PVT-viitedokument [2], kuid arvesse on võetud ka põlevkivienergeetika eripärasid.

Teise tegevusalana on käsitletud põlevkiviõli tootmise (direktiivi 2010/75/EL lisa 1 punkti 1.4b tegevusala) käigus tekkivate põlevgaaside (uttegaas ja poolkoksigaas, edaspidi nimetatud põlevkivigaasid) kasutamist põletusseadmetes soojuse ja elektrienergia tootmiseks. Tegemist on mineraalõli ja gaasi rafineerimise sektorile (direktiivi 2010/75/EL lisa 1 punkti 1.2) sarnase tegevusega. Kuigi põlevkivist saadavad õlitooted on omadustelt samaväärsed mineraalõli toodetega ning neid kasutatakse koos teiste rafineerimissektori toodetega samal turul, ei ole põlevkivigaaside koostise ja omaduste ning põletusseadmete tehnoloogilise eripära tõttu otseselt kohaldatav *Mineraalõli ja gaasi rafineerimise BREF* (REF BREF, [3]).



Arvestades põlevkivienergeetika olulist rolli Eesti majanduses, selle olemuslikku erinevust seni koostatud ja koostamisel olevatest viitedokumentidest, ja vajadust hinnata keskkonnamoondotuslubade väljaandmisel direktiivi artiklite 14(5) ja 14(6) alusel käitiste PVT-n ouetele vastavust, moodustas Eesti Vabariigi Keskkonnaministeerium t  r  hma põlevkivienergeetika PVT-kirjelduse koostamiseks.

PVT-kirjelduse koostamise lõpparuanne esitati t  r  hmale vastuvõtmiseks 06.12.2016. Lõpparuande alusel koostatakse siseriiklikud PVT-järeldused põlevkivi energeetilise kasutamise (elektri ja soojuste tootmine) kohta, mis kinnitatakse keskkonnaministri käskkirjaga ja avalikustatakse keskkonnaministeeriumi kodulehel.

Kuna siseriiklikud PVT-järeldused ei kuulu avaldamisele Euroopa Liidus ja kehtivad Eesti põlevkivi energeetilise kasutamise suhtes, siis käesolevas dokumendis avaldatud seisukohad ei tarvitse peegeldada Euroopa Komisjoni arvamust.

Käesolevas PVT-kirjelduses esitatud tehnikate loetelud ja kirjeldused ei ole normatiivsed ega ammendavad. Seega saab kasutada ka muid tehnikaid, mis tagavad vähemalt samav  arse keskkonnakaitse taseme.

## **2. Teabevahetuses osalejad**

Põlevkiviõli tootmise PVT-kirjelduse koostamiseks moodustati keskkonnaministri 28.06.2016 käskkirjaga nr 1-2/16/600 t  r  hm, kuhu kuulusid põlevkivitööstuse, Keskkonnaameti, keskkonnat  henduste ja Keskkonnaministeeriumi esindajad.

## **3. PVT-kirjelduse struktuur ja sisu**

PVT-kirjelduse koostamisel on aluseks võetud Euroopa Komisjoni juhistes PVT-viitedokumendi koostamiseks [57] antud t   pstruktuur.

Sissejuhatavate peatükkidena on esitatud eess  na, kasutatud l  hendite ja mõistete selgitus, reguleerimisala ülevaade ning inglisekeelne kokkuvõtte. Eestikeelne kokkuvõtte on sama 7. peatüki sissejuhatava osaga ja seda eraldi ei korrata.

1. ja 2. peatükk annavad üldteavet p  levkivienergeetikast Eestis ning selles tööstusharus kasutatavast tehnikast sh tootmismeetoditest ja tehnoloogiast.

3. peatükis on esitatud ülevaade põlevkivienergeetika käitiste keskkonnamoondotuslubade tuues välja praeguse (st PVT-kirjelduse koostamise ajal käitistele iseloomuliku) heite- ja j  atmetekke taseme, ressursikasutuse, sh vee ja energia kulu.

4. peatükis on toodud detailsem ülevaade saaste vältimiseks või kui see ei ole võimalik, siis selle vähendamiseks kasutatavatest tehnikatest, mis võeti aluseks PVT kaalutlemisel valikute tegemiseks.

5. peatükis on esitatud tehnikad, mida k  sitleti PVT-na ja mille alusel koostati PVT-järelduste eelnõu. Seejuures ei korratud teiste kohalduvate PVT-viitedokumentide teavet vaid anti asjakohased viited.



6. peatükis käsitletakse 'kujunemisjärgus olevat tehnikat' nagu see on määratletud direktiivi artiklis 3(14). Kuna sellele määratlusele vastavaid tehnikaid ei tuvastatud, on peatükis esitatud ülevaade tehnikatest, mis on käsitletavas sektoris hiljuti huviorbiiti tõusnud.

7. peatükis on esitatud PVT-järeltunde eelnõu.

#### **4. Teabeallikad ja PVT määramine**

PVT-kirjelduse koostamisel koguti teavet erinevatest allikatest, sh töörühma liikmetelt ja erialasest kirjandusest (vt kasutatud kirjanduse loetelu). Põhiosa tootmisprotsesse iseloomustavatest andmetest on Eesti põlevkivienergeetika käitiste esitatud. Esitatud andmeid töötles ja vormistas konsultant, PVT-kirjelduse peatükkide eelnõu esitati töörühma liikmetele ülevaatamiseks – andmete täpsustamiseks. PVT-kirjelduse eelnõu koostamisel lähtuti tehnilise kompetentsi, läbipaistvuse ja erapooletuse põhimõtetest.

PVT-järeltundeni on jõutud läbi protsessi, mis sisaldab järgmisi etappe:

- põlevkivienergeetika olulisemate keskkonnanäaspektide määramine;
- tehnikate analüüs, mis on kõige asjakohasemad oluliste keskkonnanäaspektide käsitlemiseks;
- parima võimaliku tehnikaga saavutatavate heitetasemete (PVT SHT) määramine toimus põlevkivienergeetika käitiste, Euroopa Liidu ja muude kättesaadavate andmete alusel;
- tingimuste uurimine, millistes need heitetasemed on saavutatud, sh kulud, saastuse kandumise mõjud ühest keskkonnakomponendist teise, peamised liikuma panevad jõud PVT realiseerimisel;
- parima võimaliku tehnika (PVT), nendega saavutatavate heitetasemete (PVT SHT) jm asjakohaste parameetrite ning seiremeetmete valik vastavalt direktiivi artiklile 3(10), 3(12) ja lisale III (parima võimaliku tehnika määramise kriteeriumid).

Kõikidel etappidel tehtud valikutes arvestati ka tehnikate rakendatavusega põlevkivienergeetikas ja kus võimalik, hinnati rakendamise maksumust – tasuvust.

#### **5. PVT-kirjelduse kaasajastamine**

PVT-tase on ajas muutuv ja seetõttu on vaja PVT-kirjeldust ajakohastada. Teadus- ja arendustöö tulemusena võetakse kasutusele uusi meetmeid ja tehnikaid, sh tehakse uuringuid muudes tööstusharudes sobivate saastekontrolli meetmete rakendatavuse kohta põlevkivienergeetikas. Seetõttu tehakse perioodiliselt käesoleva PVT-kirjelduse ülevaatusi ja vajadusel dokument ajakohastatakse.

#### **6. Kontaktandmed**

Kõik kommentaarid ja ettepanekud selle PVT-kirjelduse kohta palun saata järgmisel aadressil: Jüri Truusa, Keskkonnakorralduse osakond, Keskkonnaministeerium, Narva mnt. 7a, 15712 Tallinn, e-post: [juri.truusa@envir.ee](mailto:juri.truusa@envir.ee).





## Kasutatud lühendid

°C – Celsiuse kraad

B – tarbitud põlevkivi

BAT (*Best Available Technique*) – parim võimalik tehnika

BHT – bioloogiline hapnikutarve; indeks näitab mitme päeva vältel proovi inkubeeritakse (levinud on BHT<sub>7</sub>, BHT<sub>5</sub>)

bk – biokütus

BREF – parima võimaliku tehnika (PVT) viitedokument

CaO – kaltsiumoksiid

CFB (*Circulating fluidized bed*) – kihtpõletamine tsirkuleerivas keevkihis

CO – süsinikoksiid

CO<sub>2</sub> – süsinikdioksiid

EJ – elektrijaam

EL – Euroopa Liit

ESP (*electrostatic/electric precipitator*) – elektrifilter

EU ETS (European Union Emissions Trading System) – ELi heitmekaubanduse kauplemis-süsteem

FGD (*Flue Gas Desulfurization*) – suitsugaaside väävlipuhastusseade

fk – peendispersne tuharikas kütus

FTIR (*Fourier Transform Infrared spectroscopy*) – Fourier infrapuna spektroskoopia

gg – generaatorgaas

GJ – gigadžaul

GSK – gaasiline soojuskandja

GWh – gigavatt-tund

H – tarbitud soojus

h – tund

H<sub>2</sub>S – väävelvesinik

HCl – vesinikkloriid

HPV – heite piirväärtus (i.k. *ELV – emission limit value*)

IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*) – saastuse kompleksne vältimine ja kontroll

kcal – kilokalor

KHG – kasvuhoonegaasid

KHT – keemiline hapnikutarve

kJ – kilodžaul

KKJS – keskkonnajuhtimissüsteem

ks – kivisüsi

kt – kilotonn (tuhat tonni)

kWh – kilovatt-tund

LCP (*Large Combustion Plant*) – suur põletusseade või elektrijaam või soojuselektrijaam

LOÜ – lenduv orgaaniline ühend

m<sup>3</sup>/tt – kuupmeetrit kütuse tingtonni kohta

mbar – millibaar

mg-ekv – milligramm-keemiline ekvivalent

MgO – magneesiumoksiid

MJ – megadžaul

MSR – madalsageduslik raputussüsteem



Mt – megatonn (miljonit tonni)  
MW<sub>e</sub> – elektriline võimsus (megavatt)  
MW<sub>th</sub> – soojuslik sisendvõimsus (megawatt)  
MWh – megavatttund  
NID (*Novel Integrated Desulphurisation*) – vääveloksiidide püüdeseade poolkuiva desulfureerimise meetodil  
Nm<sup>3</sup> – normaalkuupmeeter  
NO<sub>x</sub> (N<sub>2</sub>O, NO, NO<sub>2</sub>) – lämmastikoksiidid  
OFA (*Over-Fire Air*) – meetod lämmastikoksiidide tekke vähendamiseks  
pa – põlevkivi aheraine  
pk – põlevkivi  
põ – põlevkiviõli  
PM – tahked osakesed  
PVT – parim võimalik tehnika.  
PVT SET – parima võimaliku tehnikaga saavutatav energiaefektiivsuse tase  
PVT SHT – parima võimaliku tehnikaga saavutatav heitetase  
PVT STT – parima võimaliku tehnikaga saavutatav keskkonnatõhususe tase  
SO<sub>x</sub> (SO<sub>2</sub>, SO<sub>3</sub>) – vääveloksiidid  
SDA (*Spray Dry Absorber for Desulphurisation*) – väävlipüüdmissüsteemi SO<sub>x</sub> kõrgema heite tasemete vähendamiseks  
SEJ – soojuselektrijaam  
SNCR (*Selective Non-Catalytic Reduction*) – selektiivne mittekatalüütiline taandamine – NO<sub>x</sub> heite vähendamise tehnika  
SCR (*Selective Catalytic Reduction*) – selektiivne katalüütiline taandamine – NO<sub>x</sub> heite vähendamise tehnika  
THD – Euroopa Parlamendi ja Nõukogu Direktiiv 2010/75/EL 24. novembrist 2010 tööstusheidete kohta ehk tööstusheite direktiiv (*IED-Industrial Emissions Directive ingl.k*)  
TOC – summaarne orgaaniline süsinik  
TSK – tahke soojuskandja  
tu – turvas  
TVOC – summaarne lenduv orgaaniline ühend  
ug – uttegaas  
WFGD (*Wet Flue Gas Desulphurisation*) – märg vääveloksiidide (SO<sub>x</sub>) püüdeseade suitsugaasidest



## Mõisted

**Absorptsioon** ehk neeldumine, näiteks gaasi absorptsioon on gaasi neeldumine vedelas või tahkes aines.

**Baaskoormuse jaam** – ööpäevaringselt täiskoormusel töötav jaam.

**Generaatorgaas** – gaasilise soojuskandja meetodiga põlevkiviõli tootmisest lähtuv põlevkivigaas.

**Heitgaas** – tootmisprotsessis tekkiv ja atmosfääri suunatav/eralduv gaas.

**Heitvesi** – suublasse juhitud kasutuses olnud vesi.

**Kerogeen** – põlevkivis sisalduv kõrgmolekulaarne orgaaniline aine, mis peale süsiniku ja vesiniku sisaldab ka hapnikku, väävlit ja lämmastikku.

**Kolde forsseeritus** – kolde ristlõikepinna ühiku kohta ajaühikus eralduv soojushulk määrab kütuse põlemistemperatuuri ning põlemisaja ja põlemisprotsessiga seotud soojuskaod ( $q_3$  ja  $q_4$ ).

**Kolde mahtsoojuserikoormus** – kolde mahuühiku kohta ajaühikus eralduv soojushulk, määrab koldest väljuvate suitsugaaside temperatuuri. ( $\text{kW/m}^3$ )  $q_v = Q_k/V = B \cdot Q_{at}/V$

**Koldetuhk** – osa põlemiskoldes tekkivast mittepõlevast jäägist, mis langeb põlemiskolde põhja.

**Kukersiit** – Eesti põlevkivi.

**Käitis** - paikne tehniline üksus, mille tegevus toimub ühes või mitmes keskkonnakompleksloa kohustusega tegevusvaldkonnas ja ulatuses (Tööstusheite seadus § 6 lg 1). PVT rakendamise seisukohast eristatakse *olemasolevaid käitisi* ja *uusi käitisi*.

**Kütteväärtus** – kütuse täielikul ärapõlemisel eralduv soojushulk. Eristatakse a) *alumist kütteväärtust* – ei arvestata veeauru kondenseerumissoojust, ja b) *ülemist kütteväärtust* – arvestatakse põlemisel tekkiva veeauru kondenseerumissoojusega.

**Neto elektriline kasutegur** (efektiivsus): neto elektritoodangu (toodetud elekter peatransformaatori kõrgepinge poolel, millest on lahutatud sisseostetud energia, nt lisasüsteemide energiatarve) ja kütuse/toorme energiasisendi (alumise kütteväärtuse järgi) suhe põletusüksuses teatud ajavahemikus.

**Neto kogukasutegur** (kütuse kasutamise efektiivsus): neto energiatoodangu (toodetud elekter, kuum vesi, aur, mehhaaniline energia, millest on lahutatud sisseostetud energia, nt lisasüsteemide energiatarve) ja kütuse energiasisendi (alumise kütteväärtuse järgi) suhe põletusüksuses teatud ajavahemikus.

**Mittetäielik põlemine** – vt põlemine.

**Olemaolev käitis** – käitis, mis ei ole *uus käitis*.

**PVT-ga saavutatav energiaefektiivsuse tase** ehk **PVT-ga saavutatav kasutegur (PVT SET)**: kasutegur üksuse tegelikus lahenduses täiskoormusel töötamisel.

**PVT-ga saavutatav heitetase (PVT SHT)** – saasteheite tase väljendatult saasteaine kontsentratsioonina või hetkkogusena, mis on teatud keskkonnakaitselisi nõudeid täitvate seadmete normaalse ekspluatatsiooni korral saavutatav.

**Põlemine** – keemiline reaktsioon kütuse ja hapniku vahel, mis vabastab energiat soojusena. Tahkete kütuste põlemise protsessis on kaks etappi: pürolüüs ja lenduvate pürolüüsisaaduste oksüdeerumine (tegelik põlemine). Eristatakse: a) *täielikku põlemist*, mis toimub piisava koguse hapniku olemasolul ja selle käigus vabaneb kütuse kütteväärtusele vastav energia; b) *mittetäielikku põlemist*, mis toimub hapnikuvaesemas keskkonnas ja osa kütuses sisalduvast energiast seetõttu ei vabane – suitsugaaside ja/või tahkete põlemisjääkide



koostisesse jääb põlemisvõimeliste ühendeid (lenduvad nt CO, H<sub>2</sub>S, süsivesinikud; põlemisjäägis nt süsinik, sh tahm, ja väävliühendid). Kui põlemisprotsessi eesmärgiks on energia tootmine, on mittetäielik põlemine kahjulik.

**Põlevkivi** – kerogeeni sisaldav peenkihiline musta või pruuni värvi sette kivim.

**Põlevkivigaas** – põlevkiviõli tootmisel tekkiv uttegaas ja generaatorgaas.

**Põlevkivitööstus** – tööstusharu, mis tegeleb põlevkivi kaevandamise ja töötlemisega.

**Pöördosmoos** – vee puhastamise meetod, mis põhineb membraantehnoloogial.

**Reagent** – Keemilisest reaktsioonist osa võttev aine.

**Reovesi** – üle kahjutuspiiri rikutud ja enne suublasse juhtimist puhastamist vajav vesi.

**Skraber** (i.k. *scrubber*) – suitsugaaside pesur.

**Suitsugaas** – gaasid, mis väljuvad katlast ja liiguvad piki trakti kuni korstnani.

**Stõhhiomeetria** – keemia haru, mis uurib ühendite koostist ja nende kvantitatiivseid suhteid keemilistes reaktsioonides.

**Taandamine ehk reduktsioon** – redoksreaktsiooni käigus oksüdeerijaga toimuv protsess, mis seisneb selles, et ta liidab endaga elektrone. Protsessi käigus väheneb keemilise elemendi (oksüdeerija) oksüdatsiooniaste.

**Taandatud sisaldus** – komponentide hulk, mis tuleb kütuse kütteväärtuse iga Mcal/kg kohta.

**Tahked osakesed** – osa põlemiskoldest tekkivast mittepõlevast jäägist, mis koosneb väga väikestest osakestest ning mis kanduvad koldest välja koos suitsugaasidega.

**Termofikatsioonitsükl** – soojuse ja elektri koostootmine

**Tingkütus** – kütus, mille ainsaks tunnussuuruseks on tema kütteväärtus 29,31 MJ/kg (ajalooliselt 7000 kcal/kg).

**Tipukoormuse jaam** – tarbimise tipptundidel käivitav jaam.

**Tolm** – väikesed õhus heljuvad tahke aine osakesed, mis tekivad tahkete kütuste purustamisel, laadimisel jne.

**Transfeer** – aurutorustik auru ülekandmiseks turbiinidele.

**Tuhasus** – mineraalsete mittepõlevate lisandite osakaal kütustes.

**Täielik põlemine** – vt põlemine.

**Uttegaas ehk poolkoksigaas** – protsessis mitte kondenseeruv gaas, mis saadakse põlevkivi uttmisel ehk poolkoksistamisel (põlevkivi kuumutamisel kuni 500 °C) tahke soojuskandjaga utteseadmes.

**Uus käitis** - käitis, mille projekteerimist alustatakse pärast käesoleva PVT-kirjelduse alusel koostatud PVT järelduste avaldamise kuupäeva, sh olemasoleva käitise oluliselt muudetud osa. Viimasel juhul rakenduvad uuele käitisele esitatavad nõuded mitte tervele käitisele vaid oluliselt muudetud osale.

**Vähese tööajaga jaam** – jaam, milles korrigeeritakse väljundvõimsust vastavalt ööpäevastele (elektri)tarbimise kõikumistele (*mid-merit load*).



## Summary

### Scope

This Estonian oil shale energetics Best Available Technique (BAT) reference document (BREF) covers combustion of specific local fuel - oil shale. The respective activity falls within the scope of point 1.1 of Annex 1 to Directive 2010/75/EU, „Combustion of fuels in installations with a total rated thermal input of 50 MW or more“. Although BREF for Large Combustion Plants (LCP BREF), including provisions of its final draft from June 2016 (which does not contain oil shale as a indigenous fuel), serves as a framework document for conclusion of this BAT reference document, this document contains also number of specificities which are intrinsic to oil shale and its energetics only. Given approach stems from Article 14 (5) of Directive 2010/75/EU, which specifies that permit conditions can also be set on the basis of a best available technique not described in any of the relevant BAT conclusions [see Article 14 (6)] if the requirements set in Article 14 (5) are complied with.

In addition to oil shale, this BAT reference document covers also combustion of an important co-product of shale oil production, namely shale oil gases, which falls within the scope of point 1.4 (b) of Annex 1 to Directive 2010/75/EU „Gasification or liquefaction of other fuels than coal in installations with a total rated thermal input of 20 MW or more“. In principle, this is a similar activity to refining of mineral oil and gas (point 1.2 of Annex 1 to Directive 2010/75/EU), but due to specific composition and properties of shale oil gases, the BREF for Refining of Mineral Oil and Gas (REF BREF) is not directly applicable in this case, as its scope covers natural hydrocarbon mixtures (crude oil and natural gas) only. Similarly to oil shale, combustion of shale oil gases is not covered by LCP BREF and its final draft from June 2016.

#### The following aspects are the specificities of oil shale and oil shale gas:

- Reduced ash content of oil shale is approximately ten times higher than the ash content of other comparable fuels (chapter 2.2.1). Therefore, also an estimated fly ash concentration in oil shale flue gas is approximately ten times higher than the fly ash concentration in other comparable fuels flue gases.
- Reduced sulphur content of oil shale is approximately five times higher than the reduced sulphur content of brown coal, up to nine times higher than coal reduced sulphur content and over two times higher than high-sulphur semi-anthracites and anthracites reduced sulphur content.
- Reduced carbonates and chlorine content of oil shale is high compared to other fuels that do not contain carbonates and chlorine or their content is marginal.
- Reduced hydrogen sulphide content of oil shale generator gas is up to one and a half times higher than reduced hydrogen sulphide content of blast furnace gas and up to seven times higher than coal generator gas. As a result of this sulphur dioxide concentration is also accordingly higher in oil shale generator gas flue gases.
- Reduced carbon dioxide content of oil shale generator gas is up to two times higher than reduced carbon dioxide content of blast furnace gas and over four times higher than coal generator gas.
- Reduced nitrogen content of oil shale generator gas is up to one thirds higher than reduced nitrogen content of blast furnace gas and over two times higher than coal generator gas.



- Reduced hydrogen sulphide content of oil shale retorting gas is over two times higher than reduced hydrogen sulphide content of coke oven gas and up to four times higher than in residual gas of rectification.
- Sulphur dioxide concentration in oil shale retorting gas is estimated to be over two times higher than in coke oven gas and up to four times higher than in residual gas of rectification.
- Reduced carbon dioxide content of oil shale retorting gas is up to one thirds higher than reduced carbon dioxide content of coke oven gas and up to eight times higher than in residual gas of rectification.

The following aspects are the specificities of power plants that use oil shale as fuel:

- Low efficiency – power plant with high pressure and interim superheated primary steam turbine has a 30% efficiency. Coal-fired power plant with overcritical pressure with one or two time interim superheated primary steam has a 40% efficiency.
- Large amounts of oil shale – power plants that use oil shale as a fuel have lower efficiency as oil shale calorific value is lower. Therefore, specific fuel consumption in oil shale power plants is approximately 1.40 t/MWh (with coal it is 0.40 t/MWh).
- Large amounts of oil shale ash – due to lower efficiency of oil shale fired power plants and lower calorific value and higher ash content of oil shale, the oil shale ash production in oil shale power plants is approximately 0.70 t/MWh (with coal it is 0.10 t/MWh).
- Higher consumption of cooling water – due to lower efficiency of oil shale fired power plants, the consumption of cooling water is approximately one and a half times higher than in coal-fired power plant.
- Higher power plant chimneys – at a time when the chimneys were built, no flue gas cleaning equipment was used. Therefore, high chimneys were meant to dissipate emissions with high concentration of solid particles (PM), sulphur dioxide (SO<sub>2</sub>) and nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>).
- Oil shale power plant's fixed costs are higher than the ones of coal-fired power plant.

Activities/processes related to energetic use of oil shale are also regulated with other BAT reference documents (BREFs) as follows.

| <b>Activities associated with energetic use of oil shale</b>           | <b>BAT information</b> |
|------------------------------------------------------------------------|------------------------|
| Fuel (oil shale) intermediate storage*                                 | <i>Storage BREF</i>    |
| Storage of liquid fuels*                                               | <i>Storage BREF</i>    |
| Cleaning of other waste gases than fuel gases                          | <i>CWW BREF</i>        |
| Cleaning of other waste water than waste water from flue gas cleaning* | <i>CWW BREF</i>        |
| Industrial cooling processes                                           | <i>ICS BREF</i>        |
| Large combustion plants**                                              | <i>LCP BREF</i>        |

\* as plants are integrated with shale oil production then given issues are covered by shale oil production BAT reference document and therefore are not part of this BAT reference document's scope

\*\* framework of LCP BREF has been used as an example in forming this BAT reference document

Waste management activities as landfilling of semi coke and ash, which are separately mentioned in Annex 1 of Directive 2010/75/EU, are not part of this BAT reference document's scope. The same applies to mining and enrichment of oil shale, which are part of BAT reference document covering mining wastes.



For determination of BAT levels of oil shale energetics, it's also important to consider the aspects of environmental management. In this respect the conclusions of the following horizontal reference documents are applicable:

- Energy Efficiency (ENE);
- General Principles of Monitoring (MON);
- Economic and Cross-Media Effects (ECM).

The techniques listed and described in these BAT conclusions are neither standard nor exhaustive. Other techniques that enable to achieve at least an equivalent level of environmental protection may also be applied.

Unless otherwise stated, these BAT conclusions are generally applicable.





## 1. Põlevkivil põhineva tööstuse ülevaade

### 1.1. Eesti põlevkivi energeetilise kasutamise lühikronoloogia

Põlevkivi kui maavara esmakirjeldamise aluseks Eestis on 18. sajandil Kohala külast<sup>1</sup> Lääne-Virumaal Sõmeru vallast leitud kivimid. Neid kivimeid uuris Peterburi Vabamajanduse Seltsi keemik Johann Gottlieb Georgi<sup>2</sup> [4].

Eestis on põlevkivi tööstuslikku kasutamist<sup>3</sup> arendatud juba 100 aastat. Katseliselt hakati põlevkivi kasutama 20. sajandi alguses, kui Esimese maailmasõja tõttu puhkes kütusekriis. 1916. aasta kevadel alustati Jõhvi ja Kohtla raudteejaamade vahelisel maa-alal Türpsalu küla lähedal rikkalike põlevkivilademete katsekaevandamist ja juba juunis saadeti 22 vagunitäit Peterburi tööstuslikuks katsetamiseks. 1916. aastat loetakse Eesti põlevkivitööstuse<sup>4</sup> algusaastaks [5, 6].

Peale Eesti iseseisvumist 1918. a algas põlevkivi alaline kaevandamine. Avati Pavandu ja Vanamõisa karjäärid ning Kukruse ja Käva kaevandused. Nendele lisandusid eraettevõtlusel põhinevad kaevandused nagu Kiviõli, Kütte Jõud, Ubja, Viivikonna ja Kohtla. Põlevkivi kasutati peamiselt tsemenditööstuses, vedurite küttekolletes ja kodumajapidamises.

Kuni Teise maailmasõjani arendati iseseisvunud Eestis intensiivselt ka põlevkiviõli tootmist. 1921. a ehitati põlevkivi utmise katsegeneraatorid, mille eksploatatsioonist saadud kogemuste põhjal järgnevatel aastatel 1924–1943 rajati juba mitmeid õlitechaseid ja tunnelahjusid.

Esimene suur õlivabrik käivitati 1924. aasta detsembris Kohtla-Järvel, läbilaske võimsusega kuni 200 tonni põlevkivi päevas. Aastane toorõlitootang oli umbes 10 000 tonni aastas. Samal ajal valmis ka õlitechase kõrval asuv jõujaam, mis varustas õlitechast auruga ja ümbruskonda elektrienergiaga. 1926. aastal asendati õlitechase kõrval asuva jõujaama senine põlevkivil baseeruv kütmissviis õlitechasest pärineva põlevkivi utmisgaasiga. Seda aastat võib pidada põlevkivi utmisgaasi kui energeetilise kütuse kasutuse algusaastaks [7].

Teise maailmasõja järel arenes põlevkivitööstus eriti tõhusalt Kohtla-Järvel ja Kiviõlis, kus anti käiku mitmeid õligerenaatoreid, tunnelahjusid, gaasigerenaatoreid. Esimene tahke soojuskandjaga utteseade käivitati Kiviõlis 1953. a [8]. Eesti Soojuselektrijaama juurde ehitati 1980. a kaks tahkel soojuskandjal töötavat põlevkivi utteseadet.

Pärast Eesti taasiseseisvumist 20. augustil 1991. a on õlitööstuse areng Eestis olnud eriti tootlik. Mitmete ettevõtete nagu Viru Keemia Grupp, Eesti Energia AS, Kiviõli Keemiatööstuse OÜ aktiivse tegevuse tulemusena on taaskäivitatud õlitoomise seadmeid (TSK-500, TSK-140, Kiviter), ehitatud mitmeid uusi õlitootmise tehaseid (Petroter 1,2,3) ja arendatud õlitoomise

<sup>1</sup> toona Tolksi nime kandva Anton- Johann Engelhardt mõisa maad

<sup>2</sup> 28. märtsi 1789 ettekanne seltsile põlevkivi sobilikkusest ahjukütteks, toorõli saamiseks ja põlevkivi tuha tsemendi tootmise võimalikkusest

<sup>3</sup> sh põlevkivi põletamine

<sup>4</sup> tööstusharu, mis tegeleb põlevkivi kaevandamise ja töötlemisega





tehnoloogiat (Enefit 280) [1]. Hüppeliselt on kasvanud ka õlitootmise kõrvalsaaduste, põlevkivigaaside eraldumine ja nende kasutamine energia tootmisel soojuselektrijaamades (Eesti Elektriyaam, Kiviõli Keemiatööstuse SEJ, VKG Põhja ja Lõuna Elektriyaamad).

Saja aasta jooksul on põlevkivi põletamisel ära katsetatud kõik maailmas teadaolevad tahkekütuse kiht- ja tolmpõletamise meetodite tehnoloogiad, ka põlevkivi põletamine tsemendiklinkri pöördahjus<sup>5</sup>. Põlevkivi otsepõletamine toimus algselt vedurikolde, seejärel üha enam tööstuskateldes, tavaliselt puitkütusele ettenähtud plaanrestil.

Tähtis etapp põlevkivienergeetika ajaloos algas 1924. a, kui Tallinna Soojuselektrijaam viidi üle põlevkiviküttele ja seda aastat loetakse põlevkivienergeetika algusaastaks elektrienergia tootmise tähenduses [6]. Seejärel ehitati Põhja-Eestisse veel mitu põlevkivi põletavat elektrijaama nagu Püssi, Kohtla, Kunda, Kiviõli.

Kõik põlevkivi põletamisel katsetatud tehnoloogilised ja tehnilised lahendused ei jõudnud tööstusliku rakendamiseni. Peamiseks raskuseks oli põlevkivi orgaaniliste ja mineraalsete osade omaduste erilisus võrreldes teiste tahkekütustega. Eesti põlevkivi ehk kukersiidi orgaanilise osa omadused on põletamiseks head, kuid mineraalse osa omaduste tõttu on põlevkivi põletamine raske.

Põlevkivi põletamise tehnoloogia arenes etappidena: kihtpõletus liikuva restiga<sup>6</sup>, tolmpõletus tahkešlakiärastusega, keevkihtpõletus tsirkuleerivas keevkihis ja põlevkivigaaside<sup>7</sup> põletamine ainsa kütusena või koos põlevkiviga.

Põlevkivienergeetika uus arenguetapp algas 1959. aastal, kui käivitati esimesed põlevkivi tolmpõletamisel töötavad kõrgrõhukatelagregaadid Balti Elektriyaamas [6]. Eesti Elektriyaama esimene energiaplokk anti käiku 1969. a.

2004. aastal alustati Eestis põlevkivi põletamist keevkihis, kui Eesti- ja Balti elektrijaamades asendati vastavalt 180 MW<sub>e</sub> ja 170 MW<sub>e</sub> võimsusega energiaplokkide tolmpõletuskatlad tsirkuleerivate keevkihtkateldegaga. Plokkide moderniseerimise käigus suurendati ka nende elektrilist võimsust kuni 215 MW<sub>e</sub> [6].

Kahe energiaploki keevkihttehnoloogiale üleviimise kogemuste alusel alustati 2011. aastal uue keevkihttehnoloogial põhineva Auvere elektrijaama ehitamist. 2016. aasta alguses alustas ehitaja Auvere elektrijaama töökindluse katseid. Katseid viivad ehitaja juhtimise ja kontrolli all läbi Enefit Energiatootmine AS töötajad. Elektriyaama üleandmine Enefit Energiatootmine AS-ile leiab aset peale katsete edukat lõppu ja üleandmisakti allkirjastamist [10].

Eestis on kolm ettevõtet, mille 5-s soojuselektrijaamas põletatakse põlevkivi ja põlevkivigaase elektri- ja soojusenergia tootmiseks.

<sup>5</sup> põlevkivi esimene tööstuslik suurtarbija 1920-ndatel aastatel oli Kunda tsemenditehas

<sup>6</sup> Tolleaegsetes elektrijaamades põlevkivi kihtpõletamine toimus Krull-Lomšakov ja Ilmarine tüüpi liikuvlülidega kaldrestidel. Taolise põletamise tehnoloogia areng kestis kuni 1960-ndate aastateni ja seejärel hakati hoogsalt juurutama tolmpõletustehnoloogiat.

<sup>7</sup> generaatorgaas ja uttegaas

**Tabel 1.1. Eestis põlevkivi ja põlevkivigaase põletavad soojuselektrijaamad**

| Ettevõtte                 | Elektrijaam | Katlatüüp      |
|---------------------------|-------------|----------------|
| Kiviõli Keemiatööstus OÜ  | Kiviõli SEJ | E-25/40-440 GM |
|                           |             | TS-35          |
| Viru Keemia Grupp AS*     | Põhja SEJ   | BKZ-75-39 Fsl  |
|                           | Lõuna SEJ   | BKZ-75-39D     |
| Enefit Energiatootmine AS | Eesti SEJ   | TP-101         |
|                           |             | CFB (1)        |
|                           | Balti SEJ** | TP-67          |
|                           |             | CFB (2)        |

\* põletatakse põhilisest põlevkivigaase

\*\* põlevkivigaase ei põletata

Lähtudes Eesti Energiamaajanduse arengukava 2030+ eelnõust (ENMAK 2030+, [58]) ning tuginedes Euroopa Liidu kliima ja energiapoliitika [69] pikaajalistele eesmärkidele, minnakse põlevkivienergeetikas senini valdavas osas kasutusel olevalt põlevkivi otsepõletus-tehnoloogialt järk-järgult üle põlevkivi kõrgemat lisandväärtust, ressursi kasutamise efektiivsust (enam kui 75%) ning madalamat keskkonnamõju võimaldavatele põlevkiviõli ja -elektri koostootmislahenduste rakendamisele. Kui plaanid realiseeruvad, väheneb põlevkivi otsepõletamine 2030. a oluliselt. Sellega pikeneb põlevkivi väärtusahel ja väheneb saastekoormus, sh heited välisõhku.

## 1.2. Põlevkivi varud, kaevandamise mahud, tehnoloogiad ja kvaliteet

Põlevkivi kaevandamise tippaasta maailmas oli 1980. a, mil kaevandati kokku 47 miljonit tonni põlevkivi, sellest 31 miljonit tonni Eestis [10]. Järgmistel aastatel põlevkivi kaevandamine Eestis vähenes ja on tänaseks stabiliseerunud tasemele 15–18 miljonit tonni aastas. 2015. aastal kaevandati Eesti põlevkivimaardlast kokku 14 908 tuhat tonni põlevkivi aktiivset tarbevaru, kaod moodustasid kokku 4 557 tuhat tonni.

Eesti põlevkivi on umbes 450 miljonit aastat vana. Eesti põlevkivi levikuala on Ida- ja Lääne-Virumaal ca 1 647 km<sup>2</sup>. Kaevandatud ala on ca 425 km<sup>2</sup>. Eesti põlevkivimaardla on jaotatud 23-ks maardlaosaks ehk kaeve- ja uuringuväljaks. Kehtiva kaevandusloaga on hõlmatud 13 maardlaosa. Põlevkivi kaevandused ja karjäärid paiknevad peamiselt Ida-Virumaal, Lääne-Virumaale jääb vaid vana Ubja kaevandus ja praegune Ubja karjäär.

Eesti põlevkivimaardla põlevkivivaru oli 2015. aasta lõpu seisuga 4 708 mln t ning jagunes järgnevalt [11]:

- aktiivset tarbevaru oli 988 mln t (21%),
- aktiivset reservvaru 303 mln t (6%),
- passiivset tarbevaru 1 693 mln t (36%),
- passiivset reservvaru 1 724 mln t (37%).

Kaevandamisloa taotluse saab esitada aktiivse tarbevaru, mis moodustab umbes veerandi kogu Eesti põlevkivivarust, kaevandamiseks. Ülejäänud põlevkivivarude osas tuleb teostada kas täiendavaid uuringuid kaevandamiseks ja kasutamiseks vajalike andmete saamiseks (reservvaru) ja/või selle varu kasutamine ei ole hetkel kas keskkonnakaitse seisukohalt võimalik või



puudub vastav tehnoloogia (passiivne varu). Samas võib passiivne varu tulevikus osutada kasutuskõlblikuks. Suur osa maardla varust paikneb looduskaitsest ja asustusest tingitud piirangute vööndis. Kaitstavad alad moodustavad 29% Eesti põlevkivimaardla pindalast, seejuures seni kaevandamata alast 38%.

Põlevkivi asub Eestis 10–70 meetri sügavusel maa sees. Maapinnale lähemal on põlevkivi põhjapoolsetel kaevandusaladel, kus põlevkivi kaevandatakse lahtistes karjäärides (nt Narva, Sirgala, Ojamaa, Põhja-Kiviõli, Kohala). Põlevkivi kiht paikneb lõuna pool järjest sügavamal – Estonia kaevanduses on põlevkivi kiht juba sügavusel 50–70 meetrit. Kaevandatav põlevkivi kiht on 2,7 kuni 2,9 meetri paksune. Kihi paksus väheneb pidevalt lõuna suunas 2,1 meetrini ja lääne suunas 1,6 meetrini.

Eesti põlevkivimaardla kattub täielikult või osaliselt järgnevate kaasneva maavara maardlatega: 19 liiva-, 17 turba-, 4 kruusa-, 2 fosforiidi-, 1 savi- ja 1 lubjakivimaardlaga. Ehitusmaavarade maardlad ja turbamaardlad paiknevad geoloogilises läbilõikes põlevkivi-kihindist kõrgemal, fosforiidimaardlad aga ligikaudu 30–35 m allpool.

Kaevandamisel saadava põlevkivi võib fraktsiooni suuruse alusel jaotada suurema fraktsiooniga tükipõlevkiviks ehk tükikiviks (25–125 mm) ning väikse fraktsiooniga peenpõlevkiviks ehk peenkiviks (0–25 mm). Üldjuhul saadakse pealmaakaevandustes jämedamat fraktsiooni, kuna allmaakaevandustes on vaja kasutada rohkem lõhkamist, kuid esineb ka märkimisväärsed erinevusi.

Põlevkivi kaevandamisel kasutatakse Eestis järgmisi tehnoloogiaid:

- Pealmaakaevandamine: karjäärides kasutatakse põlevkivi kaevandamiseks vaal- ja transportkaevandamise tehnoloogiat. Pealmaakaevandamisel võib kadu ulatuda 12%-ni kaevandatavast varust.
- Allmaakaevandamine: kaevandustes kaevandatakse põlevkivi kamberkaevandamisviisil. Allmaakaevandamisel võib kadu ulatuda kuni 35%-ni kaevandatavast varust.

Põlevkivi energeetilise kvaliteedi hindamiseks kasutatakse kütteväärtust. Kasutatava põlevkivi kütteväärtus erinevates leiukohtades on erinev sõltuvalt orgaanilise aine sisaldusest. Praegu Eestis kaevandatava põlevkivi kütteväärtus jääb vahemikku 7,5–10,9 MJ/kg. Jordaania uuritava põlevkivi kütteväärtus on madalam ning jääb piiridesse 4–6 MJ/kg.

### 1.3. Põlevkivienergeetika majanduslik olukord

Peaaegu kogu Eesti põlevkivi kasutatakse ära elektri- ja soojusenergia ning põlevkiviõli tootmiseks. Lisaks kasutatakse paar protsenti kaevandatud põlevkivist ära ka tsemendi tootmises. Põlevkivi energeetilise kasutamise raames tekkivaid jääke saab kasutada ehitusmaterjalide tootmises, teedehituses ja pinnaste stabiliseerimisel, happeliste muldade neutraliseerimisel ning põlevkivikeemia toodete valmistamiseks.

Madala kütteväärtuse ja mineraalosa suure sisalduse tõttu ei ole põlevkivil ekspordipotentsiaali energeetilise maavarana ning selle majanduslik otstarbekus piirdub kasutamisega kaevanduste ja karjääride lähedusse rajatud tööstuse toormena. Samas on hea ekspordipotentsiaal põlevkivi töötlemisel saadud põlevkiviõlil, elektrienergial ja keemiatoodetel [14]. Kaupade ekspordist andis põlevkiviõli ja elekter 2014. aastal 5,9% ja 2015. aastal vastavalt 3,8%.



Põlevkivitööstuse jätkusuutlik arendamine on riigi seisukohalt prioriteetne mitmetel põhjustel – see tagab Eestile poliitiliselt väga tähtsa energeetilise sõltumatuse, on oluliseks riigitulu allikaks, avaldab Eesti väliskaubanduse bilansile positiivset mõju ning panustab oluliselt tööhõivesse Ida-Viru maakonnas, tõstes seeläbi kohalikku sotsiaalset heaolu ja mõjutades seejuures laiemalt ka kogu Eesti tööturgu. Sotsiaalse heaolu tagamise kõrval tuleb arvestada ka kaevandamise ja töötlemise olulist keskkonnamõju, mis omakorda avaldab mõju rahva tervisele [14]. Põlevkivitööstuse tähtsus tööhõives on samas ka probleemne, kuna tekitab ainustruktuurseid piirkondi, muutes need kujunenud olukordadest suuresti sõltuvaks.

Arvestades põlevkivi rolli sellega kõige rohkem seotud valdkondades (kaevandamine, õli tootmine, elektri- ja soojuste tootmine), siis 2014. a näitajate<sup>8</sup> alusel moodustas põlevkiviga seotud lisandväärtus 480 mln eurot ehk ca 4% kõigi ettevõtete lisandväärtusest ja 3% kogu majanduse lisandväärtusest<sup>9</sup>. Eelnimetatud valdkondadega on hõivatud ca 6400 töötajat ehk 1,4% ettevõtetes hõivatutest ja 1% kogu majanduses hõivatutest. Eesti riigi maksutuludest moodustavad põlevkivil põhineva tööstuse maksud 1,7% ja ettevõtete tasutud maksudest<sup>10</sup> 5,5%.

Põlevkivitööstust, sh -energeetikat mõjutavad mitmed viimastel aastatel aset leidnud olulised muudatused, mille jätkumisel võib põlevkivitööstuse jätkusuutlikus väheneda. Järgnevalt on välja toodud olulisemad põlevkivitööstust mõjutavad arengud:

- **Energiahinnad ja nende volatiilsus.** Eelkõige nafta/õli maailmaturu hinnad, aga ka elektri piirkondlikud hinnad on viimase paari aasta jooksul oluliselt langenud, andes põlevkivi väärimise majanduslikule tasuvusele suure tagasilöögi. Kuna naftahindu ja ilmastikust sõltuvat elektritootmist iseloomustab nii suur volatiilsus kui ka pikaajaline tsüklilisus, peab tööstusharu olema valmis toime tulema nii lühemaajaliste kõikumistega turuhindades, kui ka võimaliku aastatepikkuse madala turuhinna olukorraga, mis võib sama järsult tulevikus ka (kõrgemaks) muutuda.
- **Põlevkivi kaevandamine muutub ajas järjest kallimaks** [14]. Tegemist on tüüpilise trendiga kaevandavate ressursside puhul, mis tuleneb sellest, et majanduslikult kõige tasuvamad ressursid on juba kaevandatud. Nii näiteks väheneb edaspidi pealmaa-kaevandamise osakaal ning suureneb allmaakaevandamine. Uute maardlate avamine toob aga kaasa muutusi kaevandatava põlevkivi fraktsioonis, keemilises koostises ja kütteväärtuses.
- **Aastatel 2018–2023 lõpeb ligi kolmandiku olemasolevate põlevkivist elektritootmise seadmete majanduslik eluiga.** Seetõttu tuleb kaaluda märkimisväärtete investeeringute tegemist olemasolevatesse või uutesse võimsustesse, lähtudes seejuures eelkõige investeeringute majanduslikust põhjendatusest. Kuna põlevkivist õli tootmine kahjustab vähem keskkonda ja soodsate naftahindade korral loob võrreldes elektri tootmisega ka rohkem lisandväärtust, siis nafta maailmaturuhinna taastumise korral tasemele 65–75 \$/barrell tooks see tõenäoliselt kaasa põlevkivist otsepõletamise teel elektri tootmise asendumise põlevkivist õli tootmisega, mille puhul elektritoodang oleks kaasproduktiks (elektri tootmine jääks soojusest ja uttegaasidest koos muude kütuste otsepõletamisega). Seda muutust toetavad ka viimastel aastatel toimunud elektrituru avanemine, uute

<sup>8</sup> Statistikaameti, Eesti Energia Kaevandused ja VKG Kaevandused andmed

<sup>9</sup> lisanduvad avalik sektor, finantsvahendus ja kodumajapidamistes loodud väärtus jmt.

<sup>10</sup> kokku on summeeritud sotsiaalmaksud, ettevõtete tulumaks ja muud maksud, näiteks keskkonnatasud



piiriüleste ülekandevõimsuste kasutuselevõtt ning taastuenergia osakaalu suurenemine, mille tulemusel on vähenemas põlevkivi roll elektrienergia varustuskindluse tagamisel.

- Lisaks pööratakse nii EL-is, kui ka Eestis järjest **rohkem tähelepanu põlevkivitööstuse keskkonnanäppidele**, mille tõttu on keskkonnatasud viimastel aastatel hüppeliselt tõusnud. Sellele lisanduvad veel investeeringud mitmete regulatiivsete nõuete (nt THD, BREF-id) täitmiseks ja keskkonnamõju vähendamiseks. Olulist rolli mängib ka edasiste kokkulepete saavutamine Pariisi kliimakokkuleppe raamistikus käsitletavate CO<sub>2</sub> heite vähendamise meetmete osas. Juhul, kui ambitsioonikaid rahvusvahelisi kokkuleppeid sõlmida ei õnnestu, siis on tõenäoline, et põlevkivitööstusele saavad keskmise perioodi jooksul pakkuma leevendust EL-is rakendatavad süsinikulekke meetmed. Kliimapolitiikal ja keskkonnatasudel on pikemas perspektiivis oluline roll põlevkivitööstuse tasuvuses. Senisest enam on tõusnud tähelepanu alla Eesti põlevkiviressursi majandusliku väärtuse kõrvutamine ressursi töötlemisest paratamatult tulenevate keskkonnamõjudega.

#### 1.4. Põlevkivienergeetika peamised keskkonnanäppid

Põletusseadmetest väljutatava heite ja jäätmete kogused ning iseloom on peamiselt määratud kütuse omaduste, kasutatavate põletustehnoloogiate ja lõpp-puhastuse seadmetega.

Põlevkivi on suure mineraalne sisaldusega kütus ja seetõttu moodustub põletamisel suures koguses tuhka, millest küllaltki suur osa kandub katlast välja koos suitsugaasidega. Põlevkivigaaside energeetilised omadused sõltuvad õli tootmisprotsessist. Generaatorgaas on madala kütteväärtusega ja uttegaas väga kõrge kütteväärtusega, mistõttu mõlema tehnoloogia olemasolul õli tootmise käitises eelistatakse nende põletamist segatuna, st segugaasina. Teiste gaaskütustega võrreldes on põlevkivigaasil suur väävliühendite sisaldus. Seetõttu võidakse, juhul kui põlevkivigaaside osakaal kütusesegus on suur, katlasse lisada väävliheite vähendamiseks lubjakivi.

Lisaks põlevkivile ja -gaasidele põletatakse (soojus)elektrijaamades ka teisi kütuseid – erinevaid biomassi liike, põlevkiviõli (kõivitamisel), peendisperset tuharikast kütust, maagaasi, katsetustena turvast ja kivisütt. Seega mitmete erinevate kütuste nii eraldi kui koospõletamise tulemusena heidetakse välisõhku varieeruva saasteainete sisaldusega heitgaasid. Erinevate kütuste põlemisel väliskeskkonda mõjutavate ühendite teket ja kontsentratsiooni heitgaasis määravad kütuse omadused ja põletustehnoloogia, püüdeseadmete efektiivsus ning põletusseadme töörežiim ja konstruktsiooni iseärasused.

Sarnaselt teiste põletusseadmetega vajavad põlevkivienergeetika (soojus)elektrijaamad suures koguses vett, kasutatavad protsessid võivad olla oluliseks müraallikaks ning samuti võivad saasteained sattuda vette ja pinnasesse.

Keskkonnajuhtimine ja saaste vähendamist võimaldavate investeeringute tegemine on põlevkivienergeetika käitistes saanud tavapäraseks. Selle tulemusena on ka põlevkivist soojuse ja elektri tootmisest tulenevad heited ja põlevkivienergeetika keskkonnamõju aastatega vähenenud ning väheneb jätkuvalt.



#### 1.4.1. Õhkuheited

Põlevkivi, põlevkivigaaside ja teiste kütuste (koos)põletamisel on peamisteks välisõhu saasteaineteks tahked osakesed, lämmastikoksiidid, vääveloksiidid, süsinikmonooksiidid, vesiniksulfiid, vesinikkloriid, vesinikfluoriid, süsihappegaas, polütsükliised aromaatsed süsivesinikud ja kergeltlenduvad raskmetallid. Kõige enam mõjutavad välisõhku väljutatavate saasteainete kontsentratsiooni põlevkivi ja põlevkivigaaside koostis ning lõpppuhastusseadmete olemasolu ning efektiivsus.

**Lämmastikoksiidid** ( $\text{NO}_x$ ).  $\text{NO}_x$ -id tekivad põlemisprotsessis (hapnikuga reageerides moodustub  $\text{NO}$  ja sealt edasi  $\text{NO}_2$ ) ning oluline roll siinkohal on põlemistingimustel.  $\text{NO}_x$  väljutavateks allikateks põlevkivi energeetikas on korstnad. Peamised parameetrid, millest sõltub  $\text{NO}_x$  kontsentratsioon suitsugaasis on lämmastiku hulk kütuses, liigõhutegur ja põlemistemperatuur. Lämmastikoksiidide tekkimisel on kolm tekkemehhanismi:

- Termilised lämmastikoksiidid, mis tekivad õhu lämmastiku ja hapniku omavahelises reaktsioonis põlemisprotsessis;
- Kütuselised lämmastikoksiidid, mis tekivad kütuses sisalduva lämmastiku ja õhus sisalduva hapniku reageerimisel põlemisprotsessis;
- Kiired, millisekundite vältel tekkivad lämmastikoksiidid, mis tekivad põlemisleegi frondil lämmastiku ja hapniku radikaalide reageerimisel põlemisprotsessis.

Erinevate tehnikate kasutamise korral on tekkivate lämmastikoksiidide kontsentratsioon suitsugaasis erinev ja sõltub katla soojuskoormusest, õhurežiimist, koldes tekkinud gaasi katlas viibimise ajast ja kütuse koostisest. Lisaks ka kolde ja katla konstruktsiooni omapärast. [6]

**Vääveloksiidid** ( $\text{SO}_x$ ). Põlevkivienergeetikas väljutatakse  $\text{SO}_x$  heited korstendest. Tahkekütuse põletamisel on vääveloksiidide tekkeallikateks kütuse orgaanilise osa väävel ja väävel mineraalosa mineraalidest. Väävli mineraalosa esineb kahes vormis: sulfaatne ( $\text{Ca}$ -,  $\text{Mg}$ -,  $\text{Na}$ -,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) ja püriidne ( $\text{FeS}_2$ ), põlevkivi puhul markasiitne ( $\text{FeS}_2$ ). Tolmpõletuse ja tsirkuleeriva keevkihi põletamise puhul on põlevkivituhal võime siduda vääveldioksiide ( $\text{SO}_2$ ) ja vääveltrioksiide ( $\text{SO}_3$ ) ja need vääveloksiidid väljutatakse katlast koos tuhaga tahkel kujul sulfaatidena ( $\text{CaSO}_4$ ), sulfitidena ( $\text{CaSO}_3$ ) ja sulfiididena ( $\text{CaS}$ ). Vääveloksiidide sidumise määr põlevkivi tuhaga sõltub mitmest tegurist, milleks on: kütuse koostis, põlemistemperatuur, lendtuha granulomeetiline jaotus, hapniku osarõhk koldes tekkinud gaasis ja sulfatiseerimisprotsessi kestus. Kukersiidi mineraalne osa sisaldab kuni 4% markasiiti ( $\text{FeS}_2$ ). Suur markasiidi sisaldus põhjustab kukersiidi põlemisel suure, kuni  $9500 \text{ mg/Nm}^3$  vääveldioksiidi ( $\text{SO}_2$ ) kontsentratsiooni tekkimise. Kuna kukersiidi  $\text{Ca/S}$  moolsuhe on kuni 10, siis nii suure  $\text{Ca/S}$  moolsuhte puhul toimub efektiivne suitsugaaside desulfureerimine. Suitsugaaside desulfureerimise efektiivsus oleneb peale  $\text{Ca/S}$  moolsuhte veel kukersiidi põlemise temperatuurist ja ajast, suitsugaasides vääveldioksiidi ( $\text{SO}_2$ ), hapniku ( $\text{O}_2$ ) ja veeauru ( $\text{H}_2\text{O}$ ) kontsentratsioonist ning lendtuha poorsusest, dispersusest ja vaba lubja ( $\text{CaOv}$ ) sisaldusest [59, 60]. Põlevkivi põlemisel tekkiva soojuse arvel lagunevad kabonaadid ja tekkiv kaltsiumoksiid ( $\text{CaO}$ ) reageerides vääveloksiididega seob viimase moodustuvasse tuhka. Erinevate kütuste keevkihi põletamisel suunatakse sageli koldesse või katla gaasikäiku täiendavalt absorbente kas lubjakivi, dolomiidi,  $\text{MgO}$  või kustutamata lubjana. Domineerivaks faktoriks vääveloksiidide sidumisel on põlemistemperatuur. Põlemistemperatuuri alandamisega sidumistegur suureneb. Tolmpõletuse puhul on põlemistemperatuur ca  $1450^\circ\text{C}$  ja väävelsidumistegur 75–80% ning tsirkuleerivas kihis põletamistemperatuur ca  $850^\circ\text{C}$  ja





väävliisidumistegur kuni 99,8%. Vääveloksiididest saab õhuniiskusega ühinedes  $\text{H}_2\text{SO}_3$  ja  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , mis muudab sademed happeliseks (pH väärtus langeb).

**Süsinikmonooksiid (CO).** CO on mittetäielikul põletamisel tekkiv gaas. CO heidetakse välisõhku koos muude heitgaasidega korstendest. Süsinikmonooksiidi sisaldavad nii põlevkivi orgaanilise aine põlemissaadused, kuid see tekib ka põlemisel koksi süsinikust. Süsinikmonooksiidi põlemissoojus, mis jääb põlemisel vabanemata on osa soojuskaost kütuse mittetäielikul põlemisel. Süsinikmonooksiid on toksiline ühend. Süsinikmonooksiidi kontsentratsiooni katlast väljuvas suitsugaasis määrab kütuse põlemisprotsessi täiuslikkus, mis omakorda sõltub põlemistemperatuurist ja hapniku kontsentratsioonist (liigõhutegurist). Veeaur mõjutab katalüsaatorina süsiniku põlemist [6].

**Vesinikkloriid (HCl).** HCl on happeline ühend. Algselt gaasilisest vesinikkloriidist saab õhuniiskusega ühinedes soolhape, mis muudab sademed happeliseks (pH väärtus langeb). Põlevkivi orgaanilises osas sisalduv kloor on vesinikkloriidi allikaks suitsugaasis.

**Süsinikdioksiid ( $\text{CO}_2$ ).**  $\text{CO}_2$  on kasvuhoonegaas, mille heidet atmosfääri peetakse üheks peamiseks globaalse kliimasoojenemise põhjustajaks. Peamised  $\text{CO}_2$  väljutamise allikad põlevkivienergeetikas on korstnad.  $\text{CO}_2$  tekib orgaanilise süsiniku põlemisreaktsioonides ja ka süsinikku sisaldavatest mineraalidest, mis kütuses on enamasti karbonaathendite kujul. Orgaanilise süsiniku muundumine täiel määral  $\text{CO}_2$ -ks eeldab süsiniku täielikku põlemist.

**Tahked osakesed (PM)** on õhus suspendeeritud orgaaniliste ja anorgaaniliste tahkete ainete ja vedeliku osakeste segu, mida eristatakse nende aerodünaamilise läbimõõdu alusel (nt peenosakesed PM<sub>2,5</sub> ja PM<sub>10</sub>). Põlevkivienergeetikas tekib tahkete osakeste heide põlemisprotsessist lendtuhanas (peale suitsugaaside puhastusseadmeid väljutatakse korstendest heitgaasi koosseisus), samuti tolmuna põlevkivi ettevalmistamisel (purustamisel, jahvatamisel ja transpordil) ja tuhakäitlusel.

**Raskmetallid.** Raskmetallide kontsentratsiooni korstnast väljuvas heitgaasis määrab kütuses sisalduvate raskmetallide kontsentratsioon, põletamismeetod ja lendtuha kontsentratsioon heitgaasis, mis aga omakorda sõltub tuhapiüdurite efektiivsusest. Suurim tuhavoog on katla külmlahtrisse sadestuv šlakk, kuid sellega seotud raskmetallide koguhulk on tunduvalt väiksem nende sisaldusest kütuses. Tsüklontuhas on aga raskmetalle juba mõningal määral rohkem. Raskmetallide eraldumise üldbilansi seisukohalt on tähtsaim elektrifiltris väljasadestunud tuha hulk [6].

**Polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud (PAS).** Polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud on toksilised kõrgmolekulaarsed süsinikust ja vesinikust koosnevad ühendid, millest mitmed on kantserogeense toimega. Viimastest on tuntuim tugevatoimeline bensapüreen ( $\text{C}_{20}\text{H}_{12}$ ). PAS-id satuvad suitsugaasi kolmeti: 1) koos kütuse termilisel lagunemisel eralduvate muude ühenditega; 2) kütuse termilise lagunemise produktide pürolüüsi käigus, 3) põlemisel moodustuvatest süsivesinikest. Põlemisprotsessis tekkinud PAS-id säilivad gaasikäigus muutumata kujul ja väljuvad korstnast kas gaasilisel kujul või tuhapiüdurites lendtuhas seotuna [6].

**Vesiniksulfiid ( $\text{H}_2\text{S}$ )** on värvitu gaas, iseloomuliku mädamuna lõhnaga.  $\text{H}_2\text{S}$  on põlevkiviõli tootmisel tekkiva põlevkivigaasi koostises, mistõttu suurem osa muundub gaasi põletamisel vääveloksiidideks. Mittetäieliku põlemise korral võib toimuda ka  $\text{H}_2\text{S}$  heidet välisõhku. Samuti



võib tekkida hajusheitega ka kütuste laadimisel. Vesiniksulfiidi puhul on tegemist ühendiga, mis põhjustab piirkonnas ebameeldivat lõhnataju ja on aluseks elanikkonna kaebustele õhukvaliteedi kohta.

**Lõhn.** Soojuselektrijaamade käitamisel võib tekkida ka lõhnaheidet. Peamiselt lõhnaallikateks on kütuste laadimine või kütuste mittetäielik põletamine. Lõhna heite ja leviku kohta on tehtud mitmeid uuringuid [73, 74].

#### 1.4.2. Veekasutus, reovesi ja heitvesi

Suure võimsusega põletusseadmed võivad vajada märkimisväärses koguses vett: auru tootmiseks, jahutusveeks, suitsugaaside puhastamiseks, märgtuhaarastuseks jne. Olemasolevate põlevkivienergeetika käitiste tehnoloogilise veega varustamiseks on rajatud pinnavee-haardesüsteemid. Sõltuvalt kasutuse eesmärgist vajab vesi puhastamist-pehmendamist (nt auru tootmiseks kasutatav vesi) või on kasutatav eeltöötluseta (jahutusvesi).

Energia tootmise protsessis võib reovett tekkida:

- tööstusliku reoveena, peamiselt suitsugaaside märgpuhastusseadmetelt (Eesti olemasolevates käitistes kasutatakse kuiv- või poolkuivmeetodeid);
- reovesi olmest;
- reostunud sadeveena.

Olemasolevates käitistes suunatakse tööstuslikud reoveed tuhaväljale või tööstuse oma reoveepuhastisse ja sealt edasi järeltöötluks munitsipaaalsesse reoveepuhastisse. Märgtuhaarastuses kasutatav vesi on ringluses.

Põhimõtteliselt on võimalik põlevkivienergeetika tööstusliku heitvee juhtimine omapuhastist ka otse suublasse, kui sellega ei kaasne olulist keskkonnamõju. Täiendava puhastamiseta suunatakse suublasse:

- tehnoloogiline tinglikult puhas heitvesi (jahutusvesi);
- saastumata aladelt ärajuhitud sadevesi.

#### 1.4.3. Jäätmete ke

Tuhk on kütuse põlemisel moodustuv tahke jääde ja ta on tähtis kütust iseloomustav näitaja. Kütuse põletamisel tekkiv tuha hulk ja tuha koostise füüsikalise-keemilised omadused sõltuvad suuresti kütuse koostisest, põlemisprotsessist, tuhaarastussüsteemi ehitusest, tuhapüüdurite tüübi valikust jne. Põlevkivi on kõrge tuhasisaldusega kütus (tuhasus 45–47%). Põlevkivi taandatud<sup>11</sup> tuhasus on ligikaudu kümme korda suurem teiste võrreldavate kütuste (kivisüsi, pruunsüsi) taandatud tuhasusest<sup>12</sup>. Tuhk transporditakse ja ladestatakse selleks ettenähtud nõuetekohasele tuhaväljale või suunatakse taaskasutusse.

Lisaks tekivad energeetikatööstuses erinevad jäätmed: tavajäätmed, ohtlike aineid sisaldavad jäätmed jne (loetelu ei ole lõplik).

<sup>11</sup> komponentide hulk, mis tuleb kütuse kütteväärtuse iga Mcal kohta.

<sup>12</sup> vaata täpsemalt peatükk 2.2.1





#### 1.4.4. Pinnase ja põhjavee reostus

Energia tootmisel kasutatavad kütused ja kemikaalid, samuti tekkivad jäätmed on potentsiaalsed pinnase ja põhjavee reostajad. Samas on reostuse teke ärahoitav ennetavate meetmete rakendamisega – vedelkütuste jm hoidlate projekteerimisel ja kasutamisel arvestatakse veekaitsealisi nõudeid, protsessides tekkivad ohtlikud jäätmed kogutakse muudest jäätmetest eraldi ja antakse üle litsentseeritud jäätmekäitlejatele.

Aastakümneid tagasi ei pööratud olulist tähelepanu põlevkivi energeetilisel kasutamisel ja põlevkiviõli tootmisel tekkivate jäätmete keskkonnohutamisele – tuhka ja poolkoksi ladestati rakendamata meetmeid pinnase ja põhjavee kaitseks. Praeguseks on märgtuha-ärastusest tekkinud tuhaväljad vettpidavad, kuivtuha ladestamine toimub nõuetele vastavatel ladestusaladel (prügilates).

Tööstusheite direktiiviga ja Tööstusheite seadusega on oluliselt tõhustatud pinnasekaitse meetmeid. Keskkonnakompleksloas esitatakse asjakohased nõuded, millega tagatakse pinnase ja põhjavee kaitse, nende meetmete järelevalve nõuded ja põhjavee korrapärase seire nõuded seoses tegevuskohas leiduda võivate asjakohaste ohtlike ainetega ja võttes arvesse pinnase ja põhjavee saastuse võimalikkust käitise tegevuskohas. Juhul, kui ettevõtte tegevusega kaasneb pinnase ja/või põhjavee saastamise oht, esitatakse keskkonnakompleksloa taotlusega lähteolukorra aruanne ehk andmed pinnase ja põhjavee saastatuse kohta tootmisprotsessis kasutatavate ohtlike ainetega.

#### 1.4.5. Mära

Soojuselektrijaamades on peamisteks müraallikateks ventilaatorid (sh sisse- ja väljapuhkesüsteemid), pumbad, turbiinid, mootorid, aurustusüsteemid, jahutustornid ja transformaatorid. Samu seadmeid kasutatakse ka põlevkivienergeetikas.

Efektiivsed mürahäiringu vähendamise meetmed on käitise asukoha planeerimine (eemal müratundlikest objektidest), seadmete õige projekteerimine ja müra tekke vähendamise primaarmedetmete rakendamine. Vajadusel saab täiendavalt rakendada sekundaar- ehk müra levikut vähendavaid meetmeid.



## 2. Energia tootmise protsessid

### 2.1. Üldteave põletusviisidest

Tänapäevaks on põlevkivi kasutamisel välja kujunenud kolm suunda:

- energeetiline, mis näeb ette põlevkivi või põlevkiviõli tootmise käigus tekkiva jääkgaasi otsest põletamist soojuse ja elektrienergia saamiseks;
- energotehnoloogiline, mis näeb ette põlevkivi termilist töötlemist kvaliteetsema kütuse põlevkiviõli ja selle kõrvalsaaduse põlevkivigaasi saamiseks;
- energokeemiline, mis näeb ette põlevkiviõli ja põlevkivigaasi ümbertöötlemist kvaliteetsemate mootorkütuste ja mitmete keemiliste produktide saamiseks.

Nii energeetiline, kui ka mitteenergeetiline põlevkivi kasutamise suund on orienteeritud peamiselt põlevkivi orgaanilise osa väärtustamisele. Põlevkivi mineraalosa väärtustamisele on pööratud tunduvalt vähem tähelepanu, mistõttu suurem osa põlevkivi tuhast ja poolkoksisist ladustatakse tuhamäkke [5, 16].

Käesolevas töös on käsitletud põlevkivi ja põlevkiviõlide tootmise käigus tekkivate jääkgaaside energeetilist kasutamist. Põlevkivi energeetilise kasutamise all mõistetakse elektri- ja gaasiga põlevkivi ja muude kütuste otsest põletamist teel elektri- ja soojusenergia tootmist ning ka põlevkiviõli tootmist.

Käesoleva parima võimaliku tehnika<sup>13</sup> kirjelduse väljatöötamisel lepidi kokku, et põlevkivi põletamiseks kasutatava tehnika iseloomustamisel kasutatakse järgnevat üldkasutatavate mõistete hierarhiat:

#### **meetod – tehnoloogiline protsess – tehnoloogia – tehniline lahendus**

Järgnevatel peatükkides on kirjeldatud tänapäeval kasutusel olevaid põlevkivi energeetilise kasutamise meetodeid, tehnoloogilisi protsesse, tehnoloogiaid ja tehnilisi lahendusi vastavalt toodud hierarhiale jaotatuna eraldi peatükkidesse tahkekütuste põletamise (ptk 2.1.1) ja gaaskütuste põletamise (ptk 2.1.4) kohta.

#### **2.1.1. Tahkekütuste põletamise meetodid, tehnoloogilised protsessid, tehnoloogiaid ja tehnilised lahendused**

Põlevkivi tööstusliku põletamise arendamise saja aastase perioodi jooksul on põlevkivi põletamisel ära katsetatud kõik teadaolevad tahkekütuse kiht- ja tolmpõletamise meetodid, nende tehnoloogilised protsessid, tehnoloogiaid ja tehnilised lahendused. Kõik kiht- ja tolmpõletamise meetodite tehnoloogilised protsessid, tehnoloogiaid ja tehnilised lahendused ei ole jäänud kasutusele. Peamiseks puudusteks on madal aurutootlikkus, madalad auru parameetrid, madal töökindlus, madal mehhaniseerituse ja automatiseerituse tase, madal keskkonnohutuse tase ning nende tulemusena avalduv madal majanduslik rentaablus. Antud peatükis kirjeldatakse vastavalt joonise 2.1 järgi praegu kasutusel olevaid meetodeid, nende

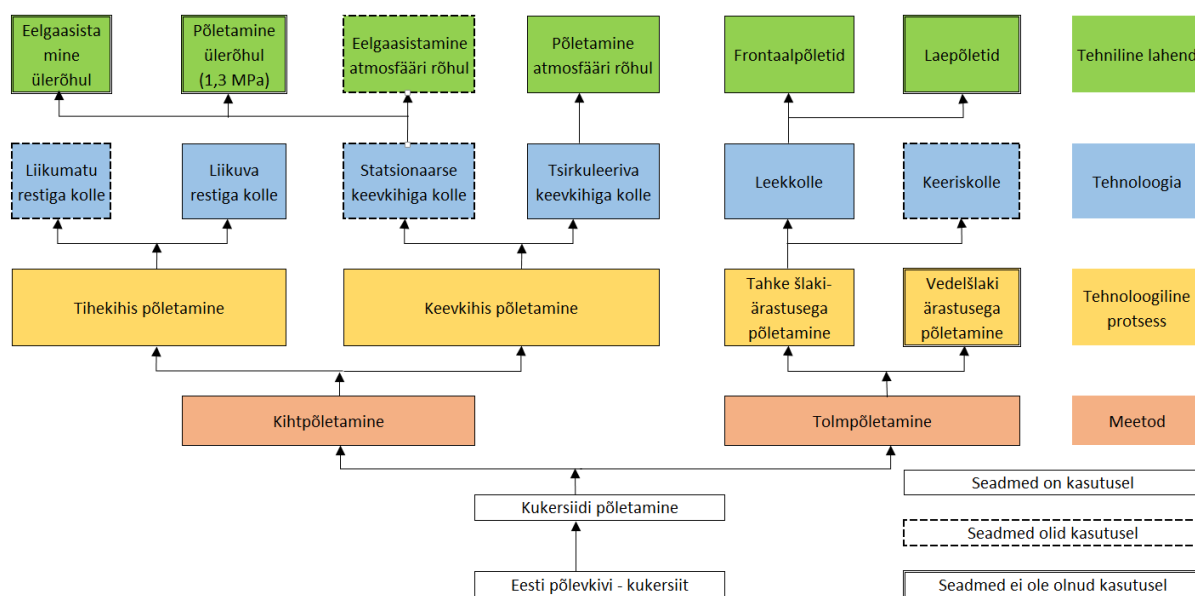
<sup>13</sup> Tööstusheite seadus § 8 lg 2 p.1 määratleb sõna 'tehnika' järgmiselt: käitises kasutatav tehnoloogia ning käitise kavandamine, ehitamine, hooldamine, käitamine ja tegevuse lõpetamise viis.



tehnoloogilisi protsesse, tehnoloogiaid ja tehnilisi lahendusi. Täiendav informatsioon kasutusel enam või veel mitte olevate lahenduste kohta on toodud Lisas 1.

Põlevkivi seni tuntumad põletamismeetodid on kiht- ja tolmpõletamine. Kihtpõletamise tehnoloogiline protsess koosneb tihekihis ja keevkihis põletamisest. Tihekihis põletamise tehnoloogiaid on liikumatu (ei ole kasutusel) ja liikuva restiga ning keevkihis statsionaarse (ei ole kasutusel) ja tsirkuleeriva kihiga põletamine. Tsirkuleeriva kihiga põletamise tehnilise lahendusena on kasutusel põletamine atmosfäärirõhul.

Tolmpõletamise tehnoloogilise protsessi moodustavad tahkeślaki- ja vedelślaki ärastamisega põletamine. Tahkeślaki ärastamisega tehnoloogiaid on leekkolded ja keeriskolded (ei ole kasutusel). Tahkeślaki tehnilisteks lahendusteks on frontaal- ja laepõletid. Eestis on tolmpõletamise meetodist kasutusel tahkeślaki ärastusega frontaalpõletitega leekkolded.



**Joonis 2.1. Eesti põlevkivi energeetilisel kasutamisel rakendatavad põletamise meetodid, tehnoloogilised protsessid, tehnoloogiaid ja tehnilised lahendid**

Tähtsamad parameetrid, mille järgi diferentseeritakse meetodeid, tehnoloogilisi protsesse, tehnoloogiaid ja tehnilisi lahendusi on kütuse osakeste suurus, osakeste koldes viibimise aeg ning kolde mahtsoojuskoormus. Antud parameetrite väärtused olenevad suuresti põletatava kütuse kütteväärtusest, niiskuse ja tuha sisaldusest, kütuse orgaanilise ja mineraalse osa ning tuha keemilise ja mineraloogilise osa koostisest.

Tähtsamate parameetrite indikatiivsed suurusjärgud on järgmised:

- Kütuseosakeste suurus. Kihis põletatakse kütust tükisuurusega 1–10 cm ja keevkihis tükisuurusega 1–10 mm. Tolmpõletamisel leegis põletatakse kütust osakeste suurusel 1–100  $\mu\text{m}$  ja keeriskoldes vastavalt 0,1–10 mm [17].
- Kütuseosakeste koldes viibimise aeg. Kihis põletatavate kütuseosakeste koldes viibimise aeg on 10–30 minutit ja keevkihiga koldes 10–30 sekundit. Leegis põletatava kütuse koldes viibimise aeg on 1–3 sekundit ja keerises koldes vastavalt 3–10 sekundit [17].



- Kolde mahtsoojuskoormus. Kihtpõletamisel on kolde mahtsoojuskoormuseks kuni  $300 \text{ kW/m}^3$  ja keevkihtkoldes kuni  $250 \text{ kW/m}^3$ . Leegis põletatakse kütust kolde mahtsoojuskoormusel kuni  $200 \text{ kW/m}^3$  ja keerises tahkešlakkärastusega tehnoloogilises protsessis põletatakse kütust kolde mahtsoojuskoormusel kuni  $250 \text{ kW/m}^3$ , vedelšlakkärastusega vertikaaltsükloniga koldes mahtsoojuskoormusel kuni  $1500 \text{ kW/m}^3$  ja horisontaaltsükloniga koldes kuni  $4500 \text{ kW/m}^3$  [17].

Meetodite, tehnoloogiliste protsesside, tehnoloogiate ja tehniliste lahenduste põletamise efektiivsust määratakse soojuskao järgi, mis tekib mehhaaniliselt mittetäielikust põlemisest. Kihis põletamisel moodustab soojuskadu mehhaaniliselt mittetäielikust põlemisest 2–8%, statsionaarses keevkihis 3–6% ja tsirkuleerivas keevkihis 1–1,5%, leegis põletamisel 0,5–1,5%, tahkešlakkärastusega keerises 1–2% [17].

Käesoleva PVT-kirjelduse ptk 2–4 on tehnoloogiate ja protsesside kirjeldamisel kasutatud seadmete ja soojuselektrijaamade väljundvõimsusi (mis on tavapärane lähenemine energeetikas). Peatükkides 5 ja 7 on põletusseadme võimsus arvatud soojussisendi järgi nagu on nõutud õigusaktides. Nii arvatud võimsust nimetatakse nimisoojusvõimsuseks ja HPV arvvaartused kehtestatakse õigusaktis arvestades nimisoojusvõimsust. Kui PVT SHT ülatase ei ületa HPV arvvaartust, siis on heide vastavuses nõuetega.

#### *2.1.1.1. Kihtpõletamise katlad*

Tahkekütuste kihtpõletamise katlad on laiaulatuslikult kasutusel väikese võimsustega tööstuskütte katlamajades, kuid harvem elektri tootmisel. Piiravaks teguriks on suurte võimsuste saavutamiseks vajalik katelde resti pindala.

Põlevkivi kihtpõletamise katelde areng kestis kuni 1960-ndate aastateni, mille järel hakati hoogsalt evitada tolmpõletuskatlad ja põlevkivi kihtpõletamise katlad kaotasid järk-järgult oma tähtsust [6].

#### **Tahkekütuste restpõletuskatlad**

Tahkekütuste restpõletuskatlad eristatakse järgnevalt:

- Tihekihtpõletuskatlad liikumatu restiga (ei ole kasutusel, vt täpsemalt Lisa 1);
- Tihekihtpõletuskatlad liikuva restiga.

Kihtpõletus liikuva Krull-Lomšakovi restiga keskrõhu põlevkivi aurukatlad on aurutootlikkusega kuni 50 t/h ning nende ülekuumendatud auru rõhk (44 bar) ja temperatuur ( $440^\circ\text{C}$ ) on suhteliselt madalad. Kihtpõletus liikuva restiga põlevkivi katlad on madala vääveldioksiidi sidumisastme tõttu tulevikus perspektiivitud (kihtpõletus tihekihis tehnoloogia puuduseks on puudulikud kontakteerumise tingimused koldes tekkivates gaasides sisalduva vääveldioksiidi ( $\text{SO}_2$ ) ja kihis sisalduva kaltsiumoksiidiga ( $\text{CaO}$ )). Eestis on täna kasutusel kaks Krull-Lomšakovi liikuva restiga keskrõhu põlevkivi katelt TS-35/40 aurutootlikkusega 35 t/h. Liikuva restiga kihtpõletuskatelde kujunemisest on kirjutatud Lisas 1.

#### **Tahkekütuste keevkihtpõletuskatlad**

Tahkekütuste keevkihtpõletuskatlad jagunevad järgnevalt:



- Statsionaarsed keevkihtpõletuskatlad (ei ole kasutusel, vt täpsemalt Lisa 1);
- Tsirkuleerivad keevkihtpõletuskatlad.

Keevkihtpõletusel on võimalik edukalt põletada väheväärtuslikke kütuseid, sh mäetööstuse rikastamisjäätmeid, keemiatööstuse ja olmejäätmeid ning muid põlevaid jääke. Keevkihtpõletuse tehnoloogia eeliseks on asjaolu, et see võimaldab oluliselt vähendada kütuse põlemisel tekkivaid kahjulikke heiteid, ilma et selleks oleks vaja kasutada spetsiaalseid sorbente ja suitsugaaside puhastusseadmeid. Kihtpõletamisel tsirkuleerivas keevkihis (CFB katel) on resti läbiva õhu kiirus kaks ja enam korda suurem kui kihtpõletamisel statsionaarses keevkihis. Suurema suitsugaaside kiiruse tõttu liiguvad ka suurem osa tekkivaid tuha- ja mittetäielikult ära põlenud osakesed koos suitsugaasidega tsüklonisse, kust suuremad ja raskemad mittetäielikult ära põlenud osakesed juhitakse läbi tihendisõlme tagasi koldesse järelpõletamisele. Sel viisil luuakse tahkefaasi ringluskontuur (tsirkulatsioon), kus esineb tasakaal koldesse antava tahkekütuse ja ringleva tuha vahel, millega tagatakse tuha pidev väljumine tsüklonist ja põhjatuhana koldest. Tsüklonist väljuv suitsugaas koos sinna jäänud peenemate tahkete osakestega juhitakse katla gaasikäiku, kuhu on paigaldatud katla küttepinnad [6, 22].

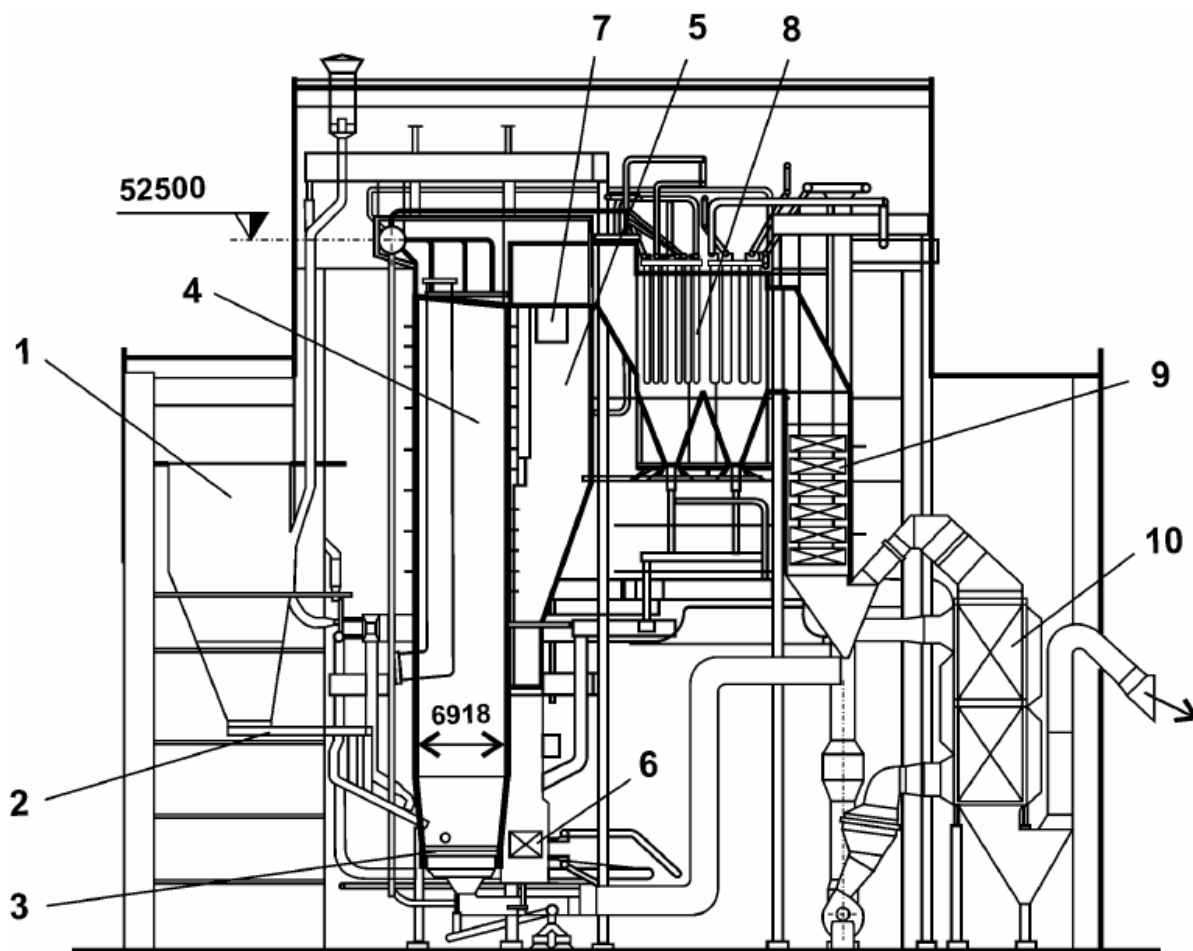
Tsirkuleeriva keevkihiga keevkihtpõletuskatlad klassifitseeritakse veel tsirkuleeriva tuha temperatuuri järgi [30]. Kõrgtemperatuurilised – tsirkuleeriva tuha temperatuuriga 800–900°C ja madaltemperatuurilised – tsirkuleeriva tuha temperatuuriga 300–400°C. Madaltemperatuurilise tsirkuleeriva tuhaga katelde eelis on tsüklonites, mis paigaldatakse peale konvektiivküttepindu suitsugaaside temperatuuri piirkonnas 300–400°C. See võimaldab valmistada tsükloneid terasest keraamilise kulumiskindla kattega, võrreldes kõrgtemperatuuriliste tsüklonitega, mis valmistatakse kõrgtemperatuurilise paksu ja raske müürituskattekihiga. Kõrgtemperatuuriline raske müürituskattekiht piirab katelde sissekütisel temperatuuri tõstmise kiirust kuni 50°C/h ja seega pikendab katla sissekütamise aega ning katlaga manööverdamise võimalusi. Samuti on madaltemperatuuriliste tsüklonitega katelde elektri omatarve ( $18 \text{ kW/MW}_{\text{th}}$ ) väiksem võrreldes kõrgtemperatuuriliste tsüklonitega ( $26 \text{ kW/MW}_{\text{th}}$ ), kuna kihi kiirus (3–5 m/s versus 6–8 m/s) ja kolde ristlõike soojuskoormus ( $5 \text{ MW/m}^2$  versus  $7 \text{ MW/m}^2$ ) on väiksemad. Tsirkuleeriva keevkihiga katelde kujunemislugu on täpsemalt kirjeldatud Lisas 1.

Tsirkuleeriva keevkihiga katelde, milles toimub madaltemperatuuriline tuhaga tsirkuleerimine, puuduseks on küttepindade, mis paiknevad enne tsükloneid, kulumise oht tuha suure kontsentratsiooni tõttu [31]. Tuginedes tahkekütuste tsirkuleerivas keevkihis põletamise olemusele, katelde käitamiskogemustele ja läbiviidud uuringutele, töötas firma Foster Wheeler välja tsirkuleeriva keevkihiga katla konstruktsiooni põlevkivil töötavale energiablokile, millel on kaks katelt (duubelplokk) [33, 34] (joonis 2.2).

Eestis on põlevkivi keevkihtpõletus tsirkuleerivas keevkihis rakendatud 2004. aastast kahel duubelplokil võimsusega 215 MW<sub>e</sub>. Katla (auru toodang 87,3 kg/s, auru parameetrid 12,74 MPa, 535°C ja 2,4 MPa, 535°C) konstruktsiooni töötas välja firma Foster Wheeler. Mainitud tsirkuleeriva keevkihiga katelde käitamiskogemus on näidanud katla projekteerimisel kasutatud põhiprintsiipide õigsust [35], mille rakenduskogemusi on kasutatud uue elektrijaama 300 MW<sub>e</sub> monoploki ehitamisel, mis antud hetkel on käivitus- ja töökindluse saavutamise faasis. Monoploki (katla auru toodang 236 kg/s, auru parameetrid 17,8 MPa, 543°C ja 4,4 MPa, 568°C) projekteeris ja ehitab firma Alstom.



Tahkekütuste keevkihtpõletamine on kaasaegseim suund soojuselektrijaamade tööpraktikas, mis vajab veel pidevat arendust.



**Joonis 2.2. Tsirkuleeriva keevkihiga põlevkivikatel. 1–kütuse punker; 2–kütuse sөөtja; 3–kolderest; 4–koldekamber; 5–separatsioonikamber; 6–keevkiht-soojusvaheti; 7–separaator; 8–auruülekuumendi; 9–ökonomaiser; 10–õhuelsoojendi.**

#### 2.1.1.2. Tolmpõletamise katlad

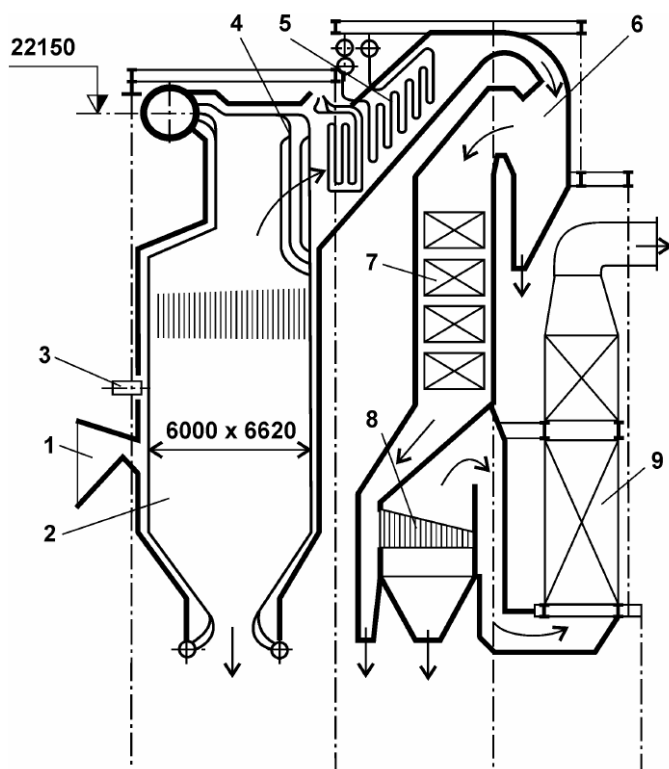
Tahkekütuse tolmpõletuskatlad hakati jõudsalt arendama 1960.-ndatel aastatel. Tolmpõletuskatlad jagunevad järgnevalt:

- Vedelšlakkärastusega tolmpõletuskatlad (ei ole kasutusel, vt täpsemalt Lisa 1);
- Tahkešlakkärastusega tolmpõletuskatlad.

#### Tahkešlakkärastusega tolmpõletuskatlad

Tolmpõletamine tahkešlakkärastusega leegis või keerises on tänapäeval levinuimad tahkekütuste põletustehnoloogiad. Tõuke tahkešlakkärastusega tolmpõletuse kasutuselevõtuks energeetikas andsid kaks väga olulist tegurit. Esiteks tekib tahkekütuste kaevandamisel sh põlevkivil 70–80% peent kütust ja 20–30% suuretükilist kütust. Teiseks tahkekütuse põletamine tihekihi kolletes ei võimaldanud suurendada katelde tootlikkust, kuna suure võimsusega katelde resti pind kujunes väga suureks [6, 22].



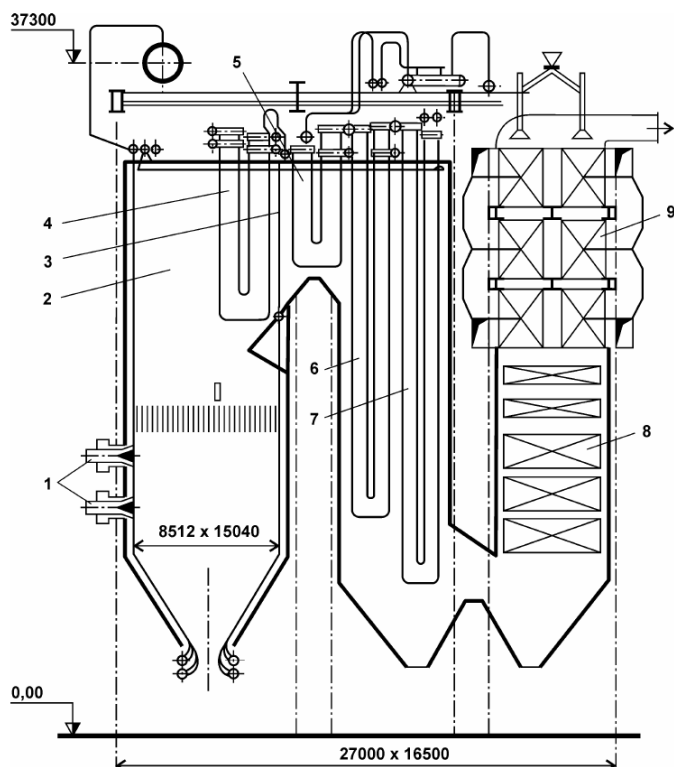


**Joonis 2.3. Katel BKZ-75-39 Fsl. 1–ambrasuur; 2–kolle; 3–veepuhur; 4–festoon; 5–auruülekuumendi; 6–tuhasdestuskamber; 7–ökonomaiser; 8–multitsüklon; 9–õhuelsoojendi [6]**

Tolmpõletamisel leegis suunatakse peeneksjahvatatud tahkekütus osakeste suurusega kuni 0,1 mm tolmunäht koos õhuga koldesse, kus tekkivad gaasid nad laiali kannavad ja nii põleb tahkekütuse tolmu kolde kogumikus. Keskmise aurutootlikkusega tahkešlakkärastusega keskrõhu tolmpõletuskatelde nagu näiteks BKZ-75-39 Fsl (joonis 2.3) töö käigus ilmnesid mitmed probleemid, mis peamiselt seonduvad põlevkivi tolmpõletuskatla küttepindade saastumise ning kulumisega. Probleemide lahendamiseks läbi viidud teadusuuringute tulemuste järjepidev rakendamine on võimaldanud järk-järgult tõsta keskrõhu katelde kütusvõimalusi [37].

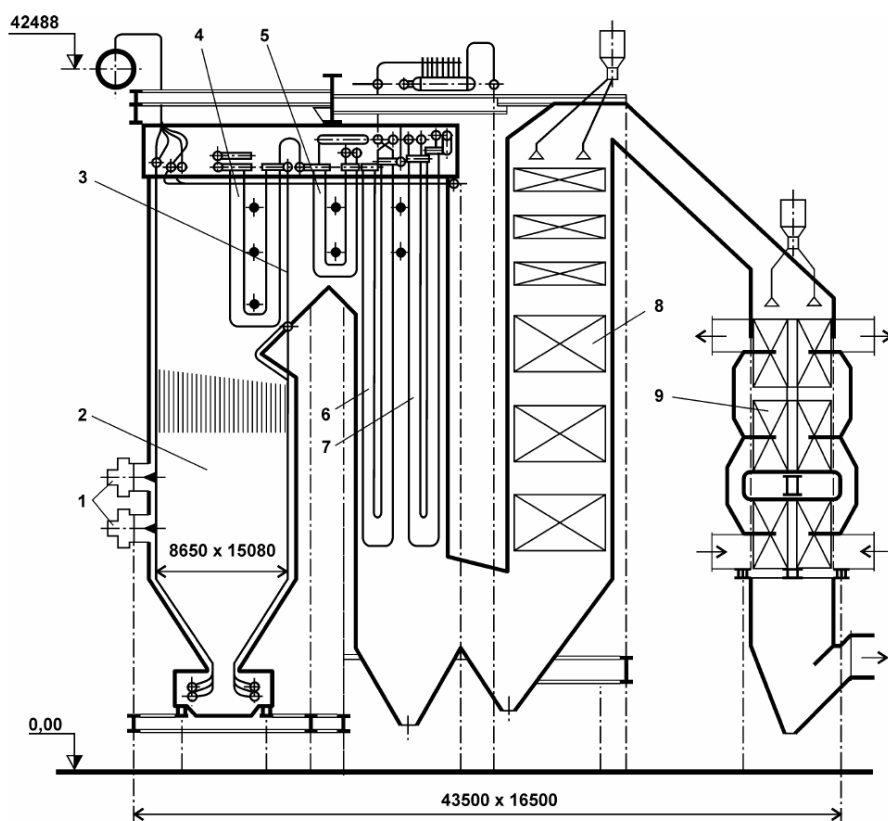
Tolmpõlevkivi suure aurutootlikkusega kõrgrõhu auru parameetritega tahkešlakkärastusega katlad käivitati 1959. a. Esimeses järgus ehitati TP-17 tüüpi katlad, mis viidi eksploatatsioonist välja 2005. aastal. Nende katelde käitumisprobleemid olid sarnased keskmise aurutootlikkusega keskrõhu tolmpõletuskatelde probleemidele. 1963. aastal teises ehitusjärgus anti käiku duubelplokk, mis koosnes kahest TP-67 tüüpi (joonis 2.4) vaheülekuumendusega tahkešlakkärastusega katlast ja ühest 200 MW<sub>e</sub> turbiinist. Kokku anti käiku 4 nimetatud duubelplokki, millest praegu on töösse jäänud vaid üks. Kõikidel teise järgu tolmpõletamise katelidel esinesid esimese ehitusjärgu kateltele sarnased käitamise probleemid, mistõttu tuli alandada energiablokkide maksimaalset võimsust kuni 180 MW<sub>e</sub> [6].





**Joonis 2.4. Katel TP-67. 1–põletid; 2–kolle; 3–festoon; 4–koldesirmid; 5–vahesirmid; 6–põhiülekuumendi pikad sirmid; 7–vaheülekuumendi; 8–ökonomaiser; 9–õhuel-soojendi [6]**

Esimesed TP-101 tüüpi (joonis 2.5) tolmpõlevkivi suure aurutootlikkusega kõrgrõhu auru parameetritega kateldeg energiablokid (elektriline väljundvõimsus 200–210 MW<sub>e</sub>) käivitati 1969. aastal. Kokku anti käiku 8 duubelplokki, millest praegu on töös 7. Kõikidel TP-101 tolmpõletamise katelidel esinesid sarnased TP-67 katelde käitlemise probleemid, mistõttu alandati energiablokkide maksimaalset võimsust kuni 180 MW<sub>e</sub> (kahe energiabloki võimsust on praeguseks suurendatud kuni 190 MW<sub>e</sub>) [6].



**Joonis 2.5. Katel TP-101. 1–põletid; 2–kolle; 3–festoon; 4–koldesirmid; 5–vahesirmid; 6–põhiülekuumendi pikad sirmid; 7–vaheülekuumendi; 8–ökonomaiser; 9–õhueelsoojendi [6]**

Põlevkivi tolmpõletamisel tahkešlakkärastusega katelde käitamisel esinevate probleemid on: küttepindade saastumine, kõrgtemperatuuriline korrosioon ja madaltemperatuuriline erosioon [36]. Põletamise tehnoloogiate muutmisega, kui ka aktiivsete meetodite kasutamisega, on püütud lahendada küttepindade saastumise probleemi. Katsetatud on ka passiivseid meetodeid, et välja töötada efektiivsed küttepindade puhastusseadmed.

### 2.1.2. Tahkekütustel töötavad elektrijaamad ja katlad

**Tahkekütustel töötavaid elektrijaamu klassifitseeritakse** kütuse liigi, veevarustuse, tuhaärastuse, soojusmuunduri, väljastava energia, võimsuse, koormamise, tehnoloogilise skeemi, katla ja turbiini auru ja gaasi parameetrite järgi [19, 43].

- Kütuse liigi järgi – tahkekütus, tahkekütus koos maa- või tehisgaasiga, tahkekütus koos masuudiga või õliga, tahkekütuste segu; kohalik või imporditav; odav või kallis.
- Veevarustuse järgi – lahtine päriverool ja kinnine ringlusvool.
- Tuhaärastuse järgi – hüdro- ja pneumotuhaäärastus, mehaaniline tuhaäärastus.
- Soojusmuunduri järgi – dünaamilised (auru- ja auru-gaasiturbiinid), kujunemisjärgus staatilised (kütuse element, magnethüdrodünaamika, elektrohüdrodünaamika ja teised).
- Väljastava energia järgi – kondensatsiooni tsükli elektri tootmine, elektri ja soojuse koostootmine.
- Kütuse soojussisendi järgi – kuni 50 MW<sub>th</sub>, 50 kuni 300 MW<sub>th</sub> ja üle 300 MW<sub>th</sub>.
- Koormamise järgi – baas ja tipu.
- Tööaja järgi: pidevalt töötav ja vähese tööajaga.



- Tehnoloogilise skeemi järgi – plokk ja ühise aurutorustikuga.
- Katla ja turbiini auru ja gaasi parameetrite järgi – vt tahkekütuste põletamise katelde klassifikatsioon.

Nii kiht- kui tolmpõletamisel kasutatakse tahkekütuse katlaid, mida klassifitseeritakse:

- soojuskandja järgi – veeaur, vesi, leelismetallide aur ja sünteetiliste soojuskandjate aurud;
- aurutootlikkuse (soojusvõimsuse) järgi – väikesed kuni 25 t/h (10 MW<sub>th</sub>), keskmised kuni 75 t/h (30 MW<sub>th</sub>), ja suured üle 90 t/h (50 MW<sub>th</sub>);
- auru parameetrite järgi (auru rõhk, temperatuur) – madalrõhu küllastanud või ülekuumendatud aur (kuni 2,4 MPa, 250°C), keskrõhu ülekuumendusega või ülekuumendusega aur (kuni 3,9 MPa, 440°C), kõrgrõhu ülekuumendusega aur (üle 9,8 MPa, 500°C), kuni kriitilise rõhu ja vaheülekuumendusega primaaraur (kuni 17 MPa, 535°C), ülekriitilise rõhu ja ühe- või kahekordse vaheülekuumendusega primaaraur (kuni 25 MPa, 570°C), ultrakriitilise rõhu ja ühe- või kahekordse vaheülekuumendusega primaaraur (üle 30 MPa, 600°C);
- vee liikumise järgi – vabaringlusega (ringleb veeaurusegu ja vee tiheduste erinevuse tõttu), sundringlusega La-Mondi tüüpi katlad (vesi ringleb ringluspumba toimel), otsevoolu Bensoni, Zultseri, Ramsini tüüpi katlad (vee toitepump pumpab vett ja auru läbi katlaküttepindade);
- paigutuse ja konstruktsiooni järgi – horisontaalsed: Kornvali ja Lankashiri tüüpi leektorukatlad, Lokomobiil tüüpi suitsutorukatlad, Shoti tüüpi kombineeritud leek-suitsutorukatlad, auraveduri katlad, Babcock-Wilkoksi tüüpi kaldveetorukatlad; paigutuse ja konstruktsiooni järgi – vertikaalsed: püstleektorukatlad, Stirlingi ja Garbe tüüpi nelja-, kolme- ja kahetrumlilised püstveetoru katlad, vabaringlusega püstveetorukatlad, La-Monti, Lefleeri ja Shmidt tüüpi ühetrumliline ekraniseeritud koldega püstveetorukatel, Bensoni, Zultseri, Ramsini tüüpi ekraniseeritud koldega otsevoolu püstveetorukatlad;
- kasutusala järgi – energeetilised katlad toodavad soojuselektrijamas auru auruturbiinidele, tööstuskatlad annavad auru tehnoloogilistele tarbijatele ja tööstuselektrijaamade auruturbiinidele, küttekatlad varustavad kuuma vee või auruga küttesüsteeme; kasutus ala järgi- statsionaarsed katlad paigaldatakse soojuselektrijaamades, tööstus- ja küttekatalamajades; liikuvad katlad paigaldatakse konteineritena ning ka laevades ja vedurites.

### 2.1.3. Põlevkivi põletavate elektrijaamade ja katelde erilisus

Põlevkivi põletatavate elektrijaamade erilisus väljendub järgmistes aspektides:

- Madalam kasutegur – kõrgrõhu ja vaheülekuumendusega primaarauruga (14 MPa, 520°C) turbiiniga elektrijaama kasutegur on kuni 30%, kivisöel ülekriitilise rõhu ja ühe- või kahekordse vaheülekuumendusega primaarauruga (kuni 25 MPa, 570°C) elektrijaama kasutegur on kuni 40%, ning kujunemise järgus ultrakriitilise rõhu ja ühe- või kahekordse vaheülekuumendusega primaarauruga (üle 30 MPa, 600°C) elektrijaama kasutegur on kuni 50%.
- Suur põlevkivi kogus – põlevkivi põletava elektrijaama madalama kasuteguri ja põlevkivi madalama kütteväärtuse tõttu on kütuse erikulu põlevkivil ca 1,40 t/MWh (kivisöel 0,40 t/MWh).



- Suur põlevkivi tuha kogus – põlevkivi põletava elektriijaama madalama kasuteguri ja põlevkivi madalama kütteväärtuse ning suurema tuhasisalduse tõttu on põlevkivi tuha erikulu ca 0,70 t/MWh (kivisöel 0,10 t/MWh).
- Suurem jahutusvee kulu – põlevkivi põletava elektriijaama madalama kasuteguri tõttu on jahutusvee kulu ca 1,5 korda suurem võrreldes kivisöega.
- Kõrgemad korstnad – ajal, mil suitsugaaside puhastamise seadmeid veel ei olnud ehitati kõrged korstnad, et hajutada suure kontsentratsiooniga lendtuhka (PM), vääveldioksiidi (SO<sub>2</sub>) ja lämmastiku oksiide (NO<sub>x</sub>).
- Suuremad püsikulud võrreldes kivisöega [6].

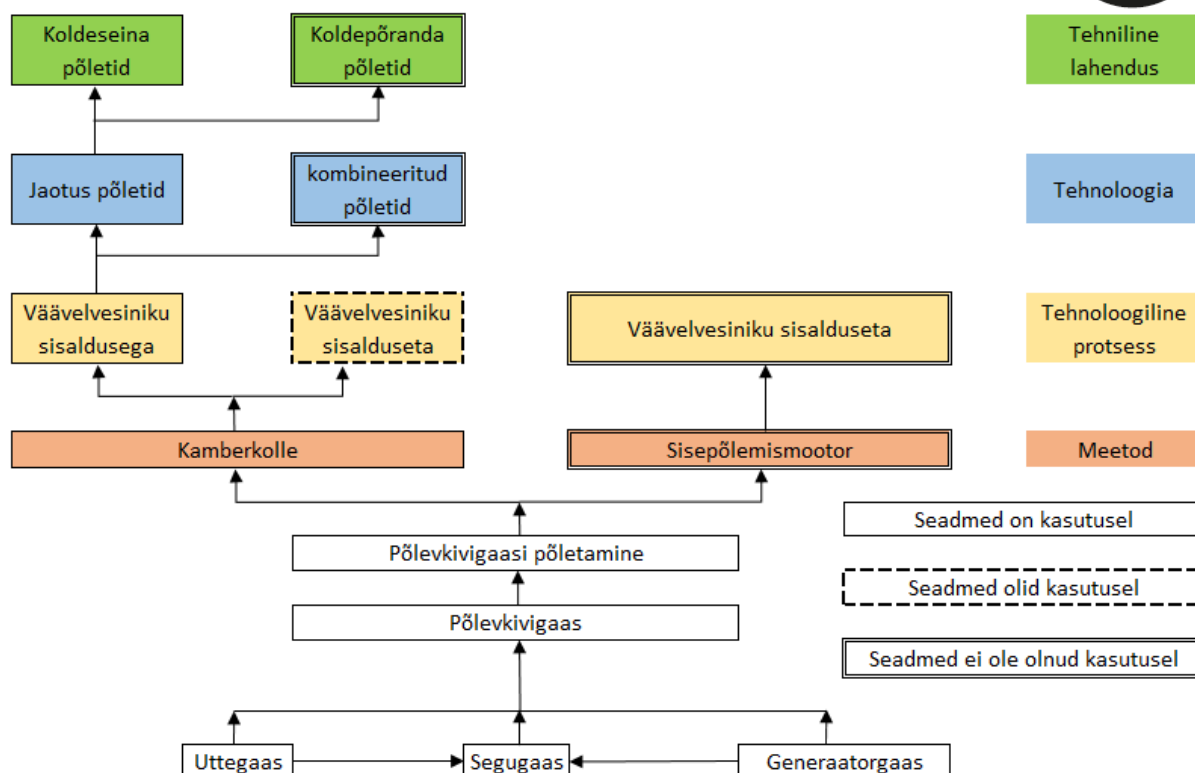
Põlevkivi tolmpõletamise tahkešlakkärastusega katelde konstruktsioonilisteks erilisusteks on [6]:

- suured kolded – madala kolde mahtsoojuskoormusega ca 115 kW/m<sup>3</sup>, kivisöel vastavalt 165 kW/m<sup>3</sup>;
- laiad kolded – madala kolde ristlõike soojuskoormusega ca 1,75 MW/m<sup>2</sup>, kivisöel vastavalt 4,50 kW/m<sup>2</sup>;
- puhtad kolded – kolde ekraanide puhastamisega M-3 ja M-5 vee puhuritega alandatakse koldest väljuvate suitsugaaside temperatuuri 1270°C kuni 1080°C ja suurendatakse kolde ekraanide soojuslikku efektiivsust 0,25-lt kuni 0,42-ni;
- suured ülekuumenditega küttepinnad – auruülekuumendi ja vaheülekuumendi küttepindade saastamise vähendamiseks kasutatakse sirmide konstruktsiooniga küttepindu, mille tulemusel küttepindade pindala suureneb kuni 10 000 m<sup>2</sup>. Vaatamata sellele küttepinnad saastuvad kiiresti. Küttepindu puhastatakse MSR seadmetega katla tööajal ja see võimaldab tõsta ülekuumendatud auru temperatuuri ja vähendada katla seiskamiste arvu küttepindade puhastamiseks;
- madalamad auru parameetrid<sup>14</sup> – kõrgrõhu ja vaheülekuumendusega primaaraur (14 MPa, 520°C), kivisöel ülekriitilise rõhu ja ühe- või kahekordse vaheülekuumendusega primaaraur (kuni 25 MPa, 570°C) ning kujunemisjärgus ultrakriitilise rõhu ja ühe- või kahekordse vaheülekuumendusega primaaraur (üle 30 MPa, 600°C).

#### *2.1.4. Gaaskütuste põletamise meetodid, tehnoloogilised protsessid, tehnoloogiad ja tehnilised lahendused*

Gaaskütuste põletamise meetodite, tehnoloogiliste protsesside, tehnoloogiate ja tehniliste lahenduste klassifikatsioon on esitatud joonisel 2.6. Gaaskütuste, sh põlevkivigaasi ehk utmisgaasi (generaatorgaas, uttegaas, segugaas), seni tuntumaks põletamise meetodiks on kamberpõletamine katlakoldes. Põlevkivigaasist väävelvesiniku eemaldamisel on võimalik ka gaaskütuste põletamine sisepõlemismootorite põlemiskambris (gaasimootor ja gaasiturbiin).

<sup>14</sup> kõrgematel auru parameetritel (rõhk ja temperatuur) ja suuremal turbiini nimipöörlemiskiirusel on ühelsamal võimsusel turbiini mõõtmed ja mass väiksemad (Tallinna Tehnikaülikool. Energiatehnika).



**Joonis 2.6. Gaaskütuste põletamise meetodid, tehnoloogilised protsessid, tehnoloogiad ja tehnilised lahendused**

Tähtsamad parameetrid, mille järgi diferentseeritakse põletamismeetodid, tehnoloogilised protsessid, tehnoloogiad ja tehnilised lahendused kamberpõletamisel katlakoldes on põletatava gaaskütuse kütteväärtus ja koostis, põletite konstruktsioon ja paigaldus [44, 45, 46].

Gaaskütuste tehnoloogilisi protsesse klassifitseeritakse gaaskütuste väävelvesiniku sisalduse ja sisalduseta põletamise järgi. Väävelvesiniku sisaldusega gaaskütuste põletamisel sisaldavad suitsugaasid vääveldioksiidi ( $\text{SO}_2$ ) ja seetõttu on vajalikud gaasipuhastuse seadmeid. Piisavalt madala väävelvesiniku sisaldusega gaaskütuste saamiseks on vajalik kasutada eelpuhastuse seadmeid [47].

Gaaskütuste kamberpõletamist katlakoldes (gaaskolle) klassifitseeritakse tehnoloogiapõhiselt jaotuspõletite ja kombineeritud põletite järgi. Jaotuspõletites on võimalik põletada ainult ühte liiki gaaskütust. Seega, kui katlas põletatakse mitmeid liike gaaskütuseid, siis tuleb paigaldada iga gaaskütuse liigile oma põletid. Kombineeritud põletites on võimalik põletada mitut liiki gaaskütuseid, seega väheneb vajalike põletite arv [48].

Katlakoldes kamberpõletamise tehnilisi lahendusi klassifitseeritakse põletite paigaldamise järgi kolde seinale ja kolde põrandale. Põletite paigaldamine kolde põrandale võimaldab suurendada põletite võimsust ja sellega vähendada põletite arvu. Samuti võimaldab põletite paigaldamine kolde põrandale alandada kolde ekraanide soojuskoormust põlemise piirkonnas ja sellega alandada kolde ekraanide metalli temperatuuri ning suurendada katla töökindlust. Lisaks vähendab põletite paigaldamine kolde põrandale lämmastikoksiidide kontsentratsiooni suitsugaasides [50, 58].



Gaaskollete põhielement on gaaspõleti. Gaaspõleteid klassifitseeritakse põletatava gaaskütuse kütteväärtuse (kõrge ja madal), koostise (väävelvesiniku sisaldusega ja sisalduseta), rõhu (madal, kesk ja kõrge), gaaskütuse ja õhu segunemise viisi (eelsegunemiseta, osalise eelsegunemisega ja täieliku eelsegunemisega), õhu segisti konstruktsiooni (aksiaalotsevoolu, aksiaaljuhtlabaga, aksiaal-keeris juhtlabaga, tangentsiaalkeeris juhtlabaga ja aksiaal-tangentsiaal keeris juhtlabaga), gaaskütuse leegi pikkuse (pikk ja lühike) ja heleduse (helendav, nõrgalt helendav ja helendamatu) järgi [45].

Gaaskollete põlemisprotsessi reguleerimisel kasutatakse aerodünaamika (muudab leegi aerostruktuuri ja asukohta koldes), difusioon- (muudab gaaskütuse ja põlemisõhu kontsentratsiooni leegis), jaotus- (muudab põletite soojuskoormust), möödaviigu- (kasutab suitsugaaside retsirkulatsiooni ja põlemisõhu möödaviiku põletitest koldesse) ja karburaator- (muudab leegi kiirgust lisades gaaskütusele või otse leeki vastavaid aineid) meetodeid [51].

#### *2.1.4.1. Põlevkivigaaside põletamine Eestis*

Põlevkivist erinevate põlevkiviõlitootmise meetoditega (TSK, GSK) toodetava põlevkiviõli tootmise isoleeritud vahesaadus on uttegaas ja generaatorgaas. Tahke soojuskandja meetodil (TSK) põlevkivist põlevkiviõli tootes tekib kõrge kütteväärtusega ( $41\text{--}49\text{ MJ/Nm}^3$ ), kuid suhteliselt suurtes piirides kõikuva koostisega uttegaasi ehk poolkoksgaasi. Gaasilise soojuskandja meetodil (GSK) põlevkivist põlevkiviõli tootes tekib madala kütteväärtusega ( $3\text{--}5\text{ MJ/Nm}^3$ ) generaatorgaasi. Põlevkivi utmisel saadavat gaasi (joonis 2.6), kasutatakse Eesti tingimustes elektri ja/või soojuse tootmiseks ka omavahel kombineeritud segugaasi (uttegaas + generaatorgaas) nimetuse all.

Käesoleval ajal kasutatakse Eestis põlevkivigaaside (generaator-, utte-, segugaas) põletamisel katlakoldes kamerpõletamise meetodit. Põlevkivigaasid sisaldavad muu hulgas ka väävelvesiniku ning nende põletamine toimub kolde seina paigaldatud jaotuspõletite kaudu.

Uttegaasi põletatakse koos põlevkiviga kõikides tolmpõletamise (TP-101) plokkide kateldes ja ühe tsirkuleeriva keevkihtpõletamise plokki kateldes. Uttegaasi põletamiseks on paigaldatud kõigi TP-101 katelde korpuste paremale ja vasakule küljele uttegaasipõleti (v.a. üks TP-101 katel, millel on paigaldatud 4 põletit). TP-101 kateltele paigaldatud põletite tootlikkus on kuni  $1\,000\text{ m}^3/\text{h}$ . Seega igal katla korpusel on võimalik põletada kuni  $2\,000\text{ m}^3/\text{h}$  uttegaasi (katlal, millel on paigaldatud 4 põletit on võimalik põletada kuni  $9\,500\text{ m}^3/\text{h}$  uttegaasi).

Uttegaasi põletamiseks tsirkuleerivas keevkihtpõletuskatlas on katla paremale ja vasakule küljele paigaldatud uttegaasipõleti, mis võimaldavad põletada ära kuni  $2\,700\text{ m}^3/\text{h}$  uttegaasi. Lisaks on koostatud projekt, mille kohaselt suurendatakse ühes tsirkuleeriva keevkihtpõletamise põlevkivikatlas gaasi kasutamise võimekust kuni 50%-ni soojussisendi järgi. Ümberehitatavas katlas saab olema 10 põletit.

Põlevkivi katlad BKZ-75-39 Fsl on täielikult üle viidud gaaskütusele. Kateldel on uttegaasi põletamiseks paigaldatud katla esiküljele neli uttegaasi põletit. Iga põleti tootlikkus on  $500\text{ m}^3/\text{h}$  kuni  $1\,000\text{ m}^3/\text{h}$ . Uttegaasi põletitega on võimalik põletada ka maagaasi. Katelde paremale ja vasakule küljele on paigaldatud igale küljele kaks generaatorgaasi põletit. Iga põleti tootlikkus on  $2\,500\text{ m}^3/\text{h}$  kuni  $3\,150\text{ m}^3/\text{h}$  [53].





Generaatorgaasi põletitega on võimalik põletada ka generaatorgaasi ja uttegaasi segugaasi.

Valikuliselt, vastavalt vajadusele, on BKZ-75-39 Fsl põlevkivi kateldega võimalik põletada gaaskütuseid, põlevkivi ning põlevkivi ja filtrikoogi segu. Kateldel on uttegaasi põletamiseks paigaldatud katla esiküljele kaks uttegaasi põletit. Generaatorgaasi põletamiseks on nii katla paremale kui ka vasakule küljele paigaldatud kaks generaatorgaasi põletit. Generaatorgaasi põletamise koguse suurendamiseks on lisaks paigaldatud parema ja vasaku külje ekraanide mõlemale küljele kaks generaatorgaasi põletit. Iga põleti tootlikkus on kuni  $250 \text{ m}^3/\text{h}$ . Lisa-põletite teljed asuvad  $1,0 \text{ m}$  allpool põhipõletite telgedest ja nende telgede nurk on suunatud põhipõletite leegi telje suunas. Katla esiküljele on paigaldatud veel kaks põlevkivi tolmpõletit. Põlevkivi jahvatatakse kahes šahtveskis MMT 1500/1181-740. Iga šahtveski tootlikkus on kuni  $12 \text{ t/h}$ . Need põlevkivi tolmpõletid võimaldavad põletada põlevkivi ja filtrikoogi segu mahulises vahekorras *ca* 1/1.

Kateldel BKZ 75-39D (E-75-40 G) on maagaasi põletamiseks paigaldatud katla esiküljele neli Belgorodi katlatehase maagaasi põletit. Iga põleti tootlikkus on kuni  $1\,000 \text{ m}^3/\text{h}$ . Nii katla paremale kui ka vasakule küljele on paigaldatud neli Belgorodi katlatehase generaatorgaasi tunnelpõletit. Iga põleti tootlikkus on  $9\,500 \text{ m}^3/\text{h}$  kuni  $11\,250 \text{ m}^3/\text{h}$ . Generaatorgaasi põlemise protsessi stabiliseerimiseks lisatakse kuni  $850 \text{ m}^3/\text{h}$  maagaasi.

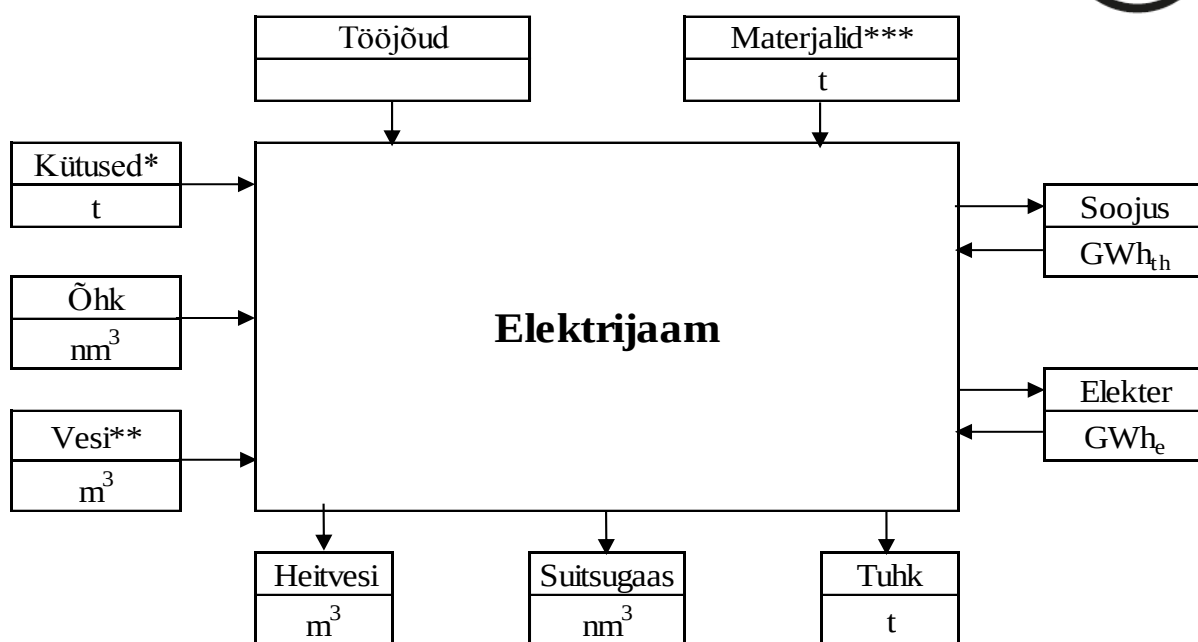
Kateldes E-25/40-440 GM põletatakse generaatorgaasi ning generaatorgaasi ja uttegaasi segugaasi, mille kütteväärtus ja kogus sõltuvad oluliselt põlevkiviõli tootmise seadmete töörežiimist. Generaatorgaasi kütteväärtus kõigub suurtes (kuni  $1,63$  korda) piirides  $3,08\text{--}3,40 \text{ MJ/Nm}^3$  ja ka segugaasi kütteväärtus võib kõikuda suurtes (kuni  $1,67$  korda) piirides  $3,83\text{--}4,65 \text{ MJ/Nm}^3$ . Gaaskütuste kütteväärtus on oluliselt madalam maagaasi kütteväärtusest [52]. Katelde rekonstrueerimise projekti rakendamisel vähenes katla aurutootlikkus  $13 \text{ t/h}\text{--}25 \text{ t/h}$ , mille tulemusena alandati katlasse kütusega viidava soojuse hulka kuni  $11,9 \text{ MW}_{\text{th}}$ . Katlad alla  $15 \text{ MW}_{\text{th}}$  ei kuulu soojuselektrijaama piirvõimsuse arvestusse.

Kateldes TS-35/40 Lomšakovi-Krull restil põletakse peenpõlevkivi, mille kütteväärtus kõigub suurtes (kuni  $1,4$  korda) piirides  $8,34\text{--}11,67 \text{ MJ/Nm}^3$  [6, 52]. Katlad on ümber seadistatud spetsiaalsete põletitega madala kütteväärtusega generaatorgaasi ja segugaasi põletamiseks koos peenpõlevkiviga Lomšakovi-Krull restil. Katla aurutootlikkus on  $26 \text{ t/h}$  ja maksimaalne soojuslik sisendvõimsus  $24,3 \text{ MW}_{\text{th}}$ , sh gaasiga  $11,9 \text{ MW}_{\text{th}}$  ja põlevkiviga  $12,4 \text{ MW}_{\text{th}}$ .

## 2.2. Tootmissisendid

Põlevkivi energeetilise kasutamise protsessi sisenevad ja sealt väljuvad vood on esitatud joonisel 2.7. Põlevkivi energeetilise kasutamise tootmissisenditeks on kütustena põlevkivi, põlevkiviõli, generaatorgaas, uttegaas, peendisperseeritud tuharikas kütus, põlevkivi aheraine, turvas, hakkpuit, kivistõli või maagaas, lisatakse õhku ning kasutatakse elektri- ja soojusenergiat. Protsessi sisendina kasutatakse vett: jahutusvett ja tehnoloogilist vett. Samuti on vajalik erinevate materjalide kasutamine, nagu näiteks erinevad kemikaalid, sorbendid, remondivahendid jne. Olulises mahus läheb vaja ka inime tööjõudu.





\* Kütused: põlevkivi, põlevkiviõli, generaatorgaas, uttegaas, filtrikook (KEK), turvas, hakkpuit, kivisüsi, maagaas

\*\* Vesi: jahutusvesi, tehnoloogiline vesi

\*\*\* Materjalid: lubjakivi killustik, vee-ettevalmistuse kemikaalid, remondi, suitsugaaside sorbendid jms

**Joonis 2.7. Põlevkivi energeetilise kasutamise sisendite ja väljundite vooskeem**

### 2.2.1. Põlevkivi elektrijaamades kasutatavate kütuste kvalitatiivsed näitajad

#### Põlevkivi

Põlevkivi on orgaanilist ainet ehk kerogeeni sisaldav settekivim, mille lähteaineks on olnud ainuraksete organismide, bakterite, vetikate ning füto- ja zooplanktoni orgaaniline mass. Põlevkivi eripära on tema orgaanilise aine halb lahustuvus tugevates lahustites ja võrreldes muude huumuskütustega, suurem vesiniku- ja hapnikurikkus.

Eesti põlevkivi ehk kukersiidi põletamine on kukersiidi madala kütteväärtuse (ca 8 MJ/kg) tõttu raske. Võrreldes teiste tahkekütustega sisaldab Eesti põlevkivi ehk kukersiidi orgaaniline osa palju vesinikku. C/H moolsuhe on üle 1,5 ja sellekohaselt on põlevkivi lähedasem naftale, mille C/H moolsuhe on kuni 2, kui kivisöele või pruunsöele, mille C/H moolsuhe on alla 1. Suure vesiniku sisalduse tõttu moodustab lendosade hulk põlevkivi põlevainest kuni 90%. Suur lendosade hulk annab põlevkivile hea süttimise ja põlemise omaduse [5, 6].

Põlevkivi orgaaniline osa sisaldab kuni 0,33% lämmastikku. Vähene lämmastiku sisaldus põlevkivis, madal liigõhutegur lendosade põlemisel ja madal põlevkivikoksi põlemise temperatuur vähendavad kütuse ja õhu lämmastiku muutumist lämmastikoksiidideks (NO<sub>x</sub>). [6].



Põlevkivi orgaaniline osa sisaldab kuni 0,95% kloori (Cl). Suur kloori sisaldus põlevkivis põhjustab küttepindade (auruülekuumendite) kõrgtemperatuurilist korrosiooni, mis piirab perliitteraste kasutamisel ülekuumendatud auru temperatuuri kuni 540°C. Samuti ummistab põlevkivi põletamisel tekkiv hügrokoopne kaltsiumkloriid ( $\text{CaCl}_2$ ) madaltemperatuurilisi õhuelestsoojendite küttepindu. Põlevkivi orgaanilises osas sisalduvast kloorist tekib kütuse põlemisel happeline ühend HCl, millest teatud osa reageerib ja seotakse lendtuhaga, kuid osa väljutatakse heitgaasi koosseisus atmosfääri (vt täpsemalt 3.4.1). Floori (F) põlevkivis ei ole leitud [6].

Mineraalosa on põlevkivis suur. Võrreldes teiste tahkekütustega sisaldab kukersiidi mineraalne osa kuni 70% lubjakivi ( $\text{CaCO}_3$ ). Suur lubjakivi sisaldus põhjustab kukersiidi põlemisel ja lubjakivi lagunemisel tekkiva tuha koostises lubja ( $\text{CaO}$ ) sisalduse kuni 50%. Suur lubja sisaldus tuhas põhjustab intensiivset kõrgtemperatuuriliste küttepindade (auruülekuumendite) saastumist ja madaltemperatuuriliste küttepindade (õhuelestsoojendite) tsementeerumist [6, 36]. Lisaks sisaldab kukersiidi mineraalne osa kuni 20% kvartsi ( $\text{SiO}_2$ ). Suur kvartsi sisaldus alandab lendtuha paakumise temperatuuri, millega soodustab kõrgtemperatuuriliste küttepindade (auruülekuumendite) saastumist [6, 36].

Kukersiidi mineraalne osa sisaldab ka kuni 4% markasiiti ( $\text{FeS}_2$ ). Suur markasiidi sisaldus põhjustab kukersiidi põlemisel suure kuni 9500  $\text{mg/Nm}^3$  vääveldioksiidi ( $\text{SO}_2$ ) kontsentratsiooni tekkimise. Kuna kukersiidi Ca/S moolsuhe on kuni 10, siis nii suure Ca/S moolsuhte puhul toimub efektiivne suitsugaaside desulfureerimine. Suitsugaaside desulfureerimise efektiivsus oleneb peale Ca/S moolsuhte veel kukersiidi põlemise temperatuurist ja ajast, suitsugaasides vääveldioksiidi ( $\text{SO}_2$ ), hapniku ( $\text{O}_2$ ) ja veeauru ( $\text{H}_2\text{O}$ ) kontsentratsioonist ning lendtuha poorsusest, dispersusest ja vaba lubja ( $\text{CaO}_v$ ) sisaldusest.

**Tabel 2.1. Tahkekütuste võrdlus**

| Näitaja                 | Ühik  | Põlevkivi   | Ligniit | Kivisüsi |                |             |
|-------------------------|-------|-------------|---------|----------|----------------|-------------|
|                         |       |             |         | Bituumen | Poolantratsiit | Antratsiit  |
| $Q_a^t$                 | MJ/kg | 7,5 – 8,7   | 26 – 32 | 26 – 32  | 25,0 – 32,3    | 30,0 – 31,4 |
| Niiskus ( $W^t$ )       | %     | 11 – 13     | 30 – 70 | 2 – 20   | 2 – 20         | 2 – 20      |
| Tuhasus ( $A^t$ )       | %     | 45 – 47     | 5 – 40  | 1 – 30   | 1 – 30         | 1 – 30      |
| $\text{CO}_2^t_m$       | %     | 18,0 – 20,2 | -       | -        | -              | -           |
| Väävel ( $S^t$ )        | %     | 1,3 – 1,7   | 0,4     | 0,5      | 2              | 1,7         |
| Lämmastik ( $N^t$ )     | %     | 0,1 – 0,2   | 0,4     | 1,8      | 1              | 0,8         |
| Kloor ( $\text{Cl}^t$ ) | %     | 0,2 – 0,3   | -       | -        | -              | -           |

t – tarbimisaine, m – mineraalne.

Erinevate fossiilkütuste tehniliste näitajate paremaks hindamiseks kasutatakse näitajana kütustes sisalduvate komponentide taandatud sisaldust. Kütustes sisalduvate komponentide taandatud näitajate mõõteühikuks on %/(Mcal/kg), ehk 4,19%/(MJ/kg). Ligikaudse hinnangu järgi on ühe Mcal tahkekütuse stõhhiomeetrilisel põletamisel vajalik 1,1  $\text{m}^3$  õhku ja tekkivate suitsugaaside maht on vahemikus  $1,2 \pm 0,05 \text{ m}^3$ . [61]

Põlevkivi tehniliste näitajate ja taandatud näitajate võrdlus pruunsöega, kivisöega, poolantratsiidiga ja antratsiidiga on esitatud tabelites 2.2–2.3.

**Tabel 2.2. Tahkekütuste näitajate võrdlus (konkreetsed kütused)**

| Näitaja                      | Ühik  | Põlevkivi<br>[62] | Pruunsüsi<br>[63] | Kivisüsi<br>[63] | Poolantratsiit<br>[64] | Antratsiit<br>[64] |
|------------------------------|-------|-------------------|-------------------|------------------|------------------------|--------------------|
| $Q_a^t$                      | MJ/kg | 7,8               | 13                | 26               | 27,1                   | 25,2               |
| Niiskus ( $W^t$ )            | %     | 11,3              | 39                | 8,5              | 5,5                    | 7                  |
| Tuhasus ( $A^t$ )            | %     | 46,3              | 7,3               | 11               | 15,1                   | 16,7               |
| Süsinikdioksiid ( $CO_2^t$ ) | %     | 18,2              | –                 | –                | –                      | –                  |
| Väävel ( $S^t$ )             | %     | 1,3               | 0,4               | 0,5              | 2                      | 1,7                |
| Lämmastik ( $N^t$ )          | %     | 0,1               | 0,4               | 1,8              | 1                      | 0,8                |
| Kloor ( $Cl^t$ )             | %     | 0,3               | –                 | –                | –                      | –                  |

t – tarbimisaine, m – mineraalne.

**Tabel 2.3. Tahkekütuste taandatud näitajate võrdlus (konkreetsed kütused)**

| Näitaja                      | Ühik              | Põlevkivi | Pruunsüsi | Kivisüsi | Pool-antratsiit | Antratsiit |
|------------------------------|-------------------|-----------|-----------|----------|-----------------|------------|
| $B_{ting}$                   | $Q_a^t/29,31$     | 0,27      | 0,44      | 0,89     | 0,92            | 0,86       |
| Niiskus ( $W_{taand}$ )      | 4,19%/<br>(MJ/kg) | 6,1       | 12,6      | 1,4      | 0,9             | 1,2        |
| Tuhasus ( $A_{taand}$ )      |                   | 24,9      | 2,4       | 1,8      | 2,3             | 2,8        |
| Süsinikdioksiid ( $CO_2^t$ ) |                   | 9,8       | -         | -        | -               | -          |
| Väävel ( $S_{taand}$ )       |                   | 0,7       | 0,13      | 0,08     | 0,31            | 0,28       |
| Lämmastik ( $N_{taand}$ )    |                   | 0,05      | 0,13      | 0,29     | 0,15            | 0,13       |
| Kloor ( $Cl_{taand}$ )       |                   | 0,16      | -         | -        | -               | -          |

t – tarbimisaine, m – mineraalne.

Tabelis 2.3. esitatud andmetelt on näha, et põlevkivi taandatud tuhasus on ligikaudu kümme korda suurem teiste võrreldavate kütuste taandatud tuhasusest. Sellest tulenevalt on hinnanguline lendtuha kontsentratsioon põlevkivi suitsugaasides samuti ligikaudu kümme korda suurem teiste võrreldavate kütuste lendtuha kontsentratsioonidest suitsugaasides.

Põlevkivi taandatud väävli sisaldus on üle viie korra suurem pruunsöe, kuni üheksa korda suurem kivisöe ja üle kahe korra suurem väävlirikaste poolantratsiidi ja antratsiidi taandatud väävli sisaldusest. Viimasest tulenevalt on hinnanguline vääveldioksiidi kontsentratsioon põlevkivi suitsugaasides samuti üle viie korra suurem vääveldioksiidi kontsentratsioonist pruunsöe suitsugaasides, kuni üheksa korda suurem vääveldioksiidi kontsentratsioonist kivisöe suitsugaasides ja üle kahe korra suurem väävlirikaste poolantratsiidi ja antratsiidi suitsugaasides.

Võrreldes teiste kütustega, millel karbonaatide ja kloori sisaldus puudub või on marginaalne, on põlevkivi taandatud karbonaatide ja kloori sisaldus suur.



## Põlevkiviõli

Põlevkiviõli toodetakse erinevate omaduste ja kasutusotstarbega. Põlevkiviõli eeliseks naftamasuudi ees on väike viskoossus, madal hangumistäpp ja väike väävlisisaldus. Keemistemperatuuride järgi jaotatakse põlevkiviõlid järgmistesse fraktsioonidesse:

- kergefraktsioon;
- keskfraktsioonid;
- raskefraktsioon.

Põlevkiviõli erinevad fraktsioonid segunevad hästi nii omavahel kui ka naftamasuutide (M-100, M-40) ning bensiinidega. Segades on võimalik saada spetsifikatsioonidele vastavaid tooteid (enim leiab kasutamist laevakütustes IFO 380 ja IFO 180) ning sujuvalt üle minna ühelt kütuse liigilt teisele. Võrreldes masuudiga on põlevkiviõlil oluliselt väiksem väävlisisaldus (kuni 1%). Põlevkiviõli erinevate fraktsioonide peamisteks näitajateks on hangumistemperatuur, leektäpp, viskoossus, lisandite sisaldus. Põlevkiviõlide alumine eripõlemissoojus on 39,7–41,4 MJ/kg. Põlevkiviõli on kasutusel põlevkivi katelde sisse kütmisel või erandkorras reservkütusena.

## Põlevkivigaasid

Põlevkivigaasid on põlevkiviõli tootmise isoleeritud vahesaadus Põlevkiviõli tootmistehnoloogia juures saadakse kahte erinevate omadustega põlevkivigaasi. Madala kütteväärtusega (3–5 MJ/m<sup>3</sup>) generaatorgaasi ja kõrge kütteväärtusega (41–48 MJ/m<sup>3</sup>) uttegaasi.

Põlevkivigaasid sisaldavad muude komponentide kõrval ka väävelvesinikku. Väävelvesiniku sisaldus generaatorgaasis on 0,33–0,57% ja uttegaasis 2,04–2,53% [1]. Põlevkivigaaside tehnilised näitajad on esitatud tabelites 2.4 ja 2.5.

**Tabel 2.4. Generaatorgaasi mahuline koostis [1]**

| Näitaja                                  | Ühik                               | BKZ-75-39D;<br>BKZ-75-39 Fsl | E-25/40-440 GM;<br>TS-35 |
|------------------------------------------|------------------------------------|------------------------------|--------------------------|
| Vesinik                                  | mahu %                             | 3,70 – 6,65                  | 3,93 – 6,58              |
| Süsivesinikud:                           |                                    |                              |                          |
| - küllastatud                            | mahu %                             | 1,0 – 2,17                   | 1,46 – 2,56              |
| - küllastamata                           | mahu %                             | 0,4 – 1,3                    | 0,59 – 1,18              |
| Süsinikoksiid                            | mahu %                             | 5,92 – 6,53                  | 3,12 – 4,90              |
| Süsinikdioksiid                          | mahu %                             | 15,42 – 17,74                | 15,87 – 18,83            |
| Lämmastik                                | mahu %                             | 65,06 – 69,39                | 65,79 – 69,63            |
| Hapnik                                   | mahu %                             | 1,21 – 1,74                  | 1,39 – 2,02              |
| Väävelvesinik                            | mahu %                             | 0,35 – 0,42<br>0,49 – 0,57*  | 0,33 – 0,53              |
| Gaasbensiin                              | g/Nm <sup>3</sup>                  | 16,2 – 21,8                  | -                        |
| Bensiinivaba kuiva gaasi tihedus         | kg/Nm <sup>3</sup>                 | 1,211 – 1,238                | 1,207 – 1,256            |
| Kütteväärtus ( $Q_a^t$ , gaasbensiiniga) | GJ/10 <sup>3</sup> Nm <sup>3</sup> | 3,458 – 3,678                | 3,045 – 3,786            |

\* 2012/3. a. kuupõhised andmed väävlirikama põlevkivi kasutamisel

**Tabel 2.5. Uttegaasi mahuline koostis [1]**

| Näitaja                            | Ühik               | Nominaalväärtus              |                       |                          |
|------------------------------------|--------------------|------------------------------|-----------------------|--------------------------|
|                                    |                    | BKZ-75-39D;<br>BKZ-75-39 Fsl | TP-67; TP-101;<br>CFB | E-25/40-440 GM;<br>TS-35 |
| Vesinik                            | mahu %             | 14,37                        | 13,31                 | 12,51                    |
| Süsivesinikud:                     |                    |                              |                       |                          |
| - küllastatud                      | mahu %             | 11,86                        | 33,46                 | 23,71                    |
| - küllastamata                     | mahu %             | 20,13                        | 29,39                 | 18,37                    |
| Süsinikoksiid                      | mahu %             | 9,63                         | 9,53                  | 8,75                     |
| Süsinikdioksiid                    | mahu %             | 8,85                         | 9,54                  | 3,18                     |
| Lämmastik                          | mahu %             | 11,17                        | 1,10                  | 30,91                    |
| Hapnik                             | mahu %             | 0,21                         | 0,15                  | 2,48                     |
| Väävelvesinik                      | mahu %             | 2,04                         | 2,53                  | 0,12                     |
| Gaasbenssiini<br>sisaldus          | g/Nm <sup>3</sup>  | 306,6                        | 200                   | 204                      |
| Bensiinivaba kuiva<br>gaasitihedus | kg/Nm <sup>3</sup> | 1,27                         | 1,30                  | 1,18                     |

Põlevkivigaaside kütteväärtus on muutlik ja oleneb gaasbenssiini sisaldusest. Gaasbenssiini sisaldus generaatorgaasis on 16,2–21,8 g/Nm<sup>3</sup> ja uttegaasis 200–306 g/Nm<sup>3</sup> [1]. Suvekuudel gaasbenssiini sisaldus suureneb ja see suurendab põlevkivigaaside kütteväärtust kuni 30% [53]. Generaatorgaasi kütteväärtus on madal 3,3–4,6 MJ/m<sup>3</sup>, kuna gaas sisaldab kuni 80% mitte-põlevat ballasti lämmastikku (N<sub>2</sub>) ja süsinikdioksiidi (CO<sub>2</sub>). Uttegaasi kütteväärtus on ca 10 korda kõrgem kui generaatorgaasil ja on keskmiselt 44 MJ/m<sup>3</sup>. Uttegaasi kõrge kütteväärtus tuleneb põlevkivi utmisest tahke soojuskandja meetodiga, kus soojuskandjaks on põlevkivi tuhk. Generaatorgaasi puhul, põlevkivi utmise meetodil, kasutakse põlevkivi utmisel põlevkivi põletamisel tekkivate suitsugaaside soojust [1].

Põlevkivigaaside põletamisel kasutatakse ka segugaasi (generaator- ja uttegaasi segu). Segugaasi kasutamine optimeerib põlevkivigaasi kütteväärtust (segugaasi kütteväärtus on suurem generaatorgaasi kütteväärtusest ja on madalam uttegaasi kütteväärtusest), mis parandab gaasi põletamist ja soojusülekannet kolde küttepindadele. Samuti kasutakse põlevkivigaaside ja põlevkivi koospõletamist, mis vähendab vääveloksiidide – vääveltrioksiidi (SO<sub>3</sub>) ja vääveldioksiidi (SO<sub>2</sub>) - sisaldust suitsugaasides. Vääveltrioksiidi vähenemisega suitsugaasides alaneb väävelhappe (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) kastepunkti temperatuur, mis vähendab madaltemperatuuriliste küttepindade korrosiooni ja seega suurendab katla küttepindade töökindlust. Vääveldioksiidi vähendamine suitsugaasides ei taga normikohast vääveldioksiidi kontsentratsiooni heitgaasides, kuid vähendab oluliselt kulutusi gaasi puhastamisel vääveldioksiidist [54].

Põlevkivi generaatorgaasi tehniliste näitajate ja taandatud näitajate võrdlus kivisöe generaatorgaasi ja kõrgahjugaasiga on esitatud tabelites 2.6–2.8.

**Tabel 2.6. Generaatorgaasi tehnilised näitajad**

| Näitaja              | Ühik               | Põlevkivi generaatorgaas | Kivisöe generaatorgaas | Kõrgahjugaas |
|----------------------|--------------------|--------------------------|------------------------|--------------|
| $Q_s^d$              | MJ/Nm <sup>3</sup> | 3,3 – 4,6                | 6,1                    | 4 – 6        |
| CO <sub>2</sub>      | %                  | 17,1 – 17,4              | 7                      | 5 – 15       |
| N <sub>2</sub>       | %                  | 65,7 – 67,1              | 48,7                   | 45 – 55      |
| H <sub>2</sub> S     | %                  | 0,2 – 0,5                | 0,1                    | 0,2 – 0,4    |
| H <sub>2</sub>       | %                  | 5,3 – 7,1                | 15,5                   | 5 – 15       |
| CO                   | %                  | 3,4 – 7,4                | 25,5                   | 20 – 30      |
| Cn H <sub>2n</sub>   | %                  | 1,1 – 1,9                | 2,6                    | 0,2 – 0,6    |
| Cn H <sub>2n+2</sub> | %                  | 0,5 – 1,0                | 0,4                    | 0,1 – 0,2    |

**Tabel 2.7. Generaatorgaasi tehnilised näitajad (konkreetsed kütused)**

| Näitaja              | Ühik               | Põlevkivi generaatorgaas [65] | Kivisöe generaatorgaas [64] | Kõrgahjugaas [64] |
|----------------------|--------------------|-------------------------------|-----------------------------|-------------------|
| $Q_s^d$              | MJ/Nm <sup>3</sup> | 3,5                           | 6,1                         | 4                 |
| CO <sub>2</sub>      | %                  | 17,3                          | 7                           | 10,2              |
| N <sub>2</sub>       | %                  | 65,8                          | 48,7                        | 58,5              |
| H <sub>2</sub> S     | %                  | 0,4                           | 0,1                         | 0,3               |
| H <sub>2</sub>       | %                  | 5,4                           | 15,5                        | 2,7               |
| CO                   | %                  | 7,3                           | 25,5                        | 28                |
| Cn H <sub>2n</sub>   | %                  | 1,8                           | 2,6                         | 0,3               |
| Cn H <sub>2n+2</sub> | %                  | 0,9                           | 0,4                         | 0,1               |

**Tabel 2.8. Generaatorgaasi taandatud näitajad (konkreetsed kütused)**

| Näitaja                           | Ühik                        | Põlevkivi generaatorgaas | Kivisöe generaatorgaas | Kõrgahjugaas |
|-----------------------------------|-----------------------------|--------------------------|------------------------|--------------|
| B <sub>ting</sub>                 | $Q_s^d/29,31$               | 0,09                     | 0,21                   | 0,14         |
| CO <sub>2</sub> taand             | 4,19%/(MJ/Nm <sup>3</sup> ) | 20,7                     | 4,8                    | 10,7         |
| N <sub>2</sub> taand              |                             | 78,8                     | 33, 5                  | 61,3         |
| H <sub>2</sub> S <sub>taand</sub> |                             | 0,48                     | 0,07                   | 0,31         |
| H <sub>2</sub> taand              |                             | 6,5                      | 10,7                   | 2,8          |
| CO <sub>taand</sub>               |                             | 8,7                      | 17,5                   | 29,3         |
| Cn H <sub>2n</sub> taand          |                             | 2,2                      | 1,8                    | 0,3          |
| Cn H <sub>2n+2</sub> taand        |                             | 1,1                      | 0,3                    | 0,1          |

Tabelis 2.8 esitatud andmete põhjal on näha, et põlevkivi generaatorgaasi taandatud väävelvesiniku sisaldus on kuni poolteist korda suurem kui kõrgahjugaasil ning kuni seitse korda suurem kui kivisöe generaatorgaasil. Sellest tulenevalt on hinnanguline vääveldioksiidi kontsentratsioon põlevkivi generaatorgaasi suitsugaasides samuti kuni poolteist korda suurem vääveldioksiidi kontsentratsioonist kõrgahjugaasi suitsugaasides ja kuni seitse korda suurem kivisöe generaatorgaasi suitsugaaside omast.



Põlevkivi generaatorgaasi taandatud süsihappegaasi sisaldus on kuni kaks korda suurem kui kõrgahjugaasil ning üle nelja korra suurem kui kivisöe generaatorgaasil. Põlevkivi generaatorgaasi taandatud lämmastiku sisaldus on kuni kolmandiku võrra suurem kui kõrgahjugaasil ning üle kahe korra suurem kui kivisöe generaatorgaasil.

Põlevkivi uttegaasi tehniliste näitajate ja taandatud näitajate võrdlus koksigaasi ja rektifikatsiooni jääkgaas on esitatud tabelites 2.9–2.11.

**Tabel 2.9. Uttegaasi tehnilised näitajad**

| Näitaja              | Ühik               | Uttegaas    | Koksigaas | Rektifikatsiooni jääkgaas |
|----------------------|--------------------|-------------|-----------|---------------------------|
| Qs <sup>d</sup>      | MJ/Nm <sup>3</sup> | 41,6 – 47,4 | 17,6      | 41,8                      |
| CO <sub>2</sub>      | %                  | 3,2 – 9,5   | 2,3       | 0,8                       |
| N <sub>2</sub>       | %                  | 1,1 – 30,9  | 7,7       | 13,6                      |
| H <sub>2</sub> S     | %                  | 0,1 – 2,5   | 0,4       | 0,5                       |
| H <sub>2</sub>       | %                  | 12,5 – 14,4 | 57        | -                         |
| CO                   | %                  | 8,8 – 9,6   | 6,8       | -                         |
| Cn H <sub>2n</sub>   | %                  | 18,4 – 29,4 | 2,7       | -                         |
| Cn H <sub>2n+2</sub> | %                  | 11,9 – 33,5 | 22,3      | 85,1                      |

**Tabel 2.10. Uttegaasi tehnilised näitajad (konkreetsed kütused)**

| Näitaja              | Ühik               | Uttegaas [65] | Koksigaas [64] | Rektifikatsiooni jääkgaas [63] |
|----------------------|--------------------|---------------|----------------|--------------------------------|
| Qs <sup>d</sup>      | MJ/Nm <sup>3</sup> | 47,4          | 17,6           | 41,8                           |
| CO <sub>2</sub>      | %                  | 9,5           | 2,3            | 0,8                            |
| N <sub>2</sub>       | %                  | 1,1           | 7,7            | 13,6                           |
| H <sub>2</sub> S     | %                  | 2,5           | 0,4            | 0,5                            |
| H <sub>2</sub>       | %                  | 13,3          | 57             | -                              |
| CO                   | %                  | 9,5           | 6,8            | -                              |
| Cn H <sub>2n</sub>   | %                  | 29,4          | 2,7            | -                              |
| Cn H <sub>2n+2</sub> | %                  | 33,5          | 22,3           | 85,1                           |

**Tabel 2.11. Uttegaasi taandatud näitajad (konkreetsed kütused)**

| Näitaja                    | Ühik                        | Uttegaas | Koksigaas | Rektifikatsiooni jääkgaas |
|----------------------------|-----------------------------|----------|-----------|---------------------------|
| B <sub>ting</sub>          | Qs <sup>d</sup> /29,31      | 1,62     | 0,6       | 1,43                      |
| CO <sub>2</sub> taand      | 4,19%/(MJ/Nm <sup>3</sup> ) | 0,8      | 0,6       | 0,1                       |
| N <sub>2</sub> taand       |                             | 0,1      | 1,8       | 1,4                       |
| H <sub>2</sub> S taand     |                             | 0,22     | 0,1       | 0,05                      |
| H <sub>2</sub> taand       |                             | 1,2      | 13,6      | -                         |
| CO <sub>taand</sub>        |                             | 0,8      | 1,6       | -                         |
| Cn H <sub>2n</sub> taand   |                             | 2,6      | 0,6       | -                         |
| Cn H <sub>2n+2</sub> taand |                             | 3        | 5,3       | 8,5                       |





Tabelis 2.11 esitatud andmete põhjal on näha, et põlevkivi uttegaasi taandatud väävelvesiniku sisaldus on üle kahe korra suurem kui koksigaasil ning kuni neli korda suurem kui rektifikatsiooni jääkgaasil. Hinnanguliselt on vääveldioksiidi kontsentratsioon põlevkivi uttegaasi suitsugaasides samuti üle kahe korra suurem vääveldioksiidi kontsentratsioonist koksigaasi suitsugaasides ning kuni neli korda suurem rektifikatsiooni jääkgaasi suitsugaasides.

Põlevkivi uttegaasi taandatud süsihapegaasi sisaldus on kolmandiku võrra suurem kui koksigaasil ning kuni kaheksa korda suurem kui rektifikatsiooni jääkgaasil.

### Peendispersne tuharikas kütus

Peendispersne tuharikas kütus tekib põlevkiviõli tootmise Kiviter 1 tehnoloogilises protsessis ja Eestis kasutatakse seda BKZ-75-39 Fsl tüüpi kateldes põlevkiviga võrdselt segades omatarbeks tööstuskütusena.

**Tabel 2.12. Peendisperse tuharikka kütuse kvalitatiivsed näitajad**

| Nr | Näitaja         | Tähis            | Ühik  | 2011.–2015. aasta |
|----|-----------------|------------------|-------|-------------------|
| 1. | Kütteväärtus    | $Q_a^{t_{fk}}$   | MJ/kg | 15,54 – 16,14     |
| 2. | Niiskus         | $W_{fk}^t$       | %     | 14,18 – 15,41     |
| 3. | Tuhasus         | $A_{fk}^t$       | %     | 37,40 – 39,60     |
| 4. | Karbonaatsus    | $CO_2^{t_{mfk}}$ | %     | 7,20 – 7,60       |
| 5. | Väävli sisaldus | $S_{fk}^t$       | %     | 1,60 – 1,97       |

t – tarbimisaine, m – mineraalne.

### Põlevkivi aheraine

Põlevkivi rikastamisel tekkiv jääk on põlevkivi aheraine. Aheraine koosneb madala-kvaliteedilisest lubjakivist ja põlevkivist. Tolmpõletuskatelde TP-101 SO<sub>2</sub> heidete vähendamiseks on rajatud võimalus viia kollete ülemistesse osadesse kütuseveskites jahvatatud põlevkivi aherainet.

**Tabel 2.13. Põlevkivi aheraine kvalitatiivsed näitajad**

| Nr | Näitaja         | Tähis             | Ühik  | 2011.–2015. aasta |
|----|-----------------|-------------------|-------|-------------------|
| 1. | Kütteväärtus    | $Q_a^{t_{pa}}$    | MJ/kg | 3,35              |
| 2. | Niiskus         | $W_{pa}^t$        | %     | 7,82              |
| 3. | Tuhasus         | $A_{pa}^t$        | %     | 59,84             |
| 4. | Karbonaatsus    | $CO_2^{t_{m pa}}$ | %     | 28,3              |
| 5. | Väävli sisaldus | $S_{pa}^t$        | %     | 1,09              |

t – tarbimisaine, m – mineraalne.



## Turvas

Turvast on katse eesmärgil põletatud koos põlevkiviga CFB tüüpi katlas. Katsepõletuste käigus on kasutatud erineva kvaliteediga turvast. Põlevkiviga koos põletatud turba tehnilised näitajad on toodud tabelis 2.14. Tänapäevaks on turba kasutamine energiatootmiseks fikseeritud kahe keevkihttehnoloogial põhineva energiaploki keskkonnakompleksloas.

**Tabel 2.14. Kasutatud turba kvaliteetsed näitajad**

| Nr | Näitaja         | Tähis          | Ühik  | 2012 | 2015 |
|----|-----------------|----------------|-------|------|------|
| 1. | Kütteväärtus    | $Q_a^{t_{tu}}$ | MJ/kg | 10,5 | 4,22 |
| 2. | Niiskus         | $W^{t_{tu}}$   | %     | 40,7 | 71,3 |
| 3. | Tuhasus         | $A^{t_{tu}}$   | %     | 7,04 | 2,62 |
| 4. | Väävli sisaldus | $N^{t_{tu}}$   | %     | 2,58 | -    |

t – tarbimisaine

## Hakkpuit

Hakkpuitu põletatakse koos põlevkiviga CFB tüüpi kateldes. Hakkpuidu põletamise eesmärk on suurendada elektrienergia tootmises taastuvenergia osakaalu ja vähendada energiatootmisega kaasnevat heidet. Põlevkiviga koos põletatava hakkpuidu tehnilised näitajad on toodud tabelis 2.15.

**Tabel 2.15. 2011.–2015. aastatel kasutatud hakkpuidu kvalitatiivsed näitajad**

| Nr | Näitaja         | Tähis          | Ühik  | 2011.–2015. aasta |
|----|-----------------|----------------|-------|-------------------|
| 1. | Kütteväärtus    | $Q_a^{t_{hp}}$ | MJ/kg | 8,96 – 10,77      |
| 2. | Niiskus         | $W^{t_{hp}}$   | %     | 38,09 – 45,03     |
| 3. | Tuhasus         | $A^{t_{hp}}$   | %     | 1,92 – 4,08       |
| 4. | Väävli sisaldus | $S^{t_{hp}}$   | %     | 0,03 – 0,05       |

t – tarbimisaine

## Kivisüsi

Kivisüsi on katse eesmärgil põletatud koos põlevkiviga CFB tüüpi katlas. Katsepõletuste käigus on kasutatud erineva kvaliteediga kivisütt. CFB kateldes kasutatud kivisöe tehnilised näitajad on toodud tabelis 2.16. Tänapäevaks on söe kasutamine energiatootmiseks fikseeritud kahe keevkihttehnoloogial põhineva energiaploki keskkonnakompleksloas.

**Tabel 2.16. Kivisöe kvalitatiivsed näitajad**

| Nr | Näitaja         | Tähis          | Ühik  | 2013  | 2014  |
|----|-----------------|----------------|-------|-------|-------|
| 1. | Kütteväärtus    | $Q_a^{t_{ks}}$ | MJ/kg | 19,23 | 22,88 |
| 2. | Niiskus         | $W^{t_{ks}}$   | %     | 19,07 | 13,91 |
| 3. | Tuhasus         | $A^{t_{ks}}$   | %     | 15,81 | 7,16  |
| 4. | Väävli sisaldus | $S^{t_{ks}}$   | %     | 0,48  | 0,49  |

t – tarbimisaine



## Maagaas

Maagaas on kasutusel põlevkivigaase põletavates **BKZ-75-39D** tüüpi kateldes sisse kütmiseks ning põlemisprotsesside stabiliseerimiseks. Põlevkivigaase põletavates kateldes kasutatava maagaasi tehnilised näitajad on toodud tabelis 2.17.

**Tabel 2.17. Maagaasi tehnilised näitajad**

| Nr | Näitaja      | Tähis         | Ühik               | 2011.–2015. aasta    |
|----|--------------|---------------|--------------------|----------------------|
| 1. | Kütteväärtus | $Q_{a\,mg}^t$ | MJ/Nm <sup>3</sup> | 33,69 – 34,15        |
| 2. | Tihedus      | $\rho_{mg}$   | kg/m <sup>3</sup>  | 0,6956 <sup>15</sup> |

t – tarbimisaine

### 2.2.2. Põlevkivi elektriijaamades kasutatavad kütuste tehnilised näitajad

**E-25/40-440 GM** ja **TS-35** tüüpi kateldes põletatakse põlevkivi, generaatorgaasi ja segugaasi. Tehniliselt on võimalik põletada generaatorgaasi ja segugaasi gaaskütusena ning seguna koos põlevkiviga. Katelde sisse-kütisel kasutatakse kütusena põlevkiviõli. Ajavahemikul 2011–2015 suurenes summaarne antud katlaid kasutava elektriijaama tingkütuse tarbimine 1,24 korda sh segugaasi tarbimine suurenes 2,49 korda.

**BKZ-75-39D** tüüpi kateldes põletatakse generaatorgaasi. Generaatorgaasi põlemise protsessi stabiliseerimiseks lisatakse maagaasi. Katelde sisse kütisel kasutatakse maagaasi.

Ajavahemikul 2011–2015 suurenes **BKZ-75-39D** tüüpi katlaid kasutava elektriijaama summaarne tingkütuse tarbimine 1,28 korda sh generaatorgaasi põletamine suurenes 2,49 korda ja maagaasi tarbimine vähenes 1,76 korda.

**E-25/40-440 GM**, **TS-35** ja **BKZ-75-39D** tüüpi katlaid kasutavate soojuselektriijaamade lubatud põletusseadme arvestuslik summaarne võimsus kütuse soojussisendi järgi on alandatud kooskõlas loa andjaga alla 50 MW<sub>th</sub>.

**Tabel 2.18. E-25/40-440 GM, TS-35 ja BKZ-75-39D tüüpi katlaid kasutavate elektriijaamade 2011.–2015. a arvutuslikud aasta keskmised tingkütuste tarbitud kogused**

| Sisendid            |             |                  | E-25/40-440 GM; TS-35 |      | BKZ-75-39D |      |
|---------------------|-------------|------------------|-----------------------|------|------------|------|
| Näitajad            | Tähis       | Ühik             | Keskmine              | %    | Keskmine   | %    |
| Summaarne tingkütus | $B_{t\sum}$ | tt               | 32 308                | 100  | 36 634     | 100  |
| Põlevkivi           | $B_{pk}^t$  | tt <sub>pk</sub> | 6 689                 | 20,7 | -          | -    |
| Generaatorgaas      | $B_{gg}^t$  | tt <sub>gg</sub> | 18 986                | 58,8 | 36 490     | 99,6 |
| Segugaas            | $B_{sg}^t$  | tt <sub>sg</sub> | 6 567                 | 20,3 | -          | -    |
| Põlevkiviõli        | $B_{põ}^t$  | tt <sub>põ</sub> | 66                    | 0,2  | -          | -    |
| Maagaas             | $B_{mg}^t$  | tt <sub>mg</sub> | -                     | -    | 144        | 0,4  |

<sup>15</sup> Andmed pärinevad Elering AS kodulehelt, [www.elering.ee](http://www.elering.ee)



**Tabel 2.19. E-25/40-440 GM, TS-35 ja BKZ-75-39D tüüpi katlaid kasutavate elektrijaamade 2011.–2015. a tarbitud kütuste näitajad**

| Näitajad                               | Tähis                                      | Ühik                 | E-25/40-440 GM;<br>TS-35       | BKZ-75-39D            |
|----------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------|--------------------------------|-----------------------|
| Põlevkivi                              |                                            |                      |                                |                       |
| Kogus                                  | B <sub>pk</sub>                            | t                    | 15 566 – 24 436                | Ei kasutata põlevkivi |
| Kütteväärtus                           | Q <sub>a<sup>t</sup><sub>pk</sub></sub>    | MJ/kg                | 9,74 – 10,86                   |                       |
| Niiskus                                | W <sup>t</sup> <sub>pk</sub>               | %                    | 11,6 – 14,4                    |                       |
| Tuhasus                                | A <sup>t</sup> <sub>pk</sub>               | %                    | 43,8 <sup>16</sup>             |                       |
| Karbonaatsus                           | CO <sub>2<sup>t</sup><sub>m</sub> pk</sub> | %                    | 17 <sup>17</sup>               |                       |
| Väävli sisaldus                        | S <sup>t</sup> <sub>pk</sub>               | %                    | 1,7 <sup>18</sup>              |                       |
| Generaatorgaas                         |                                            |                      |                                |                       |
| Kogus                                  | B <sub>gg</sub>                            | 1000 Nm <sup>3</sup> | 160 179 – 183 969              | 271 390 – 350 181     |
| Kütteväärtus<br>gaasbensiiniga         | Q <sub>a<sup>t</sup><sub>gg</sub></sub>    | MJ/Nm <sup>3</sup>   | 3,075 – 3,393                  | 3,321 – 3,700         |
| Bensiinivaba<br>kuiva gaasi<br>tihedus | ρ <sup>K</sup> <sub>gg</sub>               | kg/Nm <sup>3</sup>   | 1,224 – 1,254                  | 1,210 – 1,239         |
| Gaasbensiini<br>sisaldus               | b <sub>gg</sub>                            | g/Nm <sup>3</sup>    | 15,0* – 20,5** <sup>19</sup>   | 13,4 – 18,5           |
| Väävelvesiniku<br>sisaldus             | H <sub>2</sub> S <sub>gg</sub>             | %                    | 0,38 – 0,58                    | 0,40 – 0,51           |
| Veeauru sisaldus                       | H <sub>2</sub> O <sub>gg</sub>             | %                    | -                              | -                     |
| Segugaas                               |                                            |                      |                                |                       |
| Kogus                                  | B <sub>sg</sub>                            | 1000 Nm <sup>3</sup> | 28 148 – 68 554                | Ei kasutata segugaasi |
| Kütteväärtus<br>gaasbensiiniga         | Q <sub>a<sup>t</sup><sub>sg</sub></sub>    | MJ/Nm <sup>3</sup>   | 3,825 – 4,653                  |                       |
| Bensiinivaba<br>kuiva gaasi<br>tihedus | ρ <sup>K</sup> <sub>sg</sub>               | kg/Nm <sup>3</sup>   | 1,200 – 1,230                  |                       |
| Gaasbensiini<br>sisaldus               | b <sub>sg</sub>                            | g/Nm <sup>3</sup>    | 18,35** – 22,69* <sup>20</sup> |                       |
| Väävelvesiniku<br>sisaldus             | H <sub>2</sub> S <sub>sg</sub>             | %                    | 0,465 – 0,595                  |                       |
| Generaatorgaasi<br>osa segugaasis      | k <sub>gg</sub>                            | %                    | 95,7 – 96,4                    |                       |
| Uttegaasi osa<br>segugaasis            | k <sub>ug</sub>                            | %                    | 3,6 – 4,3                      |                       |
| Veeauru sisaldus                       | H <sub>2</sub> O <sub>sg</sub>             | %                    | -                              |                       |

<sup>16</sup> Antud ühe mõõteprotokolli alusel. Arvutuslikult kompleksloa järgi on SEJ-s tuha tekkimise koef. 41,4%.

<sup>17</sup> Antud ühe mõõteprotokolli alusel, tulemus on kuivainele.

<sup>18</sup> Antud SEJ LHK projekti arvutustes kasutatud teguri järgi.

<sup>19</sup> \*antud SEJ LHK projekti arvutustes kasutatud teguri järgi; \*\*mõõteprotokolli alusel

<sup>20</sup> \*arvutuslikult SEJ LHK projekti arvutustes kasutatud tegurite järgi; \*\*mõõteprotokolli alusel



| Näitajad        | Tähis                                     | Ühik                 | E-25/40-440 GM;<br>TS-35 | BKZ-75-39D               |
|-----------------|-------------------------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------|
|                 |                                           |                      |                          |                          |
| Põlevkiviõli    |                                           |                      |                          |                          |
| Kogus           | B <sub>põ</sub>                           | t                    | 13 – 85                  | Ei kasutata põlevkiviõli |
| Kütteväärtus    | Q <sub>a</sub> <sup>t</sup> <sub>põ</sub> | MJ/kg                | 38,9 <sup>21</sup>       |                          |
| Niiskus         | W <sup>t</sup> <sub>põ</sub>              | %                    | -                        |                          |
| Tuhasus         | A <sup>t</sup> <sub>põ</sub>              | %                    | -                        |                          |
| Väävli sisaldus | S <sup>t</sup> <sub>põ</sub>              | %                    | -                        |                          |
| Maagaas         |                                           |                      |                          |                          |
| Kogus           | B <sub>mg</sub>                           | 1000 Nm <sup>3</sup> | Ei kasutata maagaasi     | 71 – 257                 |
| Kütteväärtus    | Q <sub>a</sub> <sup>t</sup> <sub>mg</sub> | MJ/Nm <sup>3</sup>   |                          | 33,69 – 34,15            |
| Tihedus         | ρ <sub>mg</sub>                           | kg/m <sup>3</sup>    |                          | 0.6956 <sup>22</sup>     |

t – tarbimisaine, m – mineraalne, K – kuiv.

**BKZ-75-39 Fsl** tüüpi kateldes põletatakse põlevkivi, generaatorgaasi, uttegaasi, peendis disperset tuharikast kütust, põlevkivi aherainet ja maagaasi. Katelde sisse-kütmisel kasutatakse maagaasi.

Ajavahemikul 2011–2015 suurenes **BKZ-75-39 Fsl** tüüpi katlaid kasutava elektriijaama summaarne tingkütuse tarbimine 1,45 korda, sh uttegaasi tarbimine suurenes 4,08 korda ja generaatorgaasi ja maagaasi tarbimine vähenes vastavalt 3,10 ja 2,44 korda. Antud soojus-elektriijaama lubatud põletusseadme installeeritud nimisoojusvõimsus seisuga 01.01.2016. a oli 277,4 MW<sub>th</sub>.

**Tabel 2.20. BKZ-75-39Fsl tüüpi katlaid kasutava elektriijaama 2011.–2015. a arvutuslikud aasta keskmised tingkütuste tarbitud kogused**

| Sisendid                          |               |                  | BKZ-75-39 Fsl |      |
|-----------------------------------|---------------|------------------|---------------|------|
| Näitajad                          | Tähis         | Ühik             | Keskmine      | %    |
| Summaarne tingkütus               | $B_{t\Sigma}$ | tt               | 117 583       | 100  |
| Põlevkivi                         | $B_{pk}^t$    | tt <sub>pk</sub> | 2 786         | 2,4  |
| Generaatorgaas                    | $B_{gg}^t$    | tt <sub>gg</sub> | 57 685        | 49,1 |
| Uttegaas                          | $B_{ug}^t$    | tt <sub>ug</sub> | 50 838        | 43,1 |
| Peendis dispersne tuharikas kütus | $B_{fk}^t$    | tt <sub>fk</sub> | 5 865         | 5    |
| Põlevkivi aheraine                | $B_{pa}^t$    | tt <sub>pa</sub> | 94            | 0,1  |
| Maagaas                           | $B_{mg}^t$    | tt <sub>mg</sub> | 316           | 0,3  |

<sup>21</sup> antud SEJ LHK projekti arvutustes kasutatud teguri järgi.

<sup>22</sup> andmed pärinevad Elering AS kodulehelt, [www.elering.ee](http://www.elering.ee)



**Tabel 2.21. BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava elektriijaama 2011.–2015. a tarbitud kütuste näitajad**

| Näitajad                             | Tähis           | Ühik                 | BKZ-75-39 Fsl           |
|--------------------------------------|-----------------|----------------------|-------------------------|
| <b>Põlevkivi</b>                     |                 |                      |                         |
| Kogus                                | $B_{pk}$        | t                    | 2 051 – 24 385          |
| Kütteväärtus                         | $Q_{a\ pk}^t$   | MJ/kg                | 7,88 – 9,06             |
| Niiskus                              | $W_{pk}^t$      | %                    | 10,5 – 12,8             |
| Karbonaatsus                         | $A_{pk}^t$      | %                    | 50,4 – 52,3             |
| Väävli sisaldus                      | $S_{pk}^t$      | %                    | 1,6 – 1,8               |
| <b>Generaatorgaas</b>                |                 |                      |                         |
| Kogus                                | $B_{gg}$        | 1000 Nm <sup>3</sup> | 179 026 – 553 385       |
| Kütteväärtus gaasbensiiniga          | $Q_{a\ gg}^t$   | MJ/Nm <sup>3</sup>   | 3,68 – 4,30             |
| Bensiinivaba kuiva gaasi tihedus     | $\rho_{gg}^K$   | kg/Nm <sup>3</sup>   | 1,206 – 1,225           |
| Gaasbensiini sisaldus                | $b_{gg}$        | g/Nm <sup>3</sup>    | 15,10 – 24,97           |
| Väävelvesiniku sisaldus              | $H_2S_{gg}$     | %                    | 0,407 – 0,515           |
| Veeauru sisaldus                     | $H_2O_{gg}$     | %                    | * <sup>23</sup>         |
| <b>Uttegaas</b>                      |                 |                      |                         |
| Kogus                                | $B_{ug}$        | 1000 Nm <sup>3</sup> | 17 128 – 73 766         |
| Kütteväärtus gaasbensiiniga          | $Q_{a\ ug}^t$   | MJ/Nm <sup>3</sup>   | 43,2 – 46,9             |
| Bensiinivaba kuiva gaasi tihedus     | $\rho_{ug}^K$   | kg/Nm <sup>3</sup>   | 1,195 – 1,326           |
| Gaasbensiini sisaldus                | $b_{ug}$        | g/Nm <sup>3</sup>    | 172,1 – 286,5           |
| Väävelvesiniku sisaldus              | $H_2S_{ug}$     | %                    | 1,78 – 2,74             |
| Veeauru sisaldus                     | $H_2O_{ug}$     | %                    | * <sup>24</sup>         |
| <b>Peendispersne tuharikas kütus</b> |                 |                      |                         |
| Kogus                                | $B_{fk}$        | t                    | 1 144 – 10 593          |
| Kütteväärtus                         | $Q_{a\ fk}^t$   | MJ/kg                | 15,54 – 16,14           |
| Niiskus                              | $W_{fk}^t$      | %                    | 14,2 – 15,4             |
| Tuhasus                              | $A_{fk}^t$      | %                    | 37,4 – 39,6             |
| Karbonaatsus                         | $CO_{2\ mfk}^t$ | %                    | 7,2 – 7,6 <sup>25</sup> |
| Väävli sisaldus                      | $S_{fk}^t$      | %                    | 1,6 – 2,0               |

<sup>23</sup> andmed puuduvad

<sup>24</sup> andmed puuduvad

<sup>25</sup> andmed saadaval alates IV kv. 2013 a



| Näitajad                     | Tähis             | Ühik                 | BKZ-75-39 Fsl        |
|------------------------------|-------------------|----------------------|----------------------|
| <b>Aheraine<sup>26</sup></b> |                   |                      |                      |
| Kogus                        | $B_{pa}$          | t                    | 3 992                |
| Kütteväärtus                 | $Q_{a\ pa}^t$     | MJ/kg                | 3,35                 |
| Niiskus                      | $W_{pa}^t$        | %                    | 7,8                  |
| Tuhasus                      | $A_{pa}^t$        | %                    | 59,8                 |
| Karbonaatsus                 | $CO_{2\ m\ pa}^t$ | %                    | 28,3                 |
| Väävli sisaldus              | $S_{pa}^t$        | %                    | 1,1                  |
| <b>Maagaas</b>               |                   |                      |                      |
| Kogus                        | $B_{mg}$          | 1000 Nm <sup>3</sup> | 155,1 – 384,0        |
| Kütteväärtus                 | $Q_{L\ mg}^t$     | MJ/Nm <sup>3</sup>   | 33,7 – 34,2          |
| Tihedus                      | $\rho_{mg}$       | kg/m <sup>3</sup>    | 0,6956 <sup>27</sup> |

t – tarbimisaine, m – mineraalne, K - kuiv.

**TP-67 tüüpi kateldes** põletatakse põlevkivi ja põlevkiviõli. Põlevkiviõli kasutatakse katelde sisse-kütisel. Ajavahemikul 2011–2015. a demonteeriti kaks TP-67 tüüpi katlaid kasutavat duubelplokki, mistõttu vähenes **TP-67** tüüpi katelde põlevkivi tarbimine ligikaudu 14 korda.

**TP-101 tüüpi kateldes** põletatakse põlevkivi, põlevkiviõli ja uttegaasi. 2012. ja 2013. a vääveldioksiidi (SO<sub>2</sub>) atmosfääri heitmete vähendamiseks lisati TP-101 kateldesse põlevkivi aherainet koos põlevkiviga. Katelde sissekütisel kasutatakse põlevkiviõli. Ajavahemikul 2011–2015. a vähenes **TP-101** tüüpi katelde põlevkivi tarbimine 1,16 korda ning uttegaasi ja põlevkiviõli tarbimine suurenes vastavalt 1,78 ja 1,85 korda.

**Tabel 2.22. TP-67 ja TP-101 tüüpi katelde 2011.–2015. a arvutuslikud aasta keskmised tingkütuste tarbitud kogused**

| Sisendid            |             |                  | TP-67    |       | TP-101    |       |
|---------------------|-------------|------------------|----------|-------|-----------|-------|
| Näitajad            | Tähis       | Ühik             | Keskmine | %     | Keskmine  | %     |
| Summaarne tingkütus | $B_{t\sum}$ | tt               | 319 604  | 100,0 | 2 554 397 | 100,0 |
| Põlevkivi           | $B_{pk}^t$  | tt <sub>pk</sub> | 317 563  | 99,4  | 2 452 788 | 96,0  |
| Põlevkiviõli        | $B_{põ}^t$  | tt <sub>põ</sub> | 2 042    | 0,6   | 9 566     | 0,4   |
| Uttegaas            | $B_{ug}^t$  | tt <sub>ug</sub> | -        | -     | 92 043    | 3,6   |
| Põlevkivi aheraine  | $B_{pa}^t$  | t <sub>pa</sub>  | -        | -     | 28 375    |       |

<sup>26</sup> andmed saadaval alates 2015 a

<sup>27</sup> andmed pärinevad Elering AS kodulehelt, [www.elering.ee](http://www.elering.ee)





**Tabel 2.23. TP-67 ja TP-101 tüüpi katlaid kasutavate elektrijaamade 2011.–2015. a tarbitud kütuste näitajad**

| Näitajad                         | Tähis                | Ühik               | TP-67         | TP-101          |
|----------------------------------|----------------------|--------------------|---------------|-----------------|
| <b>Põlevkivi</b>                 |                      |                    |               |                 |
| Kogus                            | $B_{pk}$             | $t \times 10^6$    | 0,219 – 3,035 | 6,965 – 10,619  |
| Kütteväärtus                     | $Q_{a\,pk}^t$        | MJ/kg              | 8,02 – 8,37   | 7,48 – 8,37     |
| Niiskus                          | $W_{pk}^t$           | %                  | 10,8 – 12,0   | 10,0 – 10,9     |
| Tuhasus                          | $A_{pk}^t$           | %                  | 44,2 – 45,4   | 45,1 – 47,1     |
| Karbonaatsus                     | $CO_{2\,m\,pk}^t$    | %                  | 17,2 – 17,8   | -               |
| Väävli sisaldus                  | $S_{pk}^t$           | %                  | 1,3 – 1,4     | -               |
| <b>Põlevkiviõli</b>              |                      |                    |               |                 |
| Kogus                            | $B_{põ}$             | t                  | 1 116 – 3 705 | 6 103 – 12 392  |
| Kütteväärtus                     | $Q_{a\,põ}^t$        | MJ/kg              | 39,7          | 39,7            |
| Niiskus                          | $W_{põ}^t$           | %                  | 0,3           | 0,3             |
| Tuhasus                          | $A_{põ}^t$           | %                  | 0,08 – 0,15   | 0,1             |
| Väävli sisaldus                  | $S_{põ}^t$           | %                  | 0,6 – 0,7     | 0,6             |
| <b>Uttegaas</b>                  |                      |                    |               |                 |
| Kogus                            | 1000 Nm <sup>3</sup> |                    | -             | 45 384 – 80 842 |
| Kütteväärtus gaasbensiiniga      | $Q_{a\,ug}^t$        | MJ/Nm <sup>3</sup> | -             | -               |
| Bensiinivaba kuiva gaasi tihedus | $\rho_{ug}^K$        | kg/Nm <sup>3</sup> | -             | -               |
| Gaasbensiini sisaldus            | $b_{ug}$             | g/Nm <sup>3</sup>  | -             | -               |
| Väävelvesiniku sisaldus          | $H_2S_{ug}$          | %                  | -             | -               |
| Veeauru sisaldus                 | $H_2O_{ug}$          | %                  | -             | -               |
| <b>Põlevkivi aheraine</b>        |                      |                    |               |                 |
| Kogus                            | $B_{pa}$             | 1000 t             | -             | 406,9 – 491,1   |
| Niiskus                          | $W_{pa}^t$           | %                  | -             | -               |
| Tuhasus                          | $A_{pa}^t$           | %                  | -             | -               |
| Karbonaatsus                     | $CO_{2\,m\,pa}^t$    | %                  | -             | -               |
| Väävli sisaldus                  | $S_{pa}^t$           | %                  | -             | -               |

t – tarbimisaine, m – mineraalne, K – kuiv.

**Foster Wheeler CFB tüüpi kateldes** põletatakse praegu determineeriva kütusena põlevkivi. Lisaks põletatakse ühes Eestis kasutuses olevas CFB tüüpi kateltega duubelplokis uttegaasi (CFB 1) ning teises CFB tüüpi kateltega duubelplokis biokütust (CFB 2). Biokütust põletavas CFB kateltega duubelplokis katsetati 2012. ja 2015. a turba põletamist koos põlevkiviga ning 2013. ja 2014. kivisöe põletamist koos põlevkiviga. Katelde sissekütmisel kasutatakse põlevkiviõli. CFB tüüpi katelde summaarne tingkütuse tarbimine on antud perioodil vähenenud 1,21 korda, sh põlevkivi tarbimine vähenes 4,1% ning hakkpuidu tarbimine vähenes vastavalt



5,09 korda. Uttegaasi ja põlevkiviõli tarbimine on kõikunud oluliselt. 2015. aasta tarbimine on võrreldes 2011. aastaga suurenenud vastavalt 6,3% ja 24,5% korda.

**Tabel 2.24. CFB tüüpi katelde 2011.–2015. a arvutuslikud aasta keskmised tingkütuste tarbitud kogused**

| Sisendid            |             |           | CFB 1    |       | CFB 2    |       |
|---------------------|-------------|-----------|----------|-------|----------|-------|
| Näitajad            | Tähis       | Ühik      | Keskmine | %     | Keskmine | %     |
| Summaarne tingkütus | $B_{t\sum}$ | tt        | 444 473  | 100,0 | 503 032  | 100,0 |
| Põlevkivi           | $B_{pk}^t$  | $tt_{pk}$ | 427 124  | 96,1  | 428 858  | 85,3  |
| Põlevkiviõli        | $B_{põ}^t$  | $tt_{põ}$ | 530      | 0,1   | 830      | 0,2   |
| Uttegaas            | $B_{ug}^t$  | $tt_{ug}$ | 16 819   | 3,8   | -        | -     |
| Biokütus            | $B_{bk}^t$  | $Tt_{bk}$ | -        | -     | 69 323   | 13,8  |
| Turvas              | $B_{tu}^t$  | $Tt_{tu}$ | -        | -     | 787      | 0,2   |
| Kivisüsi            | $B_{ks}^t$  | $Tt_{ks}$ | -        | -     | 3 232    | 0,6   |

**Tabel 2.25. CFB tüüpi katlaid kasutavate elektrijaamade 2011.–2015. a tarbitud kütuste näitajad**

| Näitajad                         | Tähis             | Ühik               | CFB 1          | CFB 2         |
|----------------------------------|-------------------|--------------------|----------------|---------------|
| <b>Põlevkivi</b>                 |                   |                    |                |               |
| Kogus                            | $B_{pk}$          | $tx10^6$           | 1,269 – 1,809  | 1,181 – 1,929 |
| Kütteväärtus                     | $Q_{a\ pk}^t$     | MJ/kg              | 7,48 – 8,37    | 8,02 – 8,37   |
| Niiskus                          | $W_{pk}^t$        | %                  | 10,0 – 10,9    | 10,8 – 12,0   |
| Tuhasus                          | $A_{pk}^t$        | %                  | 45,1 – 47,1    | 44,2 – 45,4   |
| Karbonaatsus                     | $CO_{2\ m\ pk}^t$ | %                  | -              | 17,2 – 17,8   |
| Väävli sisaldus                  | $S_{pk}^t$        | %                  | -              | 1,3 – 1,4     |
| <b>Põlevkiviõli</b>              |                   |                    |                |               |
| Kogus                            | $B_{põ}$          | t                  | 110 – 737      | 436 – 1279    |
| Kütteväärtus                     | $Q_{a\ põ}^t$     | MJ/kg              | 39,7           | 39,7          |
| Niiskus                          | $W_{põ}^t$        | %                  | 0,3            | 0,3           |
| Tuhasus                          | $A_{põ}^t$        | %                  | 0,1            | 0,08 – 0,15   |
| Väävli sisaldus                  | $S_{põ}^t$        | %                  | 0,6            | 0,6 – 0,7     |
| <b>Uttegaas</b>                  |                   |                    |                |               |
| Kogus                            | $1000\ Nm^3$      |                    | 5 433 – 15 560 | -             |
| Kütteväärtus gaasbensiiniga      | $Q_{a\ ug}^t$     | MJ/Nm <sup>3</sup> | -              | -             |
| Bensiinivaba kuiva gaasi tihedus | $\rho_{ug}^K$     | kg/Nm <sup>3</sup> | -              | -             |
| Gaasbensiini sisaldus            | $b_{ug}$          | g/Nm <sup>3</sup>  | -              | -             |
| Väävelvesiniku sisaldus          | $H_{2Sug}$        | %                  | -              | -             |
| Veeauru sisaldus                 | $H_{2Oug}$        | %                  | -              | -             |



| Näitajad            | Tähis         | Ühik   | CFB 1 | CFB 2         |
|---------------------|---------------|--------|-------|---------------|
| <b>Biokütus</b>     |               |        |       |               |
| Kogus               | $B_{bk}$      | 1000 t | -     | 40,9 – 519,3  |
| Kütteväärtus        | $Q_{a\ bk}^t$ | MJ/kg  | -     | 8,96 – 10,77  |
| Niiskus             | $W_{bk}^t$    | %      | -     | 38,1 – 45,0   |
| Tuhasus             | $A_{bk}^t$    | %      | -     | 1,9 – 4,1     |
| Väävli sisaldus     | $S_{bk}^t$    | %      | -     | 0,03 – 0,05   |
| Lämmastiku sisaldus | $N_{bk}^t$    | %      | -     |               |
| <b>Kivisüsi</b>     |               |        |       |               |
| Kogus               | $B_{ks}$      | t      | -     | 0 – 6 612     |
| Kütteväärtus        | $Q_{a\ ks}^t$ | MJ/kg  | -     | 19,23 – 22,88 |
| Niiskus             | $W_{ks}^t$    | %      | -     | 13,9 – 19,1   |
| Tuhasus             | $A_{ks}^t$    | %      | -     | 7,2 – 15,8    |
| Väävli sisaldus     | $S_{ks}^t$    | %      | -     | 0,5           |
| Lämmastiku sisaldus | $N_{ks}^t$    | %      | -     | -             |
| <b>Turvas</b>       |               |        |       |               |
| Kogus               | $B_{tu}$      | t      | -     | 0 – 4363,6    |
| Kütteväärtus        | $Q_{a\ tu}^t$ | MJ/kg  | -     | 10,5          |
| Niiskus             | $W_{tu}^t$    | %      | -     | 40,7          |
| Tuhasus             | $A_{tu}^t$    | %      | -     | 7             |
| Lämmastiku sisaldus | $N_{tu}^t$    | %      | -     | 2,58          |

t – tarbimisaine, m – mineraalne, K – kuiv.

### 2.2.3. Sisendvesi

Põhilise osa elektrijaamade soojuse ja elektri tootmiseks vajalikust veest moodustab looduslik pinnavesi. Põhjavett kasutatakse põhiliselt olmeveeks. Elektrijaamades kasutatakse vett protsessi veena, tehnoloogilise veena, jahutusveena, energia tootmiseks ja olmeveeks. Vee tarbimine käitiste puhul on erinev sõltuvalt kasutuses olevatest protsessidest.

Toitevee ettevalmistuse etapid on üldistatult järgnevad:

- mehaaniline filtreerimine liivafiltrites;
- keemiline pehmemdamine ionvahetusfiltrites, paralleelselt Na-kationiit- ja H-kationiit-filtrites;
- dekarboniseerimine, millega veest eraldatakse lahustunud süsihappegaas ( $CO_2$ );
- termiline deaereerimine, millega veest eraldatakse lahustunud hapnik ja muud gaasid.

Jahutusvett kasutatakse töötlemata kujul tehnoloogiliste seadmete jahutamiseks. Jahutusvee kasutus elektrijaamades võib olla kas kinnises ringlusvoolu süsteemis või lahtises päri voolu süsteemis. Kinnise ringlusvoolu süsteemi puhul on jahutusvesi pidevas tsirkulatsioonis ning süsteemi kuulub jahutustorn ehk gradiir. Süsteemi siseneva jahutusvee temperatuur on talvel



ca 15°C ja suvel ca 30°C. Jahutusvee soojenemine protsessis on ca 10°C. Seega väljuva jahutusvee temperatuur on talvel ca 25°C ja suvel 40°C. Soe väljuv jahutusvesi soodustab süsteemi saastumist. Saastumise tõkestamiseks lisatakse tsirkuleerivale veele orgaanilise saaste puhul kloori ja mineraalse saaste puhul väävelhapet. Tekkivate setete eemaldamiseks kasutatakse tsirkuleeriva vee perioodilist läbipuhet. Gradiiris aurustunud vee arvelt lisatakse süsteemi uut vett.

Lahtises päriveroolu süsteemis suunatakse kasutatud jahutusvesi tagasi looduslikku veekogusse. Lahtises päriveroolu süsteemis siseneva jahutusvee temperatuur on talvel ca 0°C ja suvel ca 15°C. Jahutusvee soojenemine on ca 10°C. Seega väljuva jahutusvee temperatuur on talvel ca 10°C ja suvel ca 25°C. Lahtise päriveroolu süsteemi jahutusvee madalam temperatuur võimaldab alandada vaakumit turbiini kondensaatoris ja seega suurendada elektritootmise kasutegurit. Lisaks on lahtine päriveroolu süsteem käitamisel lihtsam ja 15–25% odavam kinnise ringlusvoolu süsteemist.

Alljärgnevalt on toodud aastatel 2011–2015 tarbitud sisendvee kogused protsesside lõikes erinevate katlatüüpide puhul.

Tabelis 2.26 on toodud katelde BKZ-75-39-D, E-25/40-440 GM ja TS-35 tarbitud vee kogused 2011.–2015. aastal. Antud perioodil on E-25/40-440 GM ja TS-35 katlaid kasutava soojus-elektrijaama vee erikulu vähenenud 1,6 korda. Arvutuslik aasta keskmine vee erikulu oli 14,79 m<sup>3</sup>/tt tingkütusele.

BKZ-75-39-D katlaid kasutava elektrijaama summaarne vee erikulu on antud ajavahemikul suurenenud 1,36 korda. Arvutuslik aasta keskmine vee erikulu oli 10,91 m<sup>3</sup>/tt tingkütusele.

**Tabel 2.26. Katelde BKZ-75-39-D, E-25/40-440 GM ja TS-35 tarbitud vee koguse näitajad**

| Näitaja                                                              | Tähis      | Ühik                | BKZ-75-39-D   | E-25/40-440 GM;<br>TS-35 |
|----------------------------------------------------------------------|------------|---------------------|---------------|--------------------------|
| <b>Tarbitud summaarne lisavesi</b>                                   | $V_{lv}$   | 1000 m <sup>3</sup> | 308,5 – 493,3 | 327,3 – 420,5            |
| Vee ettevalmistamisel toodetud soolaärastatud vesi                   | $V_{sä}$   | 1000 m <sup>3</sup> | 308,5–493,3   | 155,1 – 273,2            |
| kateldele                                                            | $V_{sä}^k$ | 1000 m <sup>3</sup> | 308,5 – 493,3 | 155,1 – 273,2            |
| soojusvõrgule                                                        | $V_{sä}^s$ | 1000 m <sup>3</sup> | –             | –                        |
| Tehnoloogiliste seadmete kinnise ringlusvoolu süsteemi jahutuse vesi | $V_{vk}$   | m <sup>3</sup> /h   | –             | 2000                     |
| lisavesi                                                             | $V_{vkl}$  | m <sup>3</sup>      | –             | 126,8 – 172,8            |
| Olmevesi                                                             | $V_{mp}$   | 1000 m <sup>3</sup> | 1,7 – 3,7     | 2,5 – 7                  |
| Tuha ärastamisel tarbitud vesi tuha niisutamiseks <sup>28</sup>      | $V_{tn}$   | m <sup>3</sup>      | –             | 902 – 1416               |

<sup>28</sup> tuha niisutamiseks kasutatud vee kogus on arvestuslik ja on 14% tuha kogusest



Tabelis 2.17 on toodud BKZ-75-39 Fsl katlaid kasutava elektriijaama tarbitud vee kogused 2011.–2015. aastal. Antud perioodil on vee erikulu suurenenud 5,4%. Arvutuslik aasta keskmine vee erikulu oli 9,24 m<sup>3</sup>/tt tingkütusele.

**Tabel 2.27. Katelde BKZ-75-39 Fsl 2011.–2015. aasta tarbitud vee koguse näitajad**

| Näitaja                                            | Tähis                        | Ühik                   | BKZ-75-39 Fsl     |
|----------------------------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------------|
| <b>Tarbitud summaarne lisavesi</b>                 | V <sub>lv</sub>              | 1000 m <sup>3</sup>    | 1 117,1 – 1 790,3 |
| <b>Järvevesi</b>                                   | V <sub>jä</sub>              | 1000 m <sup>3</sup>    | 1 101,6 – 1 777,3 |
| Vee ettevalmistamisel toodetud soolaärastatud vesi | V <sub>sä</sub>              | 1000 m <sup>3</sup>    | 205,5 – 401,5     |
| Kateldele                                          | V <sub>sä</sub> <sup>k</sup> | 1000 m <sup>3</sup>    | 135,9 – 368,6     |
| Soojusvõrgule                                      | V <sub>sä</sub> <sup>s</sup> | 1000 m <sup>3</sup>    | 20,6 – 98,2       |
| Kinnise ringlusvoolu süsteemi jahutuse vesi        | V <sub>vk</sub> <sup>1</sup> | 1000 m <sup>3</sup>    | 123,3 – 765,0     |
| Väävlipüüdmissaadmete lisavesi                     | V <sub>tä</sub> <sup>1</sup> | 1000 m <sup>3</sup>    | 39,9 – 85,3       |
| Keemilise vee ettevalmistuse omatarve              | V <sub>sä</sub> <sup>o</sup> | 1000 m <sup>3</sup>    | 93,1 – 265,7      |
| <b>Põhjavesi</b>                                   | V <sub>pv</sub>              | 1000 m <sup>3</sup>    | 8,1 – 15,5        |
| Olmevesi                                           | V <sub>mp</sub>              | 1000 m <sup>3</sup>    | 8,1 – 15,5        |
| <b>Ringlusvoolu vesi</b>                           |                              |                        |                   |
| Kinnise ringlusvoolu süsteemi jahutuse vesi        | V <sub>vk</sub>              | 1000 m <sup>3</sup> /h | 9,4 – 15,4        |

Tabelis 2.28 on toodud TP-67, TP-101 ja CFB katlaid kasutavate elektriijaamade tarbitud vee kogused 2011.–2015. aastal. Antud perioodil suurenes TP-67 ja CFB 2 katlaid kasutava elektriijaama summaarne vee erikulu 1,68 korda. Arvutuslik aasta keskmine vee erikulu oli 0,20 m<sup>3</sup>/tt tingkütusele.

TP-101 ja CFB 1 katlaid kasutava elektriijaama summaarne vee tarbimine antud ajavahemikul suurenes 3,18 korda. Arvutuslik aasta keskmine vee erikulu oli 1,04 m<sup>3</sup>/tt tingkütusele.

**Tabel 2.28. Katelde TP-67, TP-101 ja CFB 2011.–2015. a tarbitud vee koguse näitajad**

| Näitajad                                 | Tähis                        | Ühik                | TP-67, CFB 2      | TP-101, CFB 1     |
|------------------------------------------|------------------------------|---------------------|-------------------|-------------------|
| <b>Tarbitud summaarne lisavesi</b>       | V <sub>lv</sub>              | 1000 m <sup>3</sup> | 1 015,0 – 2 143,4 | 6 115,5 – 9 347,1 |
| Vee ettevalmistamise soolaärastatud vesi | V <sub>sä</sub>              | 1000 m <sup>3</sup> | 398,2 – 667,7     | 987,6 – 1264,7    |
| Kateldele                                | V <sub>sä</sub> <sup>k</sup> | 1000 m <sup>3</sup> | 135,4 – 403,6     | 675,5 – 880,8     |
| Soojusvõrgule                            | V <sub>sä</sub> <sup>s</sup> | 1000 m <sup>3</sup> | 262,8 – 345,5     | 97,5 – 122,0      |
| Väävlipüüdmissaadmete lisavesi           | V <sub>tä</sub> <sup>1</sup> | 1000 m <sup>3</sup> |                   | 1085,3 – 1691,2   |
| Hüdrotuhaärastus seadmete lisavesi       | V <sub>tä</sub> <sup>1</sup> | 1000 m <sup>3</sup> | 97,5 – 170,4      | 1 414,1 – 2 924,7 |
| Tuha ärastamisel tuhaga seotud vesi      | V <sub>tn</sub>              | 1000 m <sup>3</sup> | 479,4 – 1227,3    | 3 375,8 – 4 461,2 |
| Olmevesi                                 | V <sub>mp</sub>              | 1000 m <sup>3</sup> | 37,4 – 77,9       | 211,0 – 279,1     |



| Näitajad                                | Tähis    | Ühik                   | TP-67, CFB 2 | TP-101, CFB 1 |
|-----------------------------------------|----------|------------------------|--------------|---------------|
| <b>Päriivoolu ja ringlusvoolu vesi</b>  |          |                        |              |               |
| Lahtise päriivoolu süsteemi jahutusvesi | $V_{vl}$ | 1000 m <sup>3</sup> /h | 27,2 – 66,6  | 85,8 – 132,0  |
| Hüdrotuhaarastuse ringlusvoolu vesi     | $V_{tä}$ | 1000 m <sup>3</sup> /h | 0,9 – 2,9    | 14,4 – 18,9   |

#### 2.2.4. Personal

Elektrijaamade tööks on vajalik inimtööjõud: administratiiv-tehniline, valve, eksploatatsiooni, teenindus ja remondi personal. Personali koosseis ja arv sõltub elektrijaama suuruselt (60–700 inimest). Elektrijaamades töötava personali arv ja koosseis on ajas muutuv ja järjest enam kasutatakse tööde automatiseerimist ning sisseostetavaid teenuseid.

### 2.3. Kütuste ning kemikaalide mahalaadimine, ladustamine ning käitlemine

Tahkekütus transporditakse elektrijaama territooriumile kaevandustest või karjäärast kas rongiga, konveieriga või autotranspordiga sõltuvalt vahemaast. Põlevkivi laaditakse elektrijaama territooriumil esmalt vahelattu. Kütuse transportimiseks vahelaost elektrijaama kateldesse on ehitatud kütuse etteande süsteem, mis koosneb lintkonveieritest, purustitest jt asjakohastest seadmetest.

Tahkekütus ladustatakse tavaliselt kas avatud või varjualusega lattu, mille mahutavus on mitme päeva varust kuni mitme kuu varuni. Varukütuse hoidmine laos leevendab võimalikke kütuse tarne riske. Samuti on kõigil kateldel ka oma päevapunker, kus hoitakse mõne tunni kütuse varu.

Kütuse ladustamine ja transport võib põhjustada tolmu teket. Ladustatud põlevkivi on küllalt kõrge niiskuse sisaldusega, mistõttu selle käsitlemisel tekkiv tolmu kogus on minimaalne. Tolmu põhiliseks tekke kohaks on põlevkivi sõelumissõlm, kus tolmu kogutakse kokku ühtse kogumissüsteemiga ja suunatakse põlevkiviõli tootmise protsessi. Kui tahkekütuste niiskussisaldus on madal, siis tuleb tolmu lendumise vältimiseks aegajalt laosolevat kütust veega niisutada. Tavaliselt on kütuse etteandesüsteemid kinnised süsteemid ning tolmu lendumise võimalus minimaalne.

Vedelkütuseid (põlevkiviõli) hoiustatakse selleks ettenähtud mahutites. Gaasilised kütused transporditakse torustike kaudu.

Soojuselektrijaamade töös kasutatakse erinevaid kemikaale. Peamiselt vee ja heitvee töötlusjaamas ning suitsugaaside puhastusseadmetes (deSO<sub>x</sub>, deNO<sub>x</sub>). Kemikaalide hoiustamise, mahalaadimise ja käitlemise ohutuskaardi annab vastava kemikaali tarnija ja nõuded kehtestab riik.



### 3. Tehnikad heite ning jäätmetekke ja ressursside tarbimise vähendamiseks

#### 3.1. Sissejuhatus

Põlevkivi energeetiliseks kasutamiseks vajatakse suurtes kogustes toorainet ning tarbitakse elektri- ja soojusenergiat. Tootmisprotsesside käigus tekivad heited, mis võivad sattuda nii atmosfääri, vette kui ka pinnasesse. Eesti põlevkivitööstuses on välja töötatud asjakohased meetmed heidete keskkonda sattumise vältimiseks ja vähendamiseks. Tööstuse algusaastatel oli teadlikkus võimalikest keskkonnoahtudest madal ning nüüd tegeldakse ka varasemast saastamisest halvenenud keskkonnaseisundi parendamisega. Jäätmete ladestamise, taas-kasutamise ja kahjutustamise teemadel on teostatud mitmeid teadusuuringuid.

Käesolevas peatükis antakse ülevaade Eesti põlevkivitööstuses praegusel ajal kasutatavate erinevate tehnikate kohta, mille eesmärgiks on vähendada jäätmeteket ning heiteid välisõhku ja vette. Samuti esitatakse üldteave omaseire korralduse kohta. Andmed on saadud põlevkivitööstuse ettevõtelt ja tegemist on ajavahemikus 2011–2015 saavutatud minimaalsete ja maksimaalsete näitajatega, kui pole viidatud teisiti.

#### 3.2. Keskkonnajuhtimise standardtekst <sup>[2, 66]</sup>

##### Kirjeldus

Keskkonnajuhtimissüsteem (KKJS) on osa organisatsiooni juhtimissüsteemist, mis on suunatud organisatsiooni tegevusest tuleneva keskkonnamõju kontrollimisele, vähendamisele ja ennetamisele.

##### Tehniline kirjeldus

Tööstusheite direktiiv määratleb 'tehnika' ('parima võimaliku tehnika' määratlemisel) kui „kätises kasutatavat tehnoloogiat ning kätise kavandamise, ehitamise, hooldamise, käitamise ja tegevuse lõpetamise viisi“.

Seda silmas pidades on KKJS samuti tehnika, mis võimaldab käitajatel süstemaatiliselt ja tõendataval viisil tegeleda keskkonnaküsimustega. KKJS-d on kõige tõhusamad ja mõjusamad, kui nad moodustavad osa kätise üldisest juhtimisest ja toimimisest.

KKJS keskendab käitaja tähelepanu keskkonnategevuse tulemuslikkusele kätises, eelkõige selgete tegevusjuhiste ja nii tavapärastes kui nendest erinevates käitamistingimustes ning määratledes sellega seotud vastutuse.

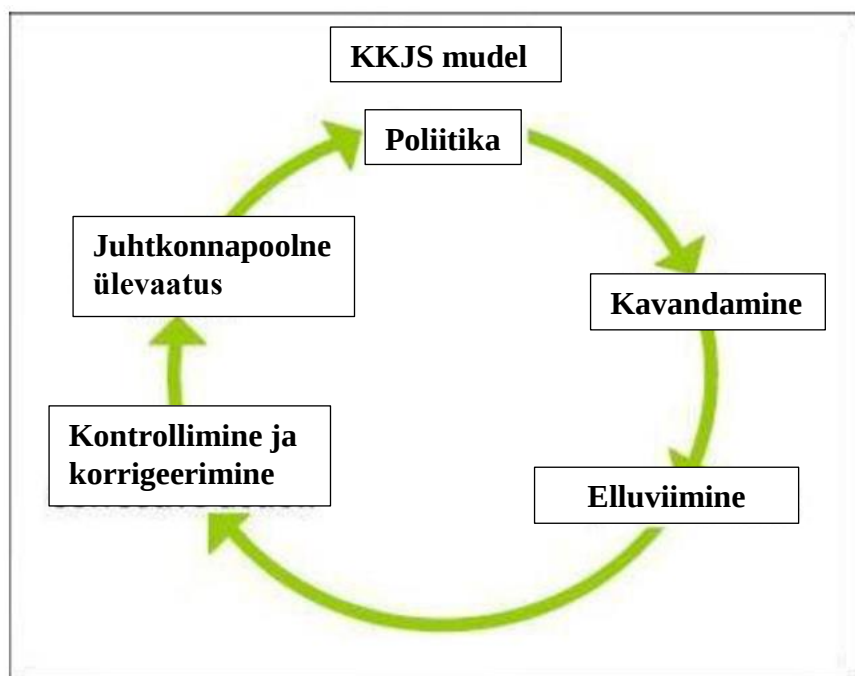
Kõik toimivad KKJS hõlmavad pideva täiustamise kontseptsiooni, mis tähendab et keskkonnajuhtimine on pidev protsess, mitte ühekordne projekt. Juhtimisprotsessi saab üles ehitada erinevalt, kuid enamik KKJS põhinevad kavanda-vii ellu-kontrolli-täiusta tsüklil. See tsükel on iteratiivne dünaamiline mudel, kus ühe ringi täis saamisel alustatakse järgmist (joonis 3.1).





Olemuselt on KKJS standardiseeritud või mitte standardiseeritud (kohandatud) süsteem. Rahvusvahelisele standardile vastava süsteemi, näiteks ISO 14001:2015, rakendamine tagab KKJS suurema usaldusväärsuse, iseäranis siis kui juhtimissüsteemi vastavust tõendab ehk sertifitseerib kolmas osapool. Euroopa Liidu keskkonnajuhtimise ja -auditeerimise skeemi (EMAS) rakendamisel suureneb usaldusväärsus veelgi, sest ettevõtte koostab ja avalikustab keskkonnanaruande. Nii ISO 14001 kui EMAS rakendamisega kaasneb kohustus toimida vastavuses asjakohaste õigusaktide nõuetega. Samas võivad ka mitte-standardiseeritud süsteemid anda samaväärse tulemuse eeldusel, et nad on korralikult välja töötatud ja rakendatud.

Põhimõtteliselt rakendavad nii standardiseeritud (EN ISO 14001:2015 või EMAS) kui mitte-standardiseeritud süsteeme **organisatsioonid**, kuid selles dokumendis on võetud kitsam lähenemine – ei hõlmata organisatsiooni kõiki tahke, näiteks tooteid ja teenuseid, kuna tööstusheite direktiiv reguleerib ainult tegevusi käitises või tootmiskohal.



**Joonis 3.1. Pidev täiustamine keskkonnajuhtimissüsteemi mudelis**

KKJS võib sisaldada järgmisi osi (PVT-na: sisaldab reeglina **kõiki** osi):

1. Juhtkonna, sealhulgas tippjuhtkonna pühendumus.
2. Käitise keskkonnapoliitika määratlemine, mis hõlmab juhtkonna kohustumise süsteemi pidevaks täiustamiseks.
3. Vajalike protseduuride sätestamine, eesmärkide ja sihtide kavandamine ja seadmine ning nende sidusus investeringutega ja finantsplaneerimisega.
4. Protseduuride elluviimine, pöörates erilist tähelepanu:
  - käitise struktuurile ja vastutuse jaotusele;
  - personali värbamisele, väljaõppele, teadlikkusele ja pädevusele;
  - suhtlusele;
  - töötajate kaasatusele;
  - dokumentatsioonile;
  - protsesside kontrollimise toimivusele/mõjususele;



- kavandatud regulaarsele hooldamisprogrammile;
  - ettevalmistusele hädaolukordades tegutsemiseks;
  - ettevaatusabinõudele, mis tagavad vastavuse keskkonna-alase seadusandlusega.
5. Tegutsemise tulemuslikkuse kontroll ja korrigeerivad tegevused, pöörates erilist tähelepanu:
    - seirele ja mõõtmistele (vaata heiteseire PVT-viitedokumenti st REF ROM);
    - korrigeerivatele ja ennetavatele tegevustele;
    - tõendusdokumentide ohjele;
    - sõltumatule (kui see on teostatav) sise- ja välisauditeerimisele eesmärgiga kindlaks määrata kas KKJS vastab kavandatule, on korrektelt ellu viidud ja tegevuses hoitud või ei ole.
  6. Juhtkonnapoolne KKJS ülevaatus, et veenduda selle jätkuvas sobivuses, piisavuses ja mõjususes.
  7. Regulaarse keskkonnanaruande koostamine (ei ole loetletud PVT osana).
  8. Valideerimine sertifitseerimisorganisatsiooni või välise KKJS tõendaja poolt. (ei ole loetletud PVT osana).
  9. Puhtamate tehnoloogiate järgimine ja arendamine (arendamine ei ole osa PVT-st).
  10. Käitise kavandamisel ja kogu käitamistsükli vältel tegevuse lõpetamise keskkonnamõjudega arvestamine, sh rakendades meetmeid nagu:
    - maa-aluste rajatiste vältimine;
    - lammutamist hõlbustavate omaduste lisamine;
    - kergelt puhastatavate pinnakatete valimine;
    - kasutada seadmete järjestamist-paigutamist, mis minimeerib kemikaalide peetust (süsteemi jäämist) ja hõlbustab drenimist või puhastamist;
    - paindlike, sõltumatult toimivate seadmete kavandamine, mis võimaldavad etapi- viisilist sulgemist-tegevuse lõpetamist;
    - biolagunevate ja taaskasutatavate materjalide kasutamine, kus see on võimalik.
  11. Regulaarse sektoripõhise võrdlemise rakendamine.

Põletusseadmete valdkonnas on veel oluline arvestada järgmiste võimalike täiendavate teemade kaasamisega KKJS-i:

12. Kütuste kvaliteedi tagamise/kontrolli programmid, et kindlustada kõikide kasutatavate kütuste karakteristikute määramine ja kontroll.
13. Kava õhu- ja vetteheite vähendamiseks tavapärasest erinevate käitamistingimuste korral, sh käivitamised ja seiskamised.
14. Jäätmekava, mis tagab jäätmete tekke vältimise ja vähendamise, ringluskasutuseks ettevalmistamise, taaskasutamise või muul viisil ringlussevõtu.
15. Energia tootmise protsessi kvaliteedi optimeerimise süsteem, mis võimaldab määratleda ja rakendada meetmeid energiaefektiivsuse ja kütuse täielikuma kasutamise suurendamiseks.
16. Kontrollimatute ja plaaniväliste heidete keskkonna- ja ohutuse juhtimise süsteem, mis võimaldab neid tuvastada, kavandada vältimist ja muul viisil ohjamist, iseäranis:
  - heide pinnasesse ja põhjavette kütuste, lisaainete, kõrvaltoodete ja jäätmete käitlemisel ja ladustamisel;
  - arvestada isekuumenemise ja –süttimise riski kütuste ladustamisel ja käitlemisel.
17. Tolmu hajusheite vältimise, või kui see ei ole teostatav, vähendamise kava kütuste, põlemisjääkide ja lisaainete laadimisel, ladustamisel ja muul käitlemisel.



18. Mürä ohjamise plaan, kui võib eeldada või esineb mürahäiringuid tundlikel aladel, sealhulgas:
- mürataseme mõõtmiste läbiviimine käitise piiril;
  - müra vähendamise meetmete rakendamine;
  - kava (*protocol*) mürakaebuste vähendamiseks koos asjakohaste tegevuste ja ajakavaga;
  - varem esinenud juhtumite analüüsimine, sh põhjused, rakendatud leevendusmeetmed ja mõjutatud osapoolte teavitamine.
19. Halvasti lõhnavate ainete põletamisel, gaasistamisel või koospõletamisel lõhna vähendamise kava koostamine, sh:
- lõhna seiremeetmed;
  - kui vajalik, siis lõhna vähendavate tegevuste kavandamine häiriva lõhna kõrvaldamiseks või vähendamiseks;
  - tegevusjuhised lõhnahäiringu juhtumite registreerimiseks ja asjakohaste meetmete rakendamiseks, sh tegevuste ajakava koostamiseks;
  - varem esinenud juhtumite analüüsimine, sh põhjused, rakendatud leevendusmeetmed ja mõjutatud osapoolte teavitamine.

### **Saavutatav kasu keskkonnale (PVT peatükis ei kajastu)**

KKJS edendab ja toetab käitise pidevat täiustamist ja keskkonnategevuse tulemuslikkust. Kui käitises on juba saavutatud keskkonnanäitajate hea tase, aitab KKJS käitajal sellel tasemel püsida või koguni veelgi keskkonnasõbralikumaks areneda.

### **Tehniline rakendatavus**

Eespool kirjeldatud KKJS osi saab rakendada kõikides käitistes, arvestades käesoleva dokumendi rakendamisala.

**KKJS ulatus (nt detailsus) ja selle olemus (nt standardiseeritud või mitte-standardiseeritud) on üldiselt seotud käitise tegevuse iseloomu, mastaabi ja keerukusega ning erinevate keskkonna mõjutegurite olulisusega, mida see käitis avaldada võib.**

### **Juurutamise tõukejõud (PVT peatükis ei kajastu)**

KKJS juurutamise põhjuseid:

- paremate keskkonnanäitajate saavutamine ehk parem keskkonnatõhusus;
- parem arusaam käitise keskkonnaaspektidest, mida saab kasutada klientide, pädevate asutuste, pankade, kindlustusettevõtete ja teiste huvirühmade (nt käitise läheduses elavate või töötavate inimeste) keskkonnanõuete rahuldamiseks;
- parem baas otsuste langetamiseks;
- personali parem motiveeritus (näiteks juhtkonnal on kindlus, et keskkonnamõjud on kontrolli all ja töötajad tunnevad uhkust, et töötavad keskkonnasõbralikus ettevõttes),
- lisavõimalused tegevuskulude vähendamiseks ja toote kvaliteedi tõstmiseks;
- parem käitise maine;
- vähenevad kulud kindlustusele, keskkonnatasudele ja trahvidele.



### 3.3. Üldteave omaseire korralduse kohta <sup>[1, 2]</sup>

Kaasaegsete põletusseadmete omaseiresüsteem hõlmab netokasuteguri (energeetilise efektiivsuse) kindlaksmääramist, protsessi oluliste parameetrite seiret, saasteainete õhkuheite ja vetteheite seiret, sh suitsugaaside puhastamisel tekkiva jäätmee vetteheite seiret.

Kõikide määramiste ja mõõtmiste korraldamisel lähtutakse EN standardite nõuetest. Kui need ei ole kättesaadavad, lähtutakse ISO standarditest, riiklikest standarditest või muudest rahvusvahelistest standarditest, mis tagavad andmete saamise samaväärse teadusliku kvaliteediga.

Energeetilise efektiivsuse omaseiresüsteem hõlmab põletusseadme üksuse elektritootmise netokasuteguri ja/või üldise kütusekasutuse efektiivsuse (kasuteguri) ja/või neto mehhaanilise energeetilise efektiivsuse (kasuteguri) kindlaksmääramist tehes katsetused täiskoormusel töötamisel pärast üksusele kasutusloa saamist ja pärast iga muudatust, mis võib oluliselt eeltoodud parameetreid muuta.

Koostootmisjaamade puhul, kus tehnilistel põhjustel ei saa soojustootmise osa täiskoormusega töötamisel mõõtmistega kontrollida, asendatakse katsetamine arvutustega, kasutades täiskoormusel töötamise parameetreid.

Protsesside olulised parameetrid määravad ära saasteainete õhkuheite ja vetteheite tasemed. Heitgaaside parameetreid seiratakse pidevate või perioodiliste mõõtmistega (sõltuvalt sellest, kas rakendatakse saasteainete pidevat või perioodilist seiret): vooluhulk, hapnikusisaldus, temperatuur, rõhk, saasteainete ja veeauru sisaldus. Viimast ei pea saasteainete pidevmõõtmiste puhul seirama, kui heitgaasist võetud proov enne analüüsimist kuivatakse.

Pidevalt seiratakse suitsugaaside puhastamisel tekkiva reovee parameetreid: vooluhulka, pH-d ja temperatuuri.

Käitise saasteainete seiresüsteem sisaldab järgmisi tegevusi:

- suure voomahuga ja suure erinevate saasteainete kontsentratsioonide varieeruvusega saasteainete pidev registreering;
- perioodiline mõõtmine või heitkoguste asjakohaste parameetrite kasutamine kui heide ei ole mahult suur ega oma erinevate saasteainete kontsentratsioonide suurt varieeruvust;
- regulaarne mõõtmisseadmete kalibreerimine;
- perioodiline mõõtmistegevuse kontrolli üheaegselt tehtavate paralleel mõõtmistega.

#### Välisõhku suunatud heite pidevseire

Suurte põletusseadmete määratlusele vastavate põlevkivigaase põletavate jaamade korstnatele tuleb ette näha mitmekomponendilised heitgaaside analüsaatorid NO<sub>x</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, hapniku ja H<sub>2</sub>O pidevseireks. Kui kasutatakse ka vedel- ja tahkekütuseid, lisandub tahkete osakeste pidevseire. Tahkekütuste kasutamisel on asjakohane ka HCl pidevseire, kuid kui saastetasemed on stabiilsed, piisab mõõtmistest 1 kord aastas või siis kui kasutatava kütuse või kütusesegu omadused oluliselt muutuvad. Pidevseireseadmete komplektis peaks ka olema heitgaaside kulumõõtja. Juhul kui suitsugaaside lämmastikuärastuseks kasutatakse SCR ja/või SNCR seadmeid, seiratakse pidevalt ammoniaagi sisaldust heitgaasides.



EN standardite tingimustele vastavate pidevseireseadmete komplekti soetamismaksumus on suurusjärgus 100 – 150 tuhat €.

### **Muude välisõhu saasteallikate seire**

Muude välisõhu saasteallikate kohta tuleb koostada seireprogramm, mis tagab piisava kontrolli olulise õhusaaste üle, sh näitab, et paigaldatud püüdeseadmed jm, töötavad ettenähtud efektiivsusega.

Kui on paigaldatud peamiste saasteainete pidevseire, siis perioodiliselt seiratavate saasteainete hulka kuuluvad põlevkivigaaside põletamisel lenduvate orgaaniliste ühendite summa, välja arvatud metaan (NMVOC) – iga kuue kuu tagant, vedel- ja tahkekütuste põletamisel raskmetallid, sh elavhõbe, HCl, HF – üks kord aastas. Kui heide on stabiilne ja kasutatava kütuse omadused oluliselt ei muutu, saab seiresagedust vähendada.

### **Välisõhu kvaliteedi seire**

Kui põletusseadmed satuvad koosmõjju kas omavahel või teiste samalaadsete oluliste õhusaasteallikatega, nt põlevkiviõli tootmise seadmed ja tekib oht välisõhu saastetasemete piirväärtuste ületamiseks, on vaja ette näha saasteainete seire välisõhus. Saasteained, mille puhul võib seire osutada põhjendatuks: lämmastikoksiidid, vääveldioksiid, tahked osakesed. Seiretingimused sätestatakse keskkonnalubadega, sh arvestades võimalikku koosmõju piirkonna teiste ettevõtete saastega.

### **Vetteheite seire**

Suitsugaaside puhastamisel tekkiva reovee saasteainete sisaldust seiratakse vähemalt 1 kord 3 kuu tagant: kogu orgaaniline süsinik (TOC), keemiline hapnikutarve (KHT), heljum, fluoriidid, sulfaadid, sulfiidid, sulfitid, kloriidid, üldlämmastik, raskmetallid (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn).

Käitisest ärajuhitavate heitvete seire tuleb teha sagedusega, mis võimaldab otsustada töötlemisprotsesside efektiivsuse üle ja veenduda, et keskkonda või ühiskanalisatsiooni puhastusseadmetele ärajuhitavate heitvete ohtlike ainete sisaldus ei ületa kehtestatud piirnorme.

## **3.4. Üldteave kasutatud tehnikate kirjeldusest heite vähendamiseks välisõhku, vette ning jäätmetekke vähendamiseks**

### **3.4.1. Õhkuheited**

Põlevkivi, põlevkivigaaside ja teiste lisa kütuste põletamisel on peamisteks välisõhu saasteaineteks lämmastikoksiidid, vääveloksiidid, süsinikmonoksiid, vesinikkloriid, süsihappegaas, polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud, lendtuhk ehk tahked osakesed ja kergeltlenduvad raskmetallid.



Õhkuheidete vähendamiseks kasutatakse peamiselt järgmiseid tehnikaid:

- Primaarsed meetmed:
  - Tahke- ja vedelkütuste asendamine gaasiliste kütustega;
  - Põlemisprotsessi optimeerimine (nt põlemistemperatuuri reguleerimine, põlemisaja lühendamine, liigõhuteguri reguleerimine);
  - Termokeemilised protsessid (nt põlevkivituhas vaba CaO sisalduse suurendamine);
- Sekundaarsed meetmed:
  - Suitsugaaside märgpuhastus (WFGD – *Wet Flue Gas Desulphurisation*);
  - Suitsugaaside poolkuiv puhastus (nt NID – *Novel Integrated Desulphurization*);
  - Suitsugaaside kuivpuhastus (nt tsüklon, kottfilter, elektrifilter, kuiv aditiivne meetod, SDA – *Spray Dry Absorber for Desulphurisation*).

Osades elektrijaamades kasutatakse primaarsetest meetoditest võimalust põletada erinevat liiki kütuseid ning asendades nt põlevkivi mõne puhtama, näiteks gaasilise kütusega. Nii kasutatakse mõningates põlevkivi elektrijaamades katelde sissekütmisel maagaasi (puhtam kütus, ei sisalda väävliühendeid), mille põletamine aitab kaasa SO<sub>x</sub> emissioonide vähendamisele. Maagaasi kasutatakse mõningates tootmiseseadmetes vajadusel ka alternatiivse kütusena põlevkivigaasile.

Põlevkivi elektrijaamades on tehtud katseid piirata vääveloksiidide teket lisades kateldesse lupja väävliühendite sidumiseks. Käesoleval ajal seda ei tehta, kuna on olemas sekundaarsed väävlipuhastusseadmed heitgaaside puhastamiseks.

Ühe primaarse meetodina kasutatakse põlevkivi elektrijaamades katelde töö optimeerimist, eelkõige hoides põlemisprotsessi võimalikult stabiilsena ning reguleerides liigõhutegurit. Liigõhuteguri vähendamisega, mille tulemusena õnnestub viia põlemisprotsessi läbi madalaimal võimalikul põlemistemperatuuril, on võimalik vähendada NO<sub>x</sub> ühendite teket. Selle tegevuse tulemusena suureneb CO sisaldus suitsugaasis.

Tolmpõletuskateldel on kasutatud **OFA** (*Over-Fire Air*) meetodit lämmastikoksiidide tekke vähendamiseks. OFA tehnoloogia põhimõte seisneb koldesse siseneva ja põlemiseks vajaliku õhu hulga jaotamises. Kütuse tavalisel põletamisel toimub põlemiseks vajaliku õhu hulga jaotus põletites, kus õhu hulka jaotatakse primaarseks ja sekundaarseks. OFA puhul jaotatakse põlemiseks vajaliku õhu hulk primaarseks, sekundaarseks ja tertsiaarseks. Sellise õhu jaotamise viisiga vähendatakse põletites sekundaarõhu hulka ning alandatakse kütuse põletamisel liigõhutegurit tavaliselt väärtuselt 1,15–1,25 kuni väärtuseni 0,7–0,8. Seega toimub kütuse põletamine OFA puhul taandavas keskkonnas, mis takistab lämmastikoksiidide moodustumist.

Taandavas keskkonnas tekkiv suitsugaas sisaldab rohkesti mittetäielikult põlenud gaase ja tahkekütuste puhul lendtuhka. Nende gaaside ja lendtuha järelpõletamiseks lisatakse koldesse läbi õhudüüside tertsiaarset õhku. Tertsiaarsed õhudüüsid paigaldatakse kolde frontaal- ja taguekraanile põletite ümber selleks, et takistada koldes tekkivate gaaside sattumist kolde ekraanidele, kuna see tekitab kolde ekraanidel väävelvesiniku korrosiooni ja põlevkivi põletamise korral intensiivset lendtuhaga saastumist. Näiteks on TP-101 tüüpi katla ühel korpusel kolde frontaalekraanile paigaldatud kaheksa põletit (neli alumisele ja neli ülemisele korrusele) ja kakskümmend tertsiaarse õhu düüsi (kümme kolde frontaal- ja kümme taguekraanil).





Põlevkivi põletamise korral sisaldab kolde ekraanidele sadestunud ja ekraaniga kokku sulanud rauda sisaldav lendtuha saaste suuri eksplutatsioonilisi raskusi. Nimelt saab saaste eemaldada vaid siis kui kolde ekraan välja lõigata.

Alljärgnevalt on kirjeldatud peamisi Eesti põlevkivielektrijaamades kasutusel olevaid sekundaarseid tehnikaid õhkuheidete vähendamiseks saasteainete kaupa. Peamised saasteainete puhastussüsteemid, mida on käsitletud, on tsüklonid, kottfiltrid, elektrifiltrid, skraberid ning märg-, poolkuiv- ja kuivpuhastus desulfureerimissüsteemid. Nimetatud tehnikate detailsem ülevaade on leitav LCP BREF peatükist 3.

**Tahked osakesed.** Põlevkivienergeetikas tekivad tahked osakesed põlemisprotsessis ja sisalduvad väljumisel elektrijaama korstendest heitgaasides. Tahkete osakeste kogus sõltub kasutatavast kütusest, kütuse omadustest, põlemisprotsessist ning tolmutüüde seadme olemasolust ja efektiivsusest.

Tahkete osakeste heite vähendamiseks kasutatakse nii eelpool kirjeldatud primaarseid (kütuste asendamine, põlemisprotsessi optimeerimine) kui ka alljärgnevalt käsitletavaid sekundaarseid lahendusi (tsüklonid, kottfiltrid, elektrifiltrid, NID). Sageli ei piisa vaid ühe tehnika kasutamisest, vaid on vajalik erinevate tehnikate kombineerimine ja järjestikune kasutamine.

**Tsüklon** (*cyclone separator*) on tolmutüüde seade peamiselt tahkete osakeste ja nendega seotud raskmetallide eemaldamiseks gaasist või vedelikust. Tegemist on kõige lihtsama ja odavama seadmega suitsugaaside puhastamiseks lendtuha. Tsüklonis kasutatakse lendtuha eemaldamiseks suitsugaasidest inertsit. Tsüklonis sunnitakse õhk silindrilises mahutis liikuma ringi ümber silindri telje. Tsentrifugaaljõu mõjul liiguvad osakesed silindri seintele, mille lähedal õhk liigub hõõrdejõu mõjul aeglasemalt. Tahked osakesed vajuvad spiraalselt keereldes alla ning puhastatud õhk väljub suuremast avast silindri ülasas.

Tsükloniga saab efektiivselt eraldada osakesi umbes diameetriga 10 µm, põlevkivi korral võib väljasadestatud tuha mediaanmõõde olla 50–60 µm [6]. Tsükcloneid kasutatakse eeltöötluks enne edasist lendtuha või orgaaniliste ühendite vähendamist. Tsükcloneid võib kasutada üksikult või multitsüklonina. Eestis kasutusel olevatel TP-101 tüüpi kateldel on õhkuheidete vähendamiseks paigaldatud kõikide katelde järele lendtuha tsüklonid, tahkete osakeste eraldamiseks multitsüklonid on paigaldatud ka põlevkivi ja uttegaasi kütusena kasutavatele TS-35 tüüpi kateldele tahkete osakeste heite vähendamiseks. Tahkete osakeste kontsentratsiooni mõõtmisi suitsugaasis viiakse läbi mitu korda kvartalis ning perioodi 2011–2015 mõõtmistulemuste põhjal saab väita, et multitsükloni aastakeskmise puhastusefektiivsus jääb vahemikku 53–73%.

Tsükloni kulumise määrab lendtuha abrasiivsus, kontsentratsioon ja suitsugaaside kiirus. Põlevkivi tuha suure abrasiivsuse tõttu on tsüklonite kulumine põlevkivielektrijaamades suur. Katsetatud on ka zalusiiseparaatoreid, kuid kuna separaatori kulumine oli väga suur, siis ei leidnud see seade rakendamist.

**Kottfiltrid** on kootud või vildistatud poorsest kangast, mis laseb läbi gaasi, aga peab kinni tahked osakesed. Materjalina kasutatakse peamiselt klaaskiudu, polüestrit, polüpropüleeni või polüamiidi. Ajalooliselt esimesena kasutati selleks tekstiilfiltreid, mis kulusid läbi keskmiselt





paarikümne kuuga, nõudsid küllaltki madalat töötemperatuuri ning põhjustasid suure rõhulanguse suitsukäikudes ja suure energiakulu.

Kottfiltrid on tundlikud niiskuse suhtes, kuid on üldiselt kõrge efektiivsusega. Kottfiltritesse kinni püütud leeliseline tuhk on võimeline siduma ka happelisi gaase. Kottfiltrid paigutatakse elektrijaama peamiselt tahkete osakeste eemaldamiseks. Kottfiltrite kasutamiseks on vaja valida suitsugaasi omaduste ja suurima töötemperatuuri jaoks sobiv kangamaterjal.

Eesti põlevkivi põletavatest elektrijaamadest on kottfiltrid paigaldatud BKZ-75-39 Fsl tüüpi kateldele NID seadmete järel. Koos NID seadmetega on võimalik tagada 99%-line puhastusefektiivsus tuginedes perioodi 2013–2015 andmetele.

**Elektrifilter** (ESP, *electrostatic/electric precipitator*). Tahkete osakeste püüdmiseks on kottfiltritest töökindlamad ja tasuvamad elektrifiltrid. Valik elektri- ja kottfiltride vahel sõltub kasutatavast kütusest, põletusseadme suuruselt ja tüübist ning katla tüübist. Mõlemad filtrid on efektiivsed lendtuha eemaldamiseks, heitgaasidest lendtuha aitab parendada desulfureerimisseadme lisamine. Elektrifilter võimaldab efektiivselt eemaldada ka 1  $\mu\text{m}$  suurusjärgus ja väiksemaid osakesi.

Elektrifiltri tööpõhimõte on tahketele osakestele elektrilaengu andmine ja eraldamine gaasivoost elektrivälja toimel. Elektrifiltris suunatakse suitsugaas läbi koroonateravike vahelt, millele on rakendatud negatiivne kõrgepingeline. Teravikest väljuvad elektronid sadestuvad tuhaosakestele ja annavad neile negatiivse laengu. Suitsukäik on ümbritsetud metallplaatidega, millele osakesed elektrivälja mõjul sadestuvad, annavad ära oma laengu ja jäävad plaatidele. Plaatidelt eemaldatakse paakunud tuha- või tolmu kiht mehaaniliselt, raputades või vasaraga tagudes.

Tahkete osakeste kontsentratsioon elektrifiltrist väljuvas gaasis on sõltuvalt konstruktsioonist 20–150  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ . Elektrifiltri eeliseks on lihtne konstruktsioon ning madalad hooldus- ja remondikulud, puuduseks kõrge alghind. Elektrifiltrid on suured ja metallimahukad, otsustav on neid kasutada just suurtes elektrijaamades. Elektrifiltri töö efektiivsus sõltub sellest, kas ja kuidas peetakse kinni ettenähtud töörežiimist. Mõningatel juhtudel kasutatakse elektrifiltreid koos multitsüklonitega ja nad moodustavad ühtse puhastussüsteemi. Selliste kombineeritud süsteemide korral on saavutatud 99% puhastusefektiivsus.

Eesti põlevkivielektrijaamades kasutatakse elektrifiltreid kõigil katlatüüpidel, st tsirkuleeriva keevkihiga, tolmu- ja kihtpõletamise kateldel. Põlevkivi puhul on elektrifiltris väljasadestatud tuha mediaanmõõde I väljas 8–12  $\mu\text{m}$ , II väljas 7–10  $\mu\text{m}$ , III väljas 6–8  $\mu\text{m}$  ning IV väljas 5–6  $\mu\text{m}$  [6].

**Skraber** (*scrubber*) ehk suitsugaaside pesur (desulfureerimisseade) on seade vääveloksiidide ja tahkete osakeste eemaldamiseks suitsugaasidest. Tahkete osakeste eemaldamiseks pihustatakse vett skraber vanni, mida läbivad suitsugaasid. Osakesed absorbeeruvad veetilkadel ning väljasadenenud vesi voolab välja ruumi alaosast. Mingi kindla gaasi absorbeerimiseks pihustatakse skraberisse reagenti lahust, mis seob vastavat gaasi. See meetod on üldlevinud ka suitsugaaside puhastamiseks vääveldioksiidist.

Märkskraberid (*wet scrubber*) püüavad ja eemaldavad tolmu (lendtuha) inertskokkupõrgetega, otsese püüdmise ja absorptsiooniga veefaasis. Märkskraberid võivad olla mitmesuguse ehituse ja tööpõhimõttega, nt pihustusskraber, pörkepladiskraber või Venturi skraber, ning neid võib



kasutada tolmutüüpide esimeses astmes või eraldiseisva tehnikana. Mingil määral saab orgaanilisi ühendeid eemaldada või nende eemaldamist parandada kemikaalide lisamisega puhastusvette (sellega saavutatakse keemiline oksüdeerimine või mõni muu reaktsioon). Saadud vedelikku tuleb töödelda, et eraldada kogutud tolmu settimise või filtreerimise teel. Märskraberites segatakse lubi veega püdelaks massiks ja pihustatakse suitsugaasidesse. Selle tulemusena moodustub  $\text{CaSO}_4$ . Eesti põlevkivi soojuselektrijaamades ei ole kasutusel märskrabereid.

Kuivskraberis (*dry scrubber*) lastakse lubjagraanulitel (läbimõõt mõni millimeeter) kukkuda läbi suitsugaasi. Graanulite pinnal toimub sarnane reaktsioon märskraberiga. Seejärel suunatakse graanulid seadmesse, mis koorib nende pinnalt ära kipsikihi ja protsessi korratakse. Skraberit kasutatakse ka mitmete metallaurude, näiteks elavhõbeda, eemaldamiseks suitsugaasidest. Sõltuvalt sellest, milliseid saasteaineid suitsugaas sisaldab, võidakse puhastusseadmeid kasutada kombineeritult. Väga levinud on süsteem, milles esmalt eemaldatakse suurema läbimõõduga tahked osakesed tsükloniga, siis peenemad elektrifiltriga, millele võib järgneda veel skraberi gaaside ja aurude eemaldamiseks. Eesti põlevkivi soojuselektrijaamades on kasutusel mitmeid kombineeritud süsteeme.

**NID süsteem** (*Novel Integrated Desulfurization system*) on poolkuiv desulfureerimise süsteem/seade, mis puhastab elektrijaama väljuvatest gaasidest peamiselt tahkeid osakesi ja vääveldioksiidi. Selleks kasutab NID süsteem toimeainena jahvatatud lubja ning tahkekütuste põletamisel tekkinud tuhka.

NID süsteem koosneb:

- NID-reaktorist,
- lubja kustutussüsteemist;
- reagenti segistist,
- reagenti retsirkulatsioonisüsteemist kottfiltrite punkri ning segisti vahel,
- kottfiltritest,
- tõmbeventilaatorist koos korstnaga.

Oluline komponent NID puhastusprotsessis on reagenti (lubja) kustutussüsteem, mille juures segistisse piserdatakse vajalik kogus vett reagenti tahketele osakestele ja segatakse kindla koguse retsirkuleeriva reaktsiooniproduktiga. Segistist juhitakse aktiivne reagent  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  reaktorisse suitsugaasidest  $\text{SO}_2$  sidumiseks. Protsessi käigus vesi aurustub, mille tõttu täiendavat heitvett ei teki. Nii reagenti kui ka protsessi lõpp-produkti jaoks on elektrijaamas spetsiaalsed hoidlad. Protsesside juhtimiseks, reguleerimiseks ja optimeerimiseks on pneumaatiline automaatikasüsteem. BKZ-75-39 Fsl tüüpi kateldega elektrijaamas on NID seadmete väävliärastuse efektiivsus perioodil 2013–2015 olnud vahemikus 84,3–87,9%. Koos kottfiltritega on võimalik tagada tahkete osakeste 99%-line puhastusefektiivsus.

TTÜ on mõõtnud ja katsetanud NID seadmete puhastusefektiivsust TP-101 tüüpi katlaid kasutavad elektrijaamas. Katsete kestel olulisi  $\text{O}_2$ ,  $\text{CO}_2$  ja  $\text{NO}_x$  kontsentratsioonide kõikumisi ei täheldatud – katelde töörežiim oli stabiilne. Lendtuha kontsentratsioon NID-i sisendis 100% koormusel oli  $53 \text{ g/Nm}^3$  (6%  $\text{O}_2$ , kuiv gaas); tuha massivoog  $1,53 \text{ kg/s}$  ja määrgade suitsugaaside voog  $36,81 \text{ Nm}^3/\text{s}$ .  $\text{SO}_2$  kontsentratsioonide suured kõikumised NID-ide järel tulenesid  $\text{DeSO}_x$  seadmete ebastabiilsest töörežiimist. Tahkete osakeste kontsentratsioonid NID-ide järel jäid katsetel alla  $2 \text{ mg/Nm}^3$ . [70]



Väävliärastuse energeetilise vajaduse rahuldamiseks ja efektiivsuse tõstmiseks on võimalik lisaks gaaskütusele kasutada ka tahkekütust (nt põlevkivi või peendis dispersset tuharikast kütust), mille põletamise tagajärjel tekkinud põlevkivituhka saab kasutada sorbendina NID seadmetes. Kuna Eesti põlevkivi sisaldab palju lubjakivi, siis toimub põlevkivi põletamisel katla koldes sama protsess, mis lubjapõletusahjus – lubjakivi laguneb kustutamata lubjaks ( $\text{CaO}$ ), mis jääb põlevkivituhha sisse, ja süsihappegaasiks, mis eraldub suitsugaasidesse. Kuna tahkekütuse koospõletamisel gaasiliste kütustega ei teki tuhka piisavas koguses säilib ka edaspidi vajadus väävliärastuse astme tagamiseks kasutada lisaks tuhale ka lubja. Väävliärastuse tagajärjel seguneb kustutatud lubjast tekkinud kaltsiumipõhine jääk põlevkivituhaga. Väävliärastuse taseme tõstmiseks osalevad nii tuhk kui kustutatud lubi ühiselt reaktsioonis. Reaktsiooni tulemusena tekib kõrge leelisusega (pH võib olla kuni 13) jääk, millest põlevkivituhha eraldamine pole tehniliselt võimalik.

**Vääveloksiidid ( $\text{SO}_x$ ).** Põlevkivienergeetikas väljutatakse  $\text{SO}_x$  heited korstendest. Tahkekütuse põletamisel on vääveloksiidide tekkeallikateks kütuse orgaanilise osa väävel ja väävel mineraalosa mineraalidest. Väävli mineraalosa esineb kahes vormis: sulfaatne ( $\text{Ca}$ -,  $\text{Mg}$ -,  $\text{Na}$ -,  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ) ja püriidne ( $\text{FeS}_2$ ), põlevkivi puhul markasiitne ( $\text{FeS}_2$ ). Tolmpõletuse ja tsirkuleerivas keevkihis põletamise puhul on põlevkivituhhal võime siduda vääveldioksiide ( $\text{SO}_2$ ) ja vääveltrioksiide ( $\text{SO}_3$ ) ja need vääveloksiidid väljutatakse katlast koos tuhaga tahkel kujul sulfaatidena ( $\text{CaSO}_4$ ), sulfitidena ( $\text{CaSO}_3$ ) ja sulfiididena ( $\text{CaS}$ ). Väävli sidumise määr tuhaga sõltub mitmest tegurist, milleks on kütuse koostis, temperatuur (põletustehnoloogia, temperatuuri profiil katla gaasikäigus), lendtuha granulomeetiline jaotus, hapniku osarõhk koldes tekkivas gaasis ja sulfatiseerumisprotsessi kestus [6].

Põlevkivigaaside koospõletamine põlevkiviga vähendab vääveloksiidide, vääveltrioksiidi ( $\text{SO}_3$ ) ja vääveldioksiidi ( $\text{SO}_2$ ), sisaldust suitsugaasides. Vääveldioksiidi vähenemine suitsugaasides ei taga normikohast vääveldioksiidi kontsentratsiooni suitsugaasides, kuid vähendab oluliselt kulutusi gaasi puhastamisel vääveldioksiidist [54].

Suitsugaasidest väävliühendite puhastamiseks kasutatakse nii primaarseid (lubjakivi lisamine põlemisprotsessi ja väävli sidumine tuhaga) kui ka sekundaarseid meetodeid (nt NID, SDA, kuiv aditiivne meetod). Sekundaarsete desulfureerimise süsteemide ekspluatatsioonikulud sõltuvad reagentidest, vee ja elektrienergia tarbimisest, hooldusest ning jääkide kõrvaldamise kuludest. Üldjuhul on desulfureerimise seadmete ülalpidamine kulukas, seadmed on suured ja vajavad pidevat hooldust.

Vääveldioksiidi teke põlevkivi põlemisel on otseselt seotud koldes tekkiva  $\text{CaO}$  käitumisega. Peamine väävli siduv element kütustes on kaltsium, mistõttu kütuse iseloomustamiseks väävli sidumise potentsiaali seisukohalt kasutatakse moolsuhet  $\text{Ca/S}$  ( $\text{Ca}$  ja  $\text{S}$  – vastavalt kaltsiumi ja väävli sisaldus kütuses). Kaltsiumi ja väävli moolsuhe  $\text{Ca/S}$  põlevkivis on suur, tavapäraselt 8–10. Sageli (eriti kütuse keevkihis põletamisel) suunatakse koldesse või katla gaasikäiku täiendavalt kaltsiumi, kas lubjakivina või dolomiidina – sel juhul suhe  $\text{Ca/S}$  väljendab kogu kaltsiumi ja kütuse väävli moolsuhet. Kuna kukersiidi mineraalne osa sisaldab kuni 4% markasiiti ( $\text{FeS}_2$ ), siis põhjustab see kukersiidi põlemisel suure, kuni  $9500 \text{ mg/m}^3$  vääveldioksiidi ( $\text{SO}_2$ ) kontsentratsiooni suitsugaasides. Nii suure  $\text{Ca/S}$  moolsuhte puhul toimub juba efektiivne suitsugaaside desulfureerimine. Suitsugaaside desulfureerimise efektiivsus oleneb



peale Ca/S moolsuhte veel kukersiidi põlemise temperatuurist ja ajast, suitsugaasides vääveldioksiidi ( $\text{SO}_2$ ), hapniku ( $\text{O}_2$ ) ja veeauru ( $\text{H}_2\text{O}$ ) kontsentratsioonist ning lendtuha poorsusest, dispersusest ja vaba lubja ( $\text{CaO}_v$ ) sisaldusest.

Leelismetallide olemasolul kütuses seotakse teatud osa väävlist ka nendega, enamjuhtudel tekivad siis sulfaadid, kuid mitte kõik kütuse leelismetallid ei reageeri väävliühenditega moodustades sulfaate, vaid ainult osa (see sõltub peamiselt kütuse mineraalosast põlemisprotsessi jooksul lendunud leelismetallide hulgast).

TTÜ Soojustehnika Instituudi poolt teostatud mõõtmiste alusel tolmpõlevkivil töötavates tööstuskateldes on vääveldioksiidi keskmine kontsentratsioon katlast väljuvas gaasis (6%  $\text{O}_2$  sisalduse korral) järgmine: katel BKZ-75-39F – 2100  $\text{mg/m}^3$ , katel TP-67 – 2350  $\text{mg/m}^3$  ja katel TP-101 – 1750  $\text{mg/m}^3$ . Väävlisidumisaste tuhaga TTÜ andmete alusel osutus järgmisteks: katel TP-67 – 0,78 ja katel TP-101 – 0,81 [6].

Väävli käitumist põlevkivi põletamisel on uuritud ka 1  $\text{MW}_{\text{th}}$  võimsusega tsirkuleeriva keevkihiga koldes, kus tuvastati, et vääveldioksiidi kontsentratsioon katlast väljuvas gaasis (6%  $\text{O}_2$  sisalduse korral) oli  $<15 \text{ mg/m}^3$ , mis on enam kui 100 korda vähem kui põlevkivi tolmpõletuskatlast väljuvas gaasis. Sellest järeldub, et põlevkivi keevkihis põletamisel ei ole vaja suunata koldesse lisandit sidumaks väävli, kuna väävli seob peamiselt lubi, mis tekib karbonaatide termilisel lagunemisel, oluline on seejuures ka kütuse moolsuhte Ca/S suur väärtus.

Keevkihis põletusel seondub väävli kõrge sidumisaste madala temperatuuriga koldes (800–900°C), mis on küll küllaldane karbonaatmineraalide termiliseks lagunemiseks ja aktiivse vaba lubja tekkeks, kuid jääb napiks ulatuslikuks uusmineraalide moodustumiseks. Seesama temperatuurivahemik on aga tavaliselt äärmiselt soodus tagamaks vaba lubja kiiret sulfatiseerumist. Põlevkivi põletamise keevkihtprotsessi omapära on ka veel see, et omavahelisest kokkupuutest ja hõõrdumisest keevkihis peenenduvad lubjakivi lagunemisel tekkivad suhteliselt pehmed lubjaosakesed. Kihist väljakanduv lendtuhk on mitu korda peenem ja selle osakesed suurema eripinnaga kui algmaterjal. Väävli sidumist tuhaga soodustab samuti tuhaosakeste kõrge kontsentratsioon tsirkuleerivas voos ja võrreldes tolmpõletusega märksa pikem kontaktiaeg osakeste ja väävliühendite vahel.

Vääveldioksiidi sidumine kaltsiumoksiidiga ( $\text{CaO}$ ) keevkihtprotsessis, nagu tolmpõletuselgi, sõltub väga oluliselt temperatuurist, Ca/S moolsuhtest, osakeste mõõtmetest, hapniku kontsentratsioonist koldes tekkivasgaasis ning mõningal määral ka sorbendi omadustest. Võrreldes tolmpõletusega on põhiline erinevus seejuures madal temperatuur koldes ja sorbendi jämedam teralisus.

Optimaalne tsirkuleeriva keevkihtpõletuse temperatuur, mille juures vääveldioksiidi sidumisaste lubjaga on kõrgeim, langeb vahemiku 800–850°C. Moolsuhte Ca/S kasvades väävliühendite sidumisaste suureneb, kuid optimaalne temperatuur ise sõltub vähe moolsuhtest Ca/S. Tsirkuleeriva keevkihiga tööstuskatlast väljuvas suitsugaasis  $\text{SO}_2$  kontsentratsioon ei ületa 15  $\text{mg/m}^3$  (6%-lise hapnikukontsentratsiooni korral). [6]

Väävli käitumist põlemisprotsessis on uuritud põlevkivi rõhu all põletamisel klassikalise keevkihiga 1  $\text{MW}_{\text{th}}$  pilootseadmes ABB Carbon laboratooriumis – rõhk seadme koldes 1,5 MPa, temperatuur 840°C. Tulemused näitasid, et väävel seotakse täielikult tuhaga ja et vääveldioksiid praktiliselt puudub seadmest väljuvas gaasis (milles 3%  $\text{O}_2$ ). Tuhavoolus vaadeldavas seadmes jaguneb kolmeks – põhjatuhk (22%), tsüklonis väljasadestuv tuhk (78%) ja tsüklonis



läbiv tuhk (<0,2%). Ligikaudu 40% kütuse väävlisest seob sulfaatseteks ühenditeks põhjatuhk, ülejäänud 60% langeb tsüklonis väljasadestunud tuhale. Seejuures põhjatuhha sulfatiseerumistas (kSO<sub>3</sub> = 0,15) on tsüklontuhha omast märgatavalt kõrgem (SO<sub>3</sub> k = 0,08). Selle ilmne põhjus on põhjatuhha suurem lubjasisaldus, kuid ka intensiivne massiülekanne keevkihis tahkete osakeste ja gaasilise keskkonna vahel. [6]

Põlevkivi lendtuha võime siduda vääveldioksiidi ja sel viisil alandada tema kontsentratsiooni suitsugaasis sõltub põletustehnoloogiast. Põlevkivi kõrgtemperatuurisel tolmpõletamisel vaba kaltsiumoksiidi vähesuse tõttu lendtuhas (vaba lubja ja väävli moolsuhe 1,5–2,5), tuhk seob ainult osa väävlisest ning katlast väljumisel on suitsugaasis vääveldioksiidi normikohasest enam. Väävli tuhaga sidumisastme väärtust on võimalik teatud piirides tolmpõletuse korral mõjutada kütuse jahvatuspeensusega ja hapniku kontsentratsiooniga suitsugaasis. Väävli sidumistas sõltub teatud määral ka katla koormusest (põlemistemperatuur, ajafaktor). [6]

Suitsugaaside poolkuiva puhastusmeetodi (nt NID) käitamise kogemus põlevkivi tolmpõletuskateldel näitab, et võrreldes planeeritud kastepunktiga ca 50°C (arvestades veeauru partsiaalrõhku) ilmnesid reaalsed tuha tsementeerimisomadused juba märksa kõrgemal temperatuuril ca 140°C (kapillaarne kondenseerumine) juures. Lisaks on suureks ohuks väävelhappe kondenseerumine, mis algab temperatuuridel ca 70°C.

Arvestades põlevkivi lendtuha klinkeri omadustega (põlevkivi lendtuhk sisaldab kustutamata lubja (CaO), liiva (SiO<sub>2</sub>), savi (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), kipsi (CaSO<sub>4</sub>)), tekib niiskete (poolkuiv ja märg) suitsugaaside puhastusmeetodite kasutamisel intensiivne tuha kleepumine seadmete pinnale (nõ saastumine). Põlevkivi puhul niiskete suitsugaaside puhastuse tehnoloogiate kasutamine eeldab eelnevalt suitsugaaside puhastust lendtuhast kuni 98%.

Põlevkivi madaltemperatuurse keevkihtpõletustehnoloogia korral karbonaatühendite termilisel lagunemisel tekkinud lubi jääb enamuses vabasse vormi, väävli sidumistas tuhaga on kõrge, SO<sub>2</sub> kontsentratsioon suitsugaasis jääb tühiseks. Seega, keevkiht põletustehnoloogia puhul ei ole vaja põlevkivi põletamisel koldesse täiendavalt suunata vääveldioksiidi adsorbenti, nagu seda tuleb teha mitme teise tahkekütuse põletamisel. See on tingitud põlevkivi moolsuhte Ca/S suurest väärtusest. [6]

Desulfureerimisel tekkiv kips (CaSO<sub>4</sub>) on madala kvaliteediga, kuna see on saastatud lendtuhaga. Kipsi ja lendtuha segu madala kvaliteedi tõttu ei leia see kasutamist ehitusmaterjalina ja ladestatakse tuhaväljale.

**SDA** (*Spray Dry Absorber for Desulphurisation*) on kuiv desulfureerimise süsteem, mis eraldab põlevkivielektrijaama suitsugaasidest peamiselt lendtuhka, vääveldioksiidi, HCl ja teisi happelisi ühendeid. SDA sarnaneb teistele suitsugaaside desulfureerimise puhastussüsteemidele (nt NID süsteem), peamine erinevus seisneb selles, et reagentina kasutab SDA suitsugaaside puhastamiseks pihustatavat lubja ja vee segu. Protsessist väljuvad jäägina kuivad väävlisoolad. Lisaks sellele kuulub SDA süsteemi elektri- või kottfilter ning mahuti (silo) jääkide kokku kogumiseks ning ringlusse suunamiseks. Süsteemi juurde kuuluvad ka ventilaatorid, seadmed kogu protsessi ja selle efektiivseks toimimiseks vajalike näitajate (nt temperatuur, rõhk, vooluhulgad, tihedus jne) pidevaks seiramiseks.

Käesoleval hetkel ei ole veel andmeid SDA puhastusefektiivsuse kohta, kuna vastav süsteem on ühte Eesti põlevkivielektrijaama alles paigaldatud ning tööle hakanud.





**Kuiv aditiivne meetod.** Suitsugaaside vääveldioksiidist puhastamiseks on võimalik kasutada ka kuiva aditiivset meetodit. Kuiv aditiivne meetod kasutab vääveldioksiidi heitmete vähendamiseks olemasolevat katelt, elektri- või kottfiltrit ja suitsugaaside käike, muutes nende režiimilisi, tehnoloogilisi või konstruktsioonilisi parameetreid.

Kuiva aditiivse meetodi eelis võrreldes niiskete (poolkuiv ja märg) desulfureerimise meetoditega on väiksemad investeeringud, väiksem elektrienergia omatarve ning väiksemad desulfureerimise kulud. Sorbendi sisestamine koldesse on lihtne protsess. Sorbendi sisestamiseks vajalikud seadmed ja nende käitamine on lihtne ning seadmete montaaži aeg on lühike.

Kuiva aditiivse meetodi vääveldioksiidi sidumisaste sõltub sorbendi ja sorbaadi hemosorptsioonilisest efektiivsusest, sorbendi sisestamise ja koguse desulfureerimise efektiivsusest. Sorbendi hemosorptsiooniline efektiivsus sõltub sorbendi keemilisest koostisest, poorsusest ja disperssusest. Sorbaadi hemosorptsiooniline efektiivsus sõltub sorbaadis sisalduvate vääveldioksiidi ( $\text{SO}_2$ ), hapniku ( $\text{O}_2$ ) ja veeauru ( $\text{H}_2\text{O}$ ) kontsentratsioonidest.

Sorbendi sisestamisel koldesse sõltub sorbendi desulfureerimise efektiivsus koldegaaside temperatuurist, sorbendi ühtlasest jagunemisest kolde ristlõikes ja viibimise ajast kolde- ja suitsugaasi sobivates temperatuurilistes piirkondades (sorbendi dissotsieerimisel ja sulfatiseerimisel). Sorbendi koguse desulfureerimise efektiivsus sõltub sorbendi  $\text{Ca/S}$  mool-suhtest. [67]

**Lämmastikoksiidid** ( $\text{NO}_x$ ) tekivad põlemisprotsessis (hapnikuga reageerides moodustub  $\text{NO}$  ja sealt edasi  $\text{NO}_2$ ) ning oluline roll siinkohal on põlemistingimustel.  $\text{NO}_x$  heiteallikateks põlevkivi energeetikas on korstnad. Kütuse põlemisprotsessis reageerivad õhu lämmastik ja hapnik omavahel, andes üksteisest tunduvalt erinevate omadustega ühendeid  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ,  $\text{N}_2\text{O}_3$ ,  $\text{N}_2\text{O}_4$  ja  $\text{N}_2\text{O}_5$ , millest tähtsamad on lämmastikmonooksiid ( $\text{NO}$ ) ja lämmastikdioksiid ( $\text{NO}_2$ ). Seejuures on olulisem  $\text{NO}$ , mis moodustab tekkinud lämmastikoksiidide koguhulgast 90–95%.  $\text{NO}_2$  tekib vaid kõrgetel üle  $1800^\circ\text{C}$  põlemistemperatuuridel.

Heitgaasiga õhukeskkonda paiskuv  $\text{NO}$  oksüdeerub lämmastikdioksiidiks ning edasisel reageerimisel veeauruga tekib lämmastikhape, mis kahjustab keskkonda happeliste sademete näol. Üks lämmastikoksiididest on dilämmastikoksiid  $\text{N}_2\text{O}$  (tuntud kui naerugaas), mis kuulub nn kasvuhoonegaaside hulka ja mille mõju atmosfäärile on globaalne. Dilämmastikoksiidi kontsentratsiooni suurenemisega atmosfääris kasvab soojuskiirguse mõju keskkonna temperatuurile – samuti kahjustab  $\text{N}_2\text{O}$  ka atmosfääri osoonikihti. [6]

Peamised parameetrid, millest sõltub  $\text{NO}_x$  kontsentratsioon heitgaasis on lämmastiku hulk kütuses, liigõhutegur ja põlemistemperatuur. Ka kütuse väävli sisaldusel ja lisataval lubjakivi kogusel ning nendega toimuvatel protsessidel võib olla mõju  $\text{NO}_x$  tekkele. Erinevate tehnikate kasutamise korral on tekkivate lämmastikoksiidide kontsentratsioon suitsugaasis erinev ja sõltub katla soojuskoormusest, õhurežiimist, gaasi katlas viibimise ajast ja kütuse koostisest. Lisaks ka kolde ja katla konstruktsiooni omapärast. Lämmastikoksiidide kolm tekke-mehhanismi on lühidalt kirjeldatud peatükis 1.4.1.

Põlevkivi tolmpõletamisel (maksimaalsel põlemistemperatuuril  $1400\text{--}1500^\circ\text{C}$ ) tekib õhu lämmastikust lämmastikoksiidide segu ( $\text{NO}_x$ ). Kuna õhu lämmastikust tekkiva  $\text{NO}_x$  hulk



sõltub tugevasti kolde temperatuurist, siis keevkihtpõletustehnoloogia puhul, kus põlemis-temperatuur jääb 800–900°C vahemikku, on õhu lämmastikust tekkivate lämmastikoksiidide osatähtsus väike. Seega põlevkivi keevkihis põletamisel tekivad lämmastikoksiidid peamiselt kütuse lämmastikust – nende teke kiireneb samuti temperatuuri kasvades, kuid nõrgemalt. TTÜ Soojustehnika Instituudi poolt teostatud mõõtmiste alusel on tolmpõlevkivil töötaval tööstus-  
katlal lämmastikoksiidide keskmine kontsentratsioon (taandatud NO<sub>2</sub>-le) katlast väljuvas suitsugaasis (kus O<sub>2</sub>=6%) järgmine: katel BKZ-75-39F – 220 mg/m<sup>3</sup> ja katel TP-67 – 260 mg/m<sup>3</sup>. [6]

Põlevkivi keevkihtpõletusel on seotud lämmastiku jagunemine üksikute oksiidide vahel tolmpõletusega võrreldes erinev. Kui põlemisprotsessi kõrge temperatuuri tõttu tolmpõletusel N<sub>2</sub>O suitsugaasis puudub, siis põlevkivi põletamisel LLB (Lurgi Lentjes Babcock) seadmes on dilämmastikoksiidi kontsentratsiooniks mõõdetud 10–45 mg/m<sup>3</sup>. Lämmastikoksiidide kontsentratsiooni suitsugaasis on mõõdetud ka põlevkivi põletamisel 1 MW<sub>th</sub> võimsusega tsirkuleeriva keevkihiga pilootseadmetes Foster Wheeleri (FW) ja LBB laboratooriumides. NO<sub>x</sub> sisaldus WF katseseadmes oli 180–265 mg/m<sup>3</sup>; LLB seadmes mõnevõrra kõrgem – 265–370 mg/m<sup>3</sup>. Tsirkuleeriva keevkihiga tööstuskatlast väljuvas suitsugaasis NO<sub>x</sub> sisaldus on piirides 140–180 mg/m<sup>3</sup> (6%-lise hapniku kontsentratsiooni korral. [6]

Põlevkivi ülerõhul põletamisel ABB 1 MW<sub>th</sub> võimsusega klassikalise keevkihiga pilootseadmes (rõhk 1,2 MPa, kihi temperatuur 860°C) on NO<sub>x</sub> sisaldus suitsugaasis mõõdetud 120–190 mg/m<sup>3</sup>, jäädes madalamaks tsirkuleeriva keevkihiga koldes esinevast lämmastikoksiidide kontsentratsioonist. [6]

Peamised parameetrid, mis mõjutavad lämmastikoksiidide kontsentratsiooni suitsugaasis, on:

- katla soojuskoormus (kütuse põlemistemperatuur koldes jt);
- õhurežiim (liigõhutegur, õhu jaotus koldesse sisenemisel jt);
- koldes tekkiva gaasi katlas viibimise aeg (sõltub katla koormusest, õhurežiimist);
- kütuse koostis (lämmastiku hulk orgaanilises osas, väävlisisaldus, kütteväärtus jt).

Loetletule lisandub veel kolde ja katla konstruktsiooni omapära.

Temperatuur mõjub nõrgalt lämmastikoksiidide tekkele põlevkivi orgaanilise osa lämmastikust. Olulisem parameeter, mis mõjutab lämmastikoksiidide sisaldust suitsugaasis, on hapniku liigõhutegur. Termiliste lämmastikoksiidide (tekivad õhu lämmastiku ja hapniku vaheliste reaktsioonide tulemusena) osatähtsus muutub märgatavaks alates temperatuurist 1300–1400°C. Seega termiliste NO<sub>x</sub> osa võib olla tuntav kõrgetemperatuursete põlemisprotsesside korral. Kütuse põletamisel keevkihis on termilise NO<sub>x</sub> osatähtsus tühine [6].

Lämmastikoksiidide kontsentratsiooni võib oluliselt mõjutada ka SO<sub>2</sub> sisaldus suitsugaasis või lubjakivi kui vääveldioksiidi absorbendi lisamine keevkihti. Väävlisisaldus kuni 1–2% võib NO<sub>x</sub> kontsentratsiooni suitsugaasis vähendada 50–60% võrra. Just keevkihtpõletuse tehnoloogias on laialdast kasutamist leidnud vääveldioksiidi kõrvaldamine suitsugaasist lubjakivi viimisega keevkihti. Vääveldioksiidi sidumise määr sõltub tugevasti koldesse suunatava kaltsiumi ja kütuse väävli moolsuhte Ca/S väärtusest. Moolsuhte Ca/S suurenemisel ja SO<sub>2</sub> kontsentratsiooni alanemisel suitsugaasis (väävli sidumisaste tuhaga suurem) suureneb samaaegselt NO<sub>x</sub> ja väheneb N<sub>2</sub>O emissioon, sest esiteks, lubjakivi soodustab katalüütiliselt kütuse lämmastiku konversiooni lämmastikoksiidide seguks (NO<sub>x</sub>-ks) ja pidurdab tekkiva N<sub>2</sub>O





lagunemist ning teiseks, lubjakivi viimine keevkihti alandab  $\text{SO}_2$  kontsentratsiooni suitsugaasis ning suurendab selle kaudu  $\text{NO}_x$  ja vähendab  $\text{N}_2\text{O}$  hulka [6].

Lämmastikuühendite tekke vähendamiseks on võimalik kasutada mitmeid primaarseid tehnikaid, nagu näiteks põlemisprotsessi optimeerimine, liigõhutehuri reguleerimine või OFA seadmete kasutamine. OFA seadmed on Eestis paigaldatud TP-101 tüüpi kateldele. Lisaks sellele on suurtes põletusseadmetes levinud mitmed sekundaarsed lämmastikuärastuse süsteemid nagu SCR ja SNCR.

$\text{NO}_x$  kõrgemate heitetasemete vähendamiseks on suurtes põletusseadmetes võimalik kasutada SNCR (*Selective Non-Catalytic Reduction*) ja SCR (*Selective Catalytic Reduction*) tehnikaid. Põlevkivi kasutatavates elektrijaamades on nende tehnikate rakendamise tulemusena tekkivaid heiteid keskkonda ja puhastustehnikate kuluefektiivsust keeruline määrata. Nimelt vajab SCR meetod üsna kulukat katalüsaatorit. Mõlema meetodi korral sisaldavad suitsugaasid mittetäieliku põletamise protsessi tagajärjel orgaanilist ainet ja muid ühendeid, mis võivad SCR korral vähendada katalüsaatorite poorsust ning oluliselt kahandada nende efektiivsust.

SCR meetodis kasutatakse ammoniaaki, mida pritsitakse enne katalüsaatorit ja  $\text{NO}_x$  taandamine toimub katla suitsugaasi traktis suitsugaaside temperatuuril  $400\text{--}500^\circ\text{C}$ . Taandamise tegur on kuni 90%. Kuna katalüsaatorid on tundlikud vääveloksiidide ja lendtuha suhtes, siis peavad suitsugaasid sisaldama võimalikult vähe neid ühendeid. Vastasel juhul toimub katalüsaatori mürgistus ja ta kaotab oma  $\text{NO}_x$  taandamise võime. Põlevkivi korral on raske tagada suitsugaasides normikohaseid vääveloksiidide ja lendtuha kontsentratsioone. Samuti ei ole põlevkivi korral vajalik nii kõrge taandamise teguri saavutamine.

SNCR meetod kasutab ammoniaagi või karbamiidi sissepritsimist katla suitsugaasi trakti suitsugaaside temperatuuril  $900\text{--}1000^\circ\text{C}$ . Saavutatakse lämmastikoksiidide kontsentratsiooni langus suitsugaasides kuni 50%. Põlevkivi puhul oli esialgselt planeeritud SNCR meetodi kasutamine, seda juhul kui OFA kasutamine ei suuda tagada normikohast  $\text{NO}_x$  kontsentratsiooni. Seadmed siiski kasutust ei ole leidnud. Probleemiks on reagenti doseerimine ja selle suitsugaasidesse jõudmine.

**Süsinikmonooksiid (CO).** CO on kütuse süsiniku mittetäielikul põletamisel tekkiv gaas. CO heidetakse välisõhku korstendest. Süsinikmonooksiidi tekib põlemisel põlevkivi orgaanilises osas sisalduvast süsinikust. Põlevkivi tolmpõletamisel süsinikmonooksiide peaaegu ei teki. Põlevkivi põletamisel tsirkuleerivas keevkihis on süsinikmonooksiidi kontsentratsioon  $40\text{--}50\text{ mg/Nm}^3$ . Kõige madalama CO keskmise sisaldusega heitgaas tuleneb CFB kateldest ( $9\text{--}103\text{ mg/Nm}^3$ ), tolmpõletuskatlad kasutavatest elektrijaamadest väljuvates heitgaasides on CO sisaldus mõnevõrra varieeruvam ja kõrgem ( $70\text{--}480\text{ mg/Nm}^3$ ).

Süsinikmonooksiidi kontsentratsiooni katlast väljuvas suitsugaasis määrab kütuse põlemisprotsessi täiuslikkus, mis omakorda sõltub põlemistemperatuurist ja hapniku liigõhutegurist. Olulise, sageli isegi määrava tähtsusega, on põlevsegu moodustumise tingimused koldes. Õhu jagunemise ebaühtlus hapnikuga reageerivate ühendite vahel võib põhjustada taandavate, CO sisaldusega tsoonide tekkimise koldes. On ilmne, et liigõhutehuri keskväärtuse alandamisel süsinikmonooksiidi tekke tõenäosus suureneb.

Põlevkivi tolmpõletamisel tööstuskatlas võib vähesel määral tekkida süsinikmonooksiidi lendosa intensiivse põlemise tsoonis. Põlevkivi tolmpõletuskatlast väljuvates suitsugaasides katla



normaalse töörežiimi korral on CO kontsentratsioon tähtsusetu. suitsugaasis võib küll olla teatud hulgal CO põlemisõhu ebaühtlasest jagunemisest kolde ristlõikes (nt põletitest mõned teatud põhjusel ei tööta) või siis kui katel töötab madalal koormusel ning põlemisprotsess on ebaühtlane ja temperatuur madal.

Süsinikmonooksiidi kontsentratsioon on kõrgem madalamal põlemistemperatuuril. Samuti tõuseb CO sisaldus jämedama lähtekütuse kasutamisel (kui suurimate kütuseosakeste mõõtmed ületavad 25–35 mm). Kirjanduses esitatud andmete kohaselt on CO heide erinevaid kütuseid põletavate tsirkuleeriva keevkihiga kateldes (koldes tekkivas gaasis 6% O<sub>2</sub>) 30–240 mg/m<sup>3</sup>. Sellesse vahemikku mahub ka süsinikmonooksiidi sisaldus põlevkivi suitsugaasis [6]. Põlevkivi põletusel tsirkuleerivas keevkihis on süsinikmonooksiidi kontsentratsioon tavapäraselt 40–50 mg/Nm<sup>3</sup>. Süsinikmonooksiidi kontsentratsiooni põlevkivi põletamisel on määratud tsirkuleeriva keevkihiga kateldes (CFB) perioodil 2011–2015, mil keskmine CO hulk CFB suitsugaasis varieerus vahemikus 26–103 mg/Nm<sup>3</sup>. Süsinikmonooksiidi heitgaasides vähendamiseks kasutatakse primaarseid tehnikaid nagu näiteks põlemisprotsessi optimeerimine ning liigõhuteguri reguleerimine.

**Vesinikkloriid** (HCl). Põlevkivi mineraalosa kloori ei sisalda. Põlevkivi orgaanilises osas sisalduvast kloorist tekib kütuse põlemisel happeline ühend HCl, millest teatud osa reageerib ja seotakse lendtuhaga, kuid osa väljutatakse heitgaasi koosseisus atmosfääri. Heitgaaside HCl-ist puhastamiseks kasutatakse NID- ja SDA-süsteeme.

Vesinikkloriidi sisaldus põlevkivi tolmpõletuskatla suitsugaasides 100–130 mg/m<sup>3</sup>. Kuni 80% HCl-ist seotakse lendtuhaga ning NID vähendab HCl kontsentratsiooni heitgaasides kuni väärtuseni 20–30 mg/m<sup>3</sup>. Põlevkivi tolmpõletusel on suur osatähtsus kloori ja leelismetallide vahelistel reaktsioonidel kolde kõrgtemperatuursetes keskkonnas. Kolde kõrgtemperatuursetes keskkonnas põlevkivi tuha lendunud leelismetallide ühenditest (peamiselt kaaliumi ühendid) tekkivad kloriidid desublimeeruvad madalama temperatuuriga gaasikäigus kas omaette aerosoolideks või sadestuvad peenikeste tuhaosakeste pinnale kui kondenseerumistsentritele. [6]

Vesinikkloriidi kontsentratsiooni põlevkivi põletamisel on uuritud 1 MW<sub>th</sub> võimsusega tsirkuleeriva keevkihiga seadmel. Enne tolmpüüdefiltreid oli HCl kontsentratsioon 60–245 mg/m<sup>3</sup> (kuivas koldes tekkinud gaasis 6% O<sub>2</sub>). Kloorvesiniku kontsentratsiooni selline suur vahemik on tingitud seadmete eripärast ja erinevustest põlemisrežiimis. Tulemus näitab, et ka keevkihtprotsessi korral märkimisväärne osa kloorist seotakse tuhaga. Ka siin koondub enamik kloorist tuha peenimatesse fraktsioonidesse. Kui põlevkivi tolmpõletusel koldes lenduvad leelismetallid mõjutavad kloori ümberjagunemist olulisel määral, siis keevkihtprotsessi puhul, kus madala põlemistemperatuuri tõttu leelismetalle lendub vähe, on ülekaalus tuhaosakeste ja HCl vahelised heterogeensed reaktsioonid.

**Süsinikdioksiid** (CO<sub>2</sub>). Peamised CO<sub>2</sub> heiteallikad põlevkivienergeetikas on korstnad. CO<sub>2</sub> tekib orgaanilise süsiniku põlemisreaktsioonides ja süsinikku sisaldavatest mineraalidest, mis kütuses on enamasti karbonaatühendite kujul. Põlevkivi põletamisel süsinikdioksiid tekib orgaanilisest süsinikust ja süsihappegaasi eraldumisest karbonaatmineraalide termilisel lagunemisel või keemilistes ühinemisreaktsioonides. Orgaanilisest süsinikust tekkiva süsinikdioksiidi hulk sõltub kütuse süsinikusisaldusest ja mõningal määral ka põlemise täiuslikkusest. Karbonaatmineraalidest tuleva süsihappegaasi hulk oleneb aga mineraalse CO<sub>2</sub> koguhulgast



põlevkivis ja karbonaatmineraalide termilise lagunemise ulatusest, mis omakorda suuresti sõltub kütuse põletustehnoloogiast. [6]

Süsinikdioksiidi vähendamiseks suitsugaasides sekundaarseid meetmeid ei kasutata, küll aga on võimalik vähendada CO<sub>2</sub> heite hulka erinevate primaarsete meetmete (kütuste asendamine, põlemisprotsessi optimeerimine jne) rakendamisel.

**Polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud (PAS).** Polütsüklilised aromaatsed süsivesinikud on toksilised kõrgmolekulaarsed süsinikust ja vesinikust koosnevad ühendid, millest mitmed on kantserogeense toimega. Viimastest on tuntuim tugevatoimeline bensapüreen (C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>). PAS-id satuvad suitsugaasi kolmeti: 1) koos kütuse termilisel lagunemisel eralduvate muude ühenditega; 2) kütuse termilise lagunemise produktide pürolüüsi käigus, ja 3) põlemisel moodustuvatest süsivesinikest. Põlemisprotsessis tekkinud PAS-id säilivad gaasikäigus muutmata kujul ja väljuvad korstnast gaasilisel kujul või tuhapüüduritest lendtuhka seotuna [6].

**Raskmetallid.** Suitsugaaside raskmetallidest puhastamiseks kasutatakse peamiselt tsükloneid, kottfiltreid ja elektrifiltreid. Raskmetallide kontsentratsiooni heitgaasis määrab kütuses sisalduvate raskmetallide kontsentratsioon, põletamismeetod ja lendtuha kontsentratsioon suitsugaasis, mis aga omakorda sõltub tuhapüüdurite efektiivsusest. Suurim tuhavoog on katla külmlehtrisse sadestuv šlakk, kuid šlakiga seotud raskmetallide koguhulk on tunduvalt väiksem nende sisaldusest kütuses. Tsüklontuhas on aga raskmetalle juba mõningal määral rohkem. Raskmetallide eraldumise üldbilansi seisukohalt on tähtsaim elektrifiltris väljasadestunud tuha hulk. [6]

### 3.4.2. Heide vette

Soojuselektrijaamad vajavad arvestaval hulgal vett, sest veest saadud aur on töökehaks, mille kaudu toimub kütuse keemilise energia ülekandmine soojusenergiaks, mis edasi läheb üle mehaaniliseks ning seejärel elektrienergiaks.

Elektrijaamas tekib tehnoloogilist reovett:

- veepuhastusfiltrite regenereerimisel;
- katelde läbipuhumisel;
- liivfiltrite pesemisel;
- põhiseadmete konserveerimislahustest;
- pöördosmoosiseadmete konserveerimislahustest;
- reoveesette tahendamisel pressfiltris ja filtrilindi pesemisel.

Kõik need veed juhitakse kas tuhaväljale või puhastusseadmetesse. Õlist reovett võib muu reoveega kokku lasta alles pärast puhastamist õlipüünises. Järgneb töötlemine leeliseliste ja happeliste kemikaalidega (nt NaOH, FeCl<sub>3</sub>, flokulant, TMT15), millega sadestatakse ka raskmetallid. Sel moel töödeldud vesi vabastatakse heljumist koaguleerimise ja floteerimise teel, selitatakse ning lastakse siis läbi liiva filtri. Kui seda vett puhastada veel pöördosmoos-seadmes või ionovahetusega, saab teda elektrijaamas uuesti kasutada. Setitisse kogunenud sete pumbatakse settemahutisse ja sealt pressfiltrisse (enamasti kasutatakse lintpressfiltrit). Settest eraldatud vesi juhitakse reoveemahutisse ning tahke fraktsioon toimetatakse ohtlike jäätmete hoidlasse. Reovee mahutist suunatakse vesi reovee puhastisse.



Tootmisprotsessis tekkiva reovee puhastamist käsitleb CWW BREF [68].

Tehnoloogilist reovett on võimalik suunata ka koos tuhaga hüdrotuhaärastussüsteemi.

Lisaks tehnoloogilisele reoveele tekib soojuselektrijaamas reovett olmest ning sadevett jaama territooriumilt. Soojuselektrijaamast kokku kogutud reoveed puhastatakse nõuetele vastavas reovee puhastis.

### 3.4.3. Jäätmed

Fossiilsete kütuste põletamise tulemusena tekib elektrijaamades erinevaid jäätmeid:

- Koldetuhk. Eesti põlevkivi suhteliselt madala kütteväärtuse ja kõrge tuhasisalduse tõttu tekib põletamisel elektrijaamades olenemata põletustehnoloogiast, suurtes kogustes spetsiifiliste omadustega tuhka. Koldetuhk suunatakse tuhaväljale.
- Lendtuhk. Lendtuhk kogutakse kokku selleks ettenähtud tahkete osakeste püüdeseadmetega, nagu näiteks elektrifilter või kottfilter (vt täpsemalt peatükist 3.2.1). Põlevkivi tolmpõletamise lendtuha jämefraktsioon 30–150 µm võib leida kasutamist happeliste muldade lupjamisel, autoklaav-mullbetooni ja reskebetooni valmistamisel. Lendtuha peenfraktsioon 10–30 µm võib leida kasutamist portlandtsemendi margiga 550–600 ja kukersiitsementi margiga 200–300 tootmiseks. Põlevkivi keevkihtpõletuse tsirkuleerivas keevkihis tekkiv lendtuhk suunatakse tuhaväljale.
- Suitsugaaside väävlipuhastusseadmete jäätmed. Väävliärastuse tagajärjel seguneb kustutatud lubjast tekkinud kaltsiumipõhine jääk põlevkivituhaga. Väävliärastuse taseme tõstmiseks osalevad nii tuhk, kui kustutatud lubi ühiselt reaktsioonis. Reaktsiooni tulemusena tekib jääk, millest põlevkivituha eraldamine pole tehniliselt võimalik ja määratletakse põlevkivituhana (vt täpsemalt peatükist 3.2.1). Ka siis kui tahket kütust ei põletata, tekib NID seadmete kasutamisel väävliärastuse jääk.

Tuhk kogutakse katlaagregaatidest (kolle, ülekuumendi, ökonomaiser, õhu eelkuumendi) ja suitsugaaside puhastusseadmetest (tsüklonpatareid, elektrostaatilisest sadestid) ning laotatakse laiali ladestuspaigas. Tuhaärastuseks on kaks võimalust: kuivtuhaärastus ja märgtuhaärastus.

Tuha käitlemine ja ladestamise tehnoloogia jääb käesoleva PVT-kirjelduse reguleerimisalast välja.

Jäätmetekke vähendamise võimalusteks on tahkekütuste asendamine gaaskütustega või madala tuhasusega kütustega ja katla töö optimeerimine, mis pole aga alati täiel määral kohaldatavad.



## 4. Põlevkivi ja põlevkivi uttegaaside põletamisprotsesside tootmisparameetrite ning tekkiva heite iseloomustus

Eesti põlevkivi (kukersiit) põleb tänu põlevkivi orgaanilise osa omadustele hästi, kuid põlevkivi mineraalse osa omaduste tõttu on selle põletamine raske. Sellele vaatamata on mitmeid peatükis 2.1. mainitud meetodeid ja tehnoloogiaid viimase sajandi jooksul pidevalt arendatud ja kasutatud Eesti põlevkivi põletamisel.

Eestis on käesoleval hetkel viis soojuselektrijaama, mis kasutavad põhikütusena põlevkivi ja/või uttegaasi. Alljärgnevalt on soojuselektrijaamu, vastavaid tootmisparameetreid ja tekkivaid heiteid käsitletud eraldi tahkekütuste põletamise (peatükk 4.1) ja gaaskütuste põletamise (peatükk 4.2) all lähtudes sellest, milline kütus on käitises põhikütuseks.

Põlevkivi (soojus)elektrijaamad klassifitseeritakse põletusseadmete installeeritud nimisoojusvõimsuse (kateldes kütustena sisestatava summaarse maksimaalse soojusvõimsuse) järgi:

- nimisoojusvõimsusega alla  $50 \text{ MW}_{\text{th}}$ ,
- nimisoojusvõimsusega  $50\text{--}300 \text{ MW}_{\text{th}}$ ;
- nimisoojusvõimsusega üle  $300 \text{ MW}_{\text{th}}$ .

### 4.1. Tahkekütuste põletamine

Eestis kuulub alla  $50 \text{ MW}_{\text{th}}$  peamiselt tahkekütuseid põletavate soojuselektrijaamade hulka üks elektrijaam, milles on kasutusel Belgorodi katlatehases valmistatud ning põlevkivi ja uttegaasi põletamiseks kohandatud E-25/40-440 GM ja TS-35 katlad.

Eestis kuulub soojusvõimsusega  $50\text{--}300 \text{ MW}_{\text{th}}$  elektrijaamade hulka üks elektrijaam, milles on kasutusel neli Barnauli ja üks Belgorodi tehases valmistatud BKZ-75-39 Fsl tüüpi katelt.

Soojusvõimsusega üle  $300 \text{ MW}_{\text{th}}$  elektrijaamade hulka kuulub kaks elektrijaama, millest ühes on kasutusel Taganrogi katlatehases valmistatud TP-67 ja Foster Wheeleri poolt valmistatud CFB katlad ning teises on kasutusel Taganrogi katlatehases valmistatud TP-101 ja Foster Wheeleri poolt valmistatud CFB katlad.

#### 4.1.1. Tolmpõletamine

##### 4.1.1.1. Soojusvõimsusega alla $50 \text{ MW}_{\text{th}}$ elektrijaamad

**E-25/40-440 GM** tüüpi katelde aurutootlikus on maksimaalselt  $16 \text{ t/h}$  ( $40 \text{ bar}$ ,  $440^\circ\text{C}$ ). Katelde brutokasutegur on  $90\%$ . Eestis on kasutusel kaks antud tüüpi katelt, mis on ühendatud  $6 \text{ MW}_e$  (Nanjing Turbine&Electric) turbiiniga.

**TS-35** tüüpi katelde aurutootlikus on maksimaalselt  $26 \text{ t/h}$  ( $44 \text{ bar}$ ,  $420^\circ\text{C}$ ). Katelde brutokasutegur on  $85\%$ . Eestis on kasutusel kaks antud tüüpi katelt, mis on ühendatud  $6 \text{ MW}_e$  (KTZ) turbiiniga. **TS-35** tüüpi katlad on kasutusel koos uttegaasil töötavate **E-25/40-440 GM** tüüpi kateltega. **E-25/40-440 GM** ja **TS-35** tüüpi kateltega soojuselektrijaamas kasutatakse kütustena põlevkivi, generaatorgaasi, segugaasi ning sissekütmisel põlevkiviõli.



### E-25/40-440 GM ja TS-35 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama tootmisparameetrid

**E-25/40-440 GM** ja **TS-35** tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama elektritoodang on vahemikus 38 313–41 758 MWh ning soojuse väljastus 89 828–107 724 MWh. Tingkütuse erikulu väljastatud elektrienergiale on vahemikus 185,0–241,3 g/kWh ja väljastatud soojusenergiale 174,6–216,7 kg/MWh.

**Tabel 4.1. E-25/40-440 GM ja TS-35 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama iseloomulikud tootmisnäitajad**

| Katla tüüp           |          |                 | E-25/40-440 GM             |   | TS-35                |   |
|----------------------|----------|-----------------|----------------------------|---|----------------------|---|
| Valmistaja           |          |                 | Belgoradi katlatehas       |   | Belgoradi katlatehas |   |
| Katla nr             |          |                 | 1                          | 2 | 4                    | 5 |
| Auru tootlikkus      | $D_t$    | t/h             | 16                         |   | 26                   |   |
| Auru rõhk            | $P_t$    | bar             | 40                         |   | 44                   |   |
| Auru temp            | $t_t$    | °C              | 440                        |   | 420                  |   |
| Katla brutokasutegur | $\eta_b$ | %               | 90                         |   | 85                   |   |
| Turbiin nr           |          |                 | 1                          |   | 2                    |   |
| Turbiini valmistaja  |          |                 | Nanjing Turbine & Electric |   | KTZ                  |   |
| Turbiini tüüp        |          |                 | B6-3.4/0,36                |   | P6-35/5M             |   |
| Nimivõimsus          | $Q_e$    | MW <sub>e</sub> | 6                          |   | 6                    |   |

Eestis on **E-25/40-440 GM** ja **TS-35** tüüpi katlaid kasutav soojuselektrijaam keskrõhu elektrienergia ja soojuse koostootmise elektrijaam. Soojuselektrijaamade elektrienergia tootmise maht ja efektiivsus sõltub soojuse tootmise mahust. Seega suvekuudel, kui soojuse tarbimine ja sellega seotud soojuse tootmine väheneb, langeb elektrienergia tootmise maht ja efektiivsus. Elektrienergia tootmisega seotud kulud suurenevad ja ületavad elektrienergia müügiga saadava tulu. Seega elektrienergia tootmine muutub majanduslikult mitte otstarbekaks.

**Tabel 4.2. E-25/40-440 GM ja TS-35 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. aasta elektri- ja soojusenergia toodangud**

| Nr | Näitaja                                                    | Tähis    | Ühik   | E-25/40-440 GM; TS-35 |
|----|------------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------------|
| 1. | Aastane elektrienergia toodang                             | E        | MWh    | 38 313 – 41 758       |
| 2. | Aastane elektrienergia toodang termofikatsioonitsüklis     | $E_{te}$ | MWh    | 21 714 – 23 457       |
| 3. | Elektrienergia väljastamine                                | $E_v$    | MWh    | 30 048 – 32 928       |
| 4. | Elektrienergia omatarve                                    | $E_{ot}$ | MWh    | 6 611 – 6 586         |
| 5. | Soojuse väljastamine                                       | $Q_v$    | MWh    | 285 299               |
| 6. | Soojuse omatarve                                           | $Q_{ot}$ | MWh    | 25 152 – 26 845       |
| 7. | Tingkütuse erikulu väljastatud / toodetud elektrienergiale | $b_e$    | g/kWh  | 185,0 – 241,3         |
| 8. | Tingkütuse erikulu väljastatud soojusele                   | $b_s$    | kg/MWh | 174,6 – 216,7         |





**Tabel 4.3. E-25/40-440 GM ja TS-35 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. aasta töökindluse näitajad**

| Nr  | Näitaja                               | Tähis              | Ühik | 2011.–2015. aasta |
|-----|---------------------------------------|--------------------|------|-------------------|
| 1.  | Katelde töö aeg aastas                | $t_{\text{töö}}^k$ | h    | 26 448 – 28 698   |
| 2.  | Katelde reservaeg aastas              | $t_{\text{res}}^k$ | h    | n/a               |
| 3.  | Katelde remondi aeg aastas            | $t_{\text{rem}}^k$ | h    | 6 342 – 8 592     |
|     | sh plaaniväliselt                     | $t_{\text{pv}}^k$  | h    | n/a               |
| 4.  | Katelde seiskamiste arv aastas        | $Z^k$              | n    | 29 – 62           |
|     | sh plaaniväliselt                     | $Z_{\text{pv}}^k$  | n    | 12 – 27           |
| 5.  | Katelde konservatsiooni aeg aastas    | $t_{\text{kon}}^k$ | h    | 0                 |
| 6.  | Turbiinide töö aeg aastas             | $t_{\text{töö}}^t$ | h    | 8 142 – 8 760     |
| 7.  | Turbiinide reservaeg aastas           | $t_{\text{res}}^t$ | h    | 0                 |
| 8.  | Turbiinide remondi aeg aastas         | $t_{\text{rem}}^t$ | h    | 0 – 618 (279)     |
|     | sh plaaniväliselt                     | $t_{\text{pv}}^t$  | h    | 0                 |
| 9.  | Turbiinide seiskamiste arv aastas     | $Z^t$              | n    | 0 – 2             |
|     | sh plaaniväliselt                     | $Z_{\text{pv}}^t$  | n    | 0                 |
| 10. | Turbiinide konservatsiooni aeg aastas | $t_{\text{kon}}^t$ | h    | 0                 |

#### E-25/40-440 GM ja TS-35 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama õhkuheidet

Eestis on E-25/40-440 GM ja TS-35 tüüpi katlaid kasutavas soojuselektrijaamas õhkuheidete vähendamiseks kasutusele võetud dePx multitsüklonid, mis on ühendatud kahe TS-35 tüüpi katlaga. Kõik neljas katlas tekkivad suitsugaasid suunatakse ühtsesse 90,5 m kõrgusesse korstnasse (suitsugaaside temperatuur ca 160–170°C, kiirus 3,20–3,82 m/s).

E-25/40-440 GM ja TS-35 tüüpi katlaid kasutatavast soojuselektrijaamast perioodil 2014–2015 väljutatud õhkuheidet ja nende keskmised kontsentratsioonid on esitatud alljärgnevas tabelis. Soojuselektrijaamas pidevseiret ei toimu ning välisõhu saasteainete kontsentratsiooni mõõdetakse kord kvartalis. Tabelis 4.4 on esitatud välisõhu saasteainete kontsentratsioonid eraldi gaasikatelde E-25/40-440 GM ja nii gaas- kui tahkekütust kasutavate katelde TS-35 kohta. Elektrijaamas ei toimu tahkete osakeste (PM<sub>10</sub>, PM<sub>2,5</sub>), HCl ja CO<sub>2</sub> otsemõõtmisi, vastavad saasteainete kontsentratsioonid elektrijaama korstnast väljuvas heitgaasis leitakse arvutuslikul teel.

**Tabel 4.4. E-25/40-440 GM ja TS-35 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama 2014.–2015. aasta õhkuheidet**

| Nimetus           | Tähis           | Ühik               | E-25/40-440 GM |         | TS-35                |         |
|-------------------|-----------------|--------------------|----------------|---------|----------------------|---------|
| Katla nr          |                 |                    | 1              | 2       | 4                    | 5       |
| Kütus             |                 |                    | Uttegaas       |         | Põlevkivi + uttegaas |         |
| Vääveldioksiid    | SO <sub>2</sub> | mg/Nm <sup>3</sup> | 4 373,9        | 4 304,6 | 2 180,4              | 2 424,9 |
| Lämmastikoksiidid | NO <sub>x</sub> | mg/Nm <sup>3</sup> | 15,4           | 17,2    | 35,1                 | 30,4    |
| Süsinikoksiid     | CO              | mg/Nm <sup>3</sup> | 61,7           | 158,1   | 206,4                | 133,9   |





| Nimetus         | Tähis             | Ühik               | E-25/40-440 GM |   | TS-35 |       |
|-----------------|-------------------|--------------------|----------------|---|-------|-------|
| Vesinikkloriid  | HCl               | mg/Nm <sup>3</sup> | -              | - | -     | -     |
| Süsinikdioksiid | CO <sub>2</sub>   | g/Nm <sup>3</sup>  | -              | - | -     | -     |
| Tahked osakesed | PM <sub>sum</sub> | mg/Nm <sup>3</sup> | -              | - | -     | -     |
| Tahked osakesed | PM <sub>10</sub>  | mg/Nm <sup>3</sup> | -              | - | 741,2 | 691,6 |
|                 |                   |                    |                |   |       |       |

### E-25/40-440 GM ja TS-35 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama heitveed

**E-25/40-440 GM** ja **TS-35** tüüpi katlaid kasutavas soojuselektrijaamas tekkiv reovesi suunatakse kohalikku reovee puhastusjaama. Kätises on kasutusel liiva- ja õlipüüdurid. Soojuselektrijaama heit- ja reovee kogused on esitatud järgnevas tabelis. Kuna soojuselektrijaama heitveed suunatakse ühtsesse kontserni heitvee süsteemi, siis teiste kätiste (põlevkiviõli tööstuse) mõju pole võimalik eristada ning vastavad näitajad on toodud Eesti põlevkiviõli tootmise PVT-kirjelduses [1].

**Tabel 4.5. E-25/40-440 GM ja TS-35 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama heit- ja reovee kogused 2011.–2015. aastal**

| Nr | Nimetus                                        | Tekkinud heit- ja reovee kogused m <sup>3</sup> /a | Sellest taas-kasutatud m <sup>3</sup> /a | Juhtitud ühis-kanalisatsiooni m <sup>3</sup> /a |
|----|------------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| 1. | Vee ettevalmistuse seadmed                     | 29 000*                                            | 29 000                                   | –                                               |
| 2. | Keemilise pesu reovesi                         | 700                                                | –                                        | 700                                             |
| 2. | Jahutusvee ringluse süsteemi läbipuhke reovesi | 78 000**                                           | 78 000                                   | –                                               |
| 4. | Reovesi olmest                                 | 2 539 – 6 986                                      | –                                        | 2 539 – 6 986                                   |

\* mõõtesüsteem alates 2015. a keskepaigast. Erinevad veed suunatakse jahutusvee ringlussüsteemi.

\*\* mõõtesüsteem alates 2015. a, varasem statistika puudub.

### TS-35 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama jäätmed

**TS-35** tüüpi katlaid kasutavas soojuselektrijaamas kogutakse kolde- ja lendtuhk kokku ning suunatakse tuhakonveieriga vastavasse punkrisse. Sealt edasi transporditakse niisutatud tuhka kalluriga nõuetele vastavasse prügilasse.

Soojuselektrijaama poolt ajavahemikul 2011–2015 tekitatud jäätmed on esitatud tabelis 4.6 ja tuha keemiline koostis tabelis 4.7.

**Tabel 4.6. TS-35 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama tuha kogused taandatud kütuse tonnile**

| Nr | Kütus     | Tähis           | Ühik                                   | 2011.–2015. aasta |
|----|-----------|-----------------|----------------------------------------|-------------------|
| 1. | Põlevkivi | A <sub>pk</sub> | t <sub>tuhk</sub> /t <sub>kütus</sub>  | 0,414             |
|    |           |                 | t <sub>tuhk</sub> /tt <sub>kütus</sub> | 1,111 – 1,268     |

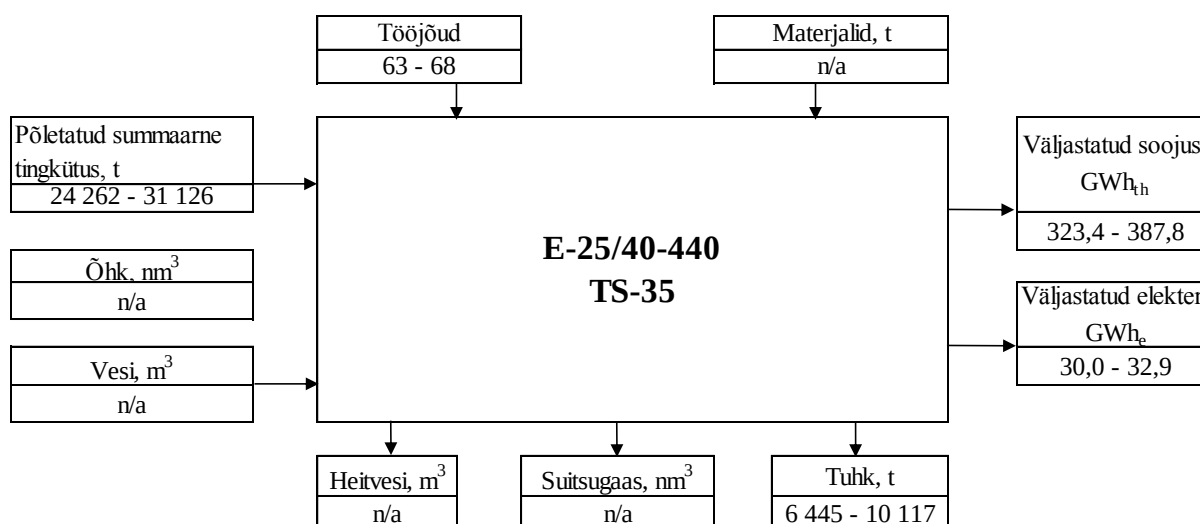


**Tabel 4.7. TS-35 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama tahkekütuste põletamisel moodustuva tuha keemiline koostis %**

|                                 | Põlevkivi                                                                                                                          |
|---------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CaO                             | 23,57* / 31,48                                                                                                                     |
| CaO <sub>v</sub>                | –                                                                                                                                  |
| MgO                             | 8,64* / 15,59                                                                                                                      |
| Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 4,01* / 2,87                                                                                                                       |
| K <sub>2</sub> O                | 3,36* / 2,61                                                                                                                       |
| Na <sub>2</sub> O               | 0,06* / 0,13                                                                                                                       |
| SiO <sub>2</sub>                | 38,25* / 20,22                                                                                                                     |
| Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>  | 8,17* / 5,41                                                                                                                       |
| Cl                              | 0,24* / 0,44                                                                                                                       |
| (CO <sub>2</sub> ) <sub>k</sub> | 4,7 ** ; 9,9** ; 11,8 ***                                                                                                          |
| Märkused                        | * - põlevkivi tuha peeneteraline proov / jämedateraline proov;<br>** - tuha proov oktoober 2015;<br>*** - tuha proov veebruar 2016 |

#### E-25/40-440 GM ja TS-35 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama materjali- ja energiabilanss

Kahte E-25/40-440 GM ning kahte TS-35 tüüpi katelt kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. aastate materjali- ning energiabilanss on esitatud joonisel 4.1. Kateldes kasutatakse kütusena põlevkivi, generaatorgaasi, segugaasi ning sissekütmisel põlevkiviõli. Tingkütuse erikulu väljastatud elektrienergiele on 185–241 g/kWh ning väljastatud soojusenergiele on 174,6–216,7 kg/MWh. Kätises on kasutusel kuiv tuhaäärastus.



**Joonis 4.1. E25/40-440 ja TS-35 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama materjali- ja energiabilanss**



#### 4.1.1.2. Soojusvõimsusega 50–300 MW<sub>th</sub> elektrijaamad

Eestis on kasutusel viis **BKZ-75-39 Fsl** tüüpi katelt, millest üks on rekonstrueeritud generaatorgaasi põletamiseks. Põlevkivil töötavate **BKZ-75-39 Fsl** tüüpi katelde aurutootlikus on maksimaalselt 65 t/h (30 bar, 405°C). Katelde brutokasutegur on 84%. Generaatorgaasil töötava BKZ-75-39 Fsl tüüpi katla aurutootlikus on maksimaalselt 65 t/h (30 bar, 410°C) ja katla brutokasutegur 90%. Kõik Eestis kasutatavad **BKZ-75-39 Fsl** tüüpi katlad on ühendatud eri tüüpi turbiinidega (vt tabel 4.8).

#### **BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama tootmisparameetrid**

**Tabel 4.8. BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava elektrijaama iseloomulikud tootmisnäitajad**

| Katla tüüp           |                 |                 | BKZ-75-39 Fsl         |                         |                 |                |                      |
|----------------------|-----------------|-----------------|-----------------------|-------------------------|-----------------|----------------|----------------------|
| Valmistaja           |                 |                 | Barnauli katlatehas   |                         |                 |                | Belgoradi katlatehas |
| Katla nr             |                 |                 | 5                     | 6                       | 7               | 8              | 9                    |
| Auru tootlikkus      | D <sub>t</sub>  | t/h             | 65                    |                         | 65              |                | 65                   |
| Auru rõhk            | P <sub>t</sub>  | bar             | 30                    |                         | 30              |                | 30                   |
| Auru temp            | t° <sub>t</sub> | °C              | 405                   |                         | 405             |                | 410                  |
| Katla brutokasutegur | η <sub>b</sub>  | %               | 84                    |                         | 84              |                | 90                   |
| Turbiin nr           |                 |                 | 1                     | 2                       | 3               | 4              | 5                    |
| Turbiini valmistaja  |                 |                 | Kaluga turbiini-tehas | Leningrad, Kirovi tehas | Lang (Budapest) | Brjanski tehas | Kaluga turbiinitehas |
| Turbiini tüüp        |                 |                 | K-27-2,9              | PR-12-29/7/2,2          | R-8-29/0,7      | PR-12-9/11/1,5 | PR-27/29-2,9-/0,6    |
| Nimivõimsus          | Q <sub>e</sub>  | MW <sub>e</sub> | 27                    | 12                      | 12              | 9              | 27                   |

Ajavahemikul 2011–2015 oli **BKZ-75-39 Fsl** tüüpi katlaid kasutava elektrijaama elektri-toodang vahemikus 165 952–282 787 MWh ja soojuse väljastus 221 839–374 418 MWh. Tingkütuse erikulu väljastatud elektrienergiale oli vahemikus 432,0–494,0 g/kWh ja väljastatud soojusenergiale 145,0–150,0 kg/MWh.

**Tabel 4.9. BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. aasta elektri- ja soojusenergia toodangud**

| Nr | Näitaja                                                    | Tähis           | Ühik  | BKZ-75-39 Fsl     |
|----|------------------------------------------------------------|-----------------|-------|-------------------|
| 1. | Aastane elektrienergia toodang                             | E               | MWh   | 165 952 – 282 787 |
| 2. | Aastane elektrienergia toodang termofikatsioonitsükklis    | E <sub>te</sub> | MWh   | 50 150 – 57 119   |
| 3. | Elektrienergia väljastamine                                | E <sub>v</sub>  | MWh   | 135 209 – 240 834 |
| 4. | Elektrienergia omatarve                                    | E <sub>ot</sub> | MWh   | 28 527 – 41 953   |
| 5. | Soojuse väljastamine                                       | Q <sub>v</sub>  | MWh   | 221 839 – 374 418 |
| 6. | Soojuse omatarve                                           | Q <sub>ot</sub> | MWh   | 3 808 – 11 309    |
| 7. | Tingkütuse erikulu väljastatud / toodetud elektrienergiale | b <sub>e</sub>  | g/kWh | 432,0 – 494,0     |



| Nr | Näitaja                                  | Tähis          | Ühik   | BKZ-75-39 Fsl |
|----|------------------------------------------|----------------|--------|---------------|
| 8. | Tingkütuse erikulu väljastatud soojusele | b <sub>s</sub> | kg/MWh | 145,0 – 150,0 |

**Tabel 4.10. BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. aasta töökindluse näitajad**

| Nr   | Näitaja                               | Tähis              | Ühik | 2011.–2015. aasta |
|------|---------------------------------------|--------------------|------|-------------------|
| 1.   | Katelde töö aeg aastas                | $t_{\text{töö}}^k$ | h    | 18 361 – 22 356   |
| 2.   | Katelde reservaeg aastas              | $t_{\text{res}}^k$ | h    | 7 586 – 16 779    |
| 3.   | Katelde remondi aeg aastas            | $t_{\text{rem}}^k$ | h    | 5 375 – 14 633    |
|      | sh plaaniväliselt                     | $t_{\text{pv}}^k$  | h    | 5 375 – 14 005    |
| 4.   | Katelde seiskamiste arv aastas        | $Z^k$              | n    | 23 – 42           |
|      | sh plaaniväliselt                     | $Z_{\text{pv}}^k$  | n    | 20 – 36           |
| 4.1. | Katla nr 5 seiskamiste arv aastas     | $Z^k$              | n    | 3 – 12            |
| 4.2. | Katla nr 6 seiskamiste arv aastas     | $Z^k$              | n    | 7 – 11            |
| 4.3. | Katla nr 7 seiskamiste arv aastas     | $Z^k$              | n    | 7 – 11            |
| 4.4. | Katla nr 8 seiskamiste arv aastas     | $Z^k$              | n    | 4 – 11            |
| 4.5. | Katla nr 9 seiskamiste arv aastas     | $Z^k$              | n    | 0 – 6             |
| 5.   | Katelde konservatsiooni aeg aastas    | $t_{\text{kon}}^k$ | h    | 7 586 – 16 779    |
| 6.   | Turbiinide töö aeg aastas             | $t_{\text{töö}}^t$ | h    | 12 367 – 19 583   |
| 7.   | Turbiinide reservaeg aastas           | $t_{\text{res}}^t$ | h    | 9 926 – 19 347    |
| 8.   | Turbiinide remondi aeg aastas         | $t_{\text{rem}}^t$ | h    | 2 726 – 7 696     |
|      | sh plaaniväliselt                     | $t_{\text{pv}}^t$  | h    | 2 546 – 6 269     |
| 9.   | Turbiinide seiskamiste arv aastas     | $Z^t$              | n    | 20 – 59           |
|      | sh plaaniväliselt                     | $Z_{\text{pv}}^t$  | n    | 18 – 44           |
| 9.1. | Turbiini nr 1 seiskamiste arv aastas  | $Z^t$              | n    | 0 – 10            |
| 9.2. | Turbiini nr 2 seiskamiste arv aastas  | $Z^t$              | n    | 1 – 13            |
| 9.3. | Turbiini nr 3 seiskamiste arv aastas  | $Z^t$              | n    | 4 – 14            |
| 9.4. | Turbiini nr 4 seiskamiste arv aastas  | $Z^t$              | n    | 0 – 4             |
| 9.5. | Turbiini nr 5 seiskamiste arv aastas  | $Z^t$              | n    | 5 – 22            |
| 10.  | Turbiinide konservatsiooni aeg aastas | $t_{\text{kon}}^t$ | h    | 9 926 – 19 347    |

#### **BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama õhkuheidet**

Eestis kasutusel olevatel **BKZ-75-39 Fsl** tüüpi kateldel on õhkuheidete vähendamiseks paigaldatud katla järele elektrifiltrid, NID puhastusseadmed ja kottfiltrid. Suitsugaasid kõikidest kateldest kogutakse suitsugaaside kollektoris ning edastatakse seejärel NID süsteemi puhastamisele. Iga NID seadme järel on kottfilter ning heitgaasid väljutatakse eraldi korstna



kaudu (kummagi korstna kõrgus 70 m, ava läbimõõt 1,9 m, heitgaaside temperatuur 76°C, heitgaaside väljumiskiirus 18,5 m/s).

Alates 2016. a keskpaigast hakatakse õhkuheidete vähendamiseks kasutama SDA puhastussüsteemi lisaks olemasolevatele NID-1 ja NID-2 süsteemidele ning kõikide katelde heitgaasid juhitakse välisõhku läbi ühe korstna, mille kõrgus on 150 m, ava läbimõõt 6 m ning väljuvate gaaside temperatuur ja kiirus on vastavalt 149°C ja 2,28 m/s.

Soojuselektrijaamas on kasutusel järgnevad primaarsed meetodid õhusaaste vähendamiseks:

- **Võimalus põletada erinevat liiki kütuseid.** Käesoleval ajal on BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutavas soojuselektrijaamas kasutusel viis katelt, millest kolm on kohaldatud gaasilise kütuse põletamiseks ning ülejäänud kahes on võimalik põletada nii tahke- kui ka gaaskütust. Katelde sissekütmisel kasutatakse kütusena maagaasi, kuna see on puhtam kütus, ei sisalda väävliühendeid ning selle põletamine aitab kaasa SO<sub>x</sub> heite vähendamisele. Maagaasi kasutatakse vajadusel ka alternatiivse kütusena, näiteks olukorras kui poolkoksi- ehk uttegaasi peale ei anta. Lisaks kasutatakse käesoleval ajal varasemaga võrreldes väiksemas koguses tahkekütust (põlevkivi) millega kaasneb tahkete osakeste õhusaaste vähenemine.
- **Katelde töö optimeerimine.** Põlemisprotsessi hoitakse kateldes võimalikult stabiilsena ning vajadusel reguleeritakse liigõhutegurit, et vähendada NO<sub>x</sub> ühendite teket. Liigõhuteguri reguleerimine omakorda mõjutab CO ühendite teket. Lisaks on eelnevalt tehtud katseid piirata väävliheidet lisades kateldesse lupja väävli sidumiseks. Käesoleval ajal seda ei teha, kuna on olemas väävlipuhastusseadmed suitsugaaside puhastamiseks.
- **Lendtuha püüdmine ja ärastamine tuhaväljale.** Varasemalt, kui soojuselektrijaamas oli kasutusel suurem kogus tahkekütust, toimus lendtuha püüdmine osaliselt juba kateldes. Kõigepealt kasutati põlemiskambris tekkinud šlakkide eemaldamiseks meetodit, kus gravitatsioonijõul langesid šlakid põhja, kus oli vesi, ning edasi juhiti tekkinud produkt NID seadme lõpp-produkti mahutisse. Lisaks läbisid suitsugaasid ka multitsükloni, kus püüti kinni ligikaudu 60% peenosakestest, ning lendtuha püüdmiseks elektrifiltrid. Käesoleval ajal kasutatakse tahkete osakeste ärastamiseks kottfiltreid. Kuna raskmetallid heidetakse õhku põhiliselt tahketele osakestele kleepunult, siis aitavad nimetatud meetmed piirata ka raskmetallide heiteid.

**BKZ-75-39 Fsl** tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama poolt 2015. a tekitatud õhkuheidet on esitatud alljärgnevas tabelis. Tabelis on esitatud kuu keskmine saasteainete kontsentratsioon eraldi kõikide katelde kohta. HCl kontsentratsioon määrati ühekordsete mõõtmistega. CO<sub>2</sub> osas kontsentratsioone jälgitud ei ole, kuna CO<sub>2</sub> heitkogused määratakse arvutuslikult.

**Tabel 4.11. BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama 2015. aasta õhkuheidet (mg/Nm<sup>3</sup>)**

| Nimetus                            | BKZ-75-39 Fsl                          |           |                                                                                                 |           |                        |
|------------------------------------|----------------------------------------|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------------------|
|                                    | 5                                      | 6         | 7                                                                                               | 8         | 9                      |
|                                    | generaatorgaas, poolkoksigaas, maagaas |           | generaatorgaas, poolkoksigaas, maagaas, põlevkivi, peendisperseeritud tuharikas kütus, aheraine |           | Poolkoksigaas, maagaas |
| SO <sub>2</sub> (vanale korstnale) | 6660–7350                              | 6800–7200 | 6530–7800                                                                                       | 6680–7200 | 6800–7200              |



| Nimetus                                   | BKZ-75-39 Fsl |          |          |          |          |
|-------------------------------------------|---------------|----------|----------|----------|----------|
|                                           | 5             | 6        | 7        | 8        | 9        |
| SO <sub>2</sub> (NID-1 / NID-2 korstnale) | 940–1400      | 940–1400 | 945–1300 | 965–1200 | 945–1300 |
| CO                                        | 180–430       | 170–430  | 385–480  | 385–450  | 360–450  |
| NO <sub>x</sub>                           | 370–460       | 370–490  | 330–450  | 330–450  | 330–450  |
| HCl (vanale korstnale)                    | –             | –        | 36       | 36       | –        |
| HCl (NID-1 / NID-2 korstnale)             | 2,5–5         | 2,5–5    | 2,5–5    | 2,5–5    | 2,5–5    |
| tahked osakesed (vanale korstnale)        | –             | –        | 40–50    | 40–50    | –        |
| tahked osakesed (NID-1 / NID-2 korstnale) | 5,0–50        | 5,0–50   | 33–60    | 33–60    | 33–60    |

### BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama heitveed

**BKZ-75-39 Fsl** tüüpi katlaid kasutavas soojuselektrijaamas tekivad reoveed suunatakse osaliselt tuhaärastusse ja osaliselt biopuhastisse. Tuhka ladestatakse kuivmeetodil ning vett kasutatakse tuha niisutamiseks, saasteainete vetteheidet ei teki, nõrgveed kogutakse kokku ning enamuse sellest on sadevesi. Sade- ja heitvett, mis ei vaja eelpuhastamist, juhitakse territooriumilt ära ametliku heitveelasu kaudu looduslikku veekogusse.

Tehnoloogilise saastamata ning tinglikult puhta heitvee ja sadevee heljumi kolme aasta keskmine sisaldus oli 13 mg/l. Kuna soojuselektrijaama heitveed suunatakse ühtsesse kontsorni heitvee süsteemi, siis teiste käitiste (põlevkiviõli tööstuse) mõju pole võimalik eristada. Kvalitatiivsed näitajad kogu kontsorni kohta on esitatud Eesti põlevkiviõli tootmise PVT-kirjelduses [1]. Tekkiva reovee kogused on toodud alljärgnevas tabelis.

**Tabel 4.12. BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama reo- ja heitvee 2011.–2015. a kogused**

| Nr  | Nimetus                                                                                        | Tekkinud heit- ja reovee kogused m <sup>3</sup> /a | Juhitud regionaalsesse puhastisse m <sup>3</sup> /a | Juhitud suublasse m <sup>3</sup> /a |
|-----|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1.  | Vee ettevalmistuse seadmed:                                                                    |                                                    |                                                     |                                     |
| 1.1 | selitite ja mehaaniliste filtrite reovesi                                                      | 60 923 – 155 691                                   | –                                                   | –                                   |
| 1.2 | mineraliseeritud reovesi                                                                       |                                                    |                                                     |                                     |
| 2.  | Jahutusvee ringlus-süsteemi läbipuhke heitvesi                                                 | 199 333 – 328 851                                  | –                                                   | –                                   |
| 3.  | Tehnoloogiline saastamata tinglikult puhas heitvesi ja sh sademevesi kokku. Jaotus tinglikult: | 136 446 – 345 334                                  | –                                                   | 136 446 – 345 334                   |
| 3.1 | elektrijaamast                                                                                 | 75 338 – 229 175                                   | –                                                   | 75 338 – 229 175                    |



| Nr  | Nimetus          | Tekkinud heit- ja reovee kogused m <sup>3</sup> /a | Juhitud regionaalsesse puhastisse m <sup>3</sup> /a | Juhitud suublasse m <sup>3</sup> /a |
|-----|------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 3.2 | keemiaosakonnast | 60 923 – 155 691                                   | –                                                   | 60 923 – 155 691                    |
| 4.  | Reovesi olmest   | 7 040 – 12 676                                     | 7 040 – 12 676                                      | –                                   |

### BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama jäätmed

**BKZ-75-39 Fsl** tüüpi katlaid kasutavas soojuselektrijaamas kogutakse tuhk vastavasse mahutisse ja sealt transporditakse niisutatud tuhk kalluritega vastavasse prügilasse.

Soojuselektrijaama poolt ajavahemikul 2011–2015 tekitatud jäätmed on esitatud tabelis 4.13 ja tuha keemiline koostis tabelis 4.14.

**Tabel 4.13. BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama tuha kogused taandatuna tingkütuse tonnile**

| Nr | Kütus                         | Tähis        | Ühik                  | Ilma aheraineta (2012–2014) | Aherainega (2015) |
|----|-------------------------------|--------------|-----------------------|-----------------------------|-------------------|
| 1. | Põlevkivi                     | $A_{pk}$     | $t_{tuhk}/t_{kütus}$  | 0,504 – 0,521               | 0,527             |
|    |                               |              | $t_{tuhk}/tt_{kütus}$ | 1,63 – 1,87                 | 1,95              |
| 2. | Peendispersne tuharikas kütus | $A_{fk}$     | $t_{tuhk}/t_{kütus}$  | 0,37 – 0,40                 | 0,42              |
|    |                               |              | $t_{tuhk}/tt_{kütus}$ | 0,68 – 0,74                 | 0,75              |
| 3. | Põlevkivi aheraine            | $A_k$        | $t_{tuhk}/t_{kütus}$  | –                           | 0,64              |
|    |                               |              | $t_{tuhk}/tt_{kütus}$ | –                           | 5,43              |
| 4. | Kokku                         | $A_{\Sigma}$ | $t_{tuhk}/tt_{kütus}$ | 0,44 – 0,46                 | 0,48              |
|    |                               |              | $t_{tuhk}/tt_{kütus}$ | 1,02 – 1,13                 | 1,20              |





**Tabel 4.14. BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama tahkekütuste põletamisel moodustuva tuha keemiline koostis %**

|                                     | Põlevkivi |           | Peendispersne<br>tuharikas kütus | Aheraine            |
|-------------------------------------|-----------|-----------|----------------------------------|---------------------|
|                                     | lendtuhk  | koldetuhk |                                  |                     |
| <b>CaO</b>                          | 39,41     | 40,94     | 16,8                             | Andmed<br>puuduvad. |
| <b>CaO<sub>v</sub></b>              | 18        | 21        | –                                |                     |
| <b>MgO</b>                          | 5,64      | 6,66      | 3,8                              |                     |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>  | 4,12      | 4,08      | 3,4                              |                     |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>               | 3,06      | 2,48      | 2,5                              |                     |
| <b>Na<sub>2</sub>O</b>              | 0,65      | 0,58      | 0,13                             |                     |
| <b>SiO<sub>2</sub></b>              | 30,38     | 24,88     | 61                               |                     |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>  | 7,76      | 6,11      | 7,6                              |                     |
| <b>Cl</b>                           | –         | –         | –                                |                     |
| <b>(CO<sub>2</sub>)<sub>k</sub></b> | –         | –         | –                                |                     |
| <b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub></b>   | 0,07      | 0,27      | 0,16                             |                     |
| <b>TiO<sub>2</sub></b>              | 0,46      | 0,33      | –                                |                     |
| <b>SO<sub>3</sub></b>               | 3,78      | 1,45      | –                                |                     |
| <b>MnO</b>                          |           |           | 0,04                             |                     |

**Tabel 4.15. BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama tahkekütuse põletamisel raskmetallide sisaldus tuhas (mg/kg)**

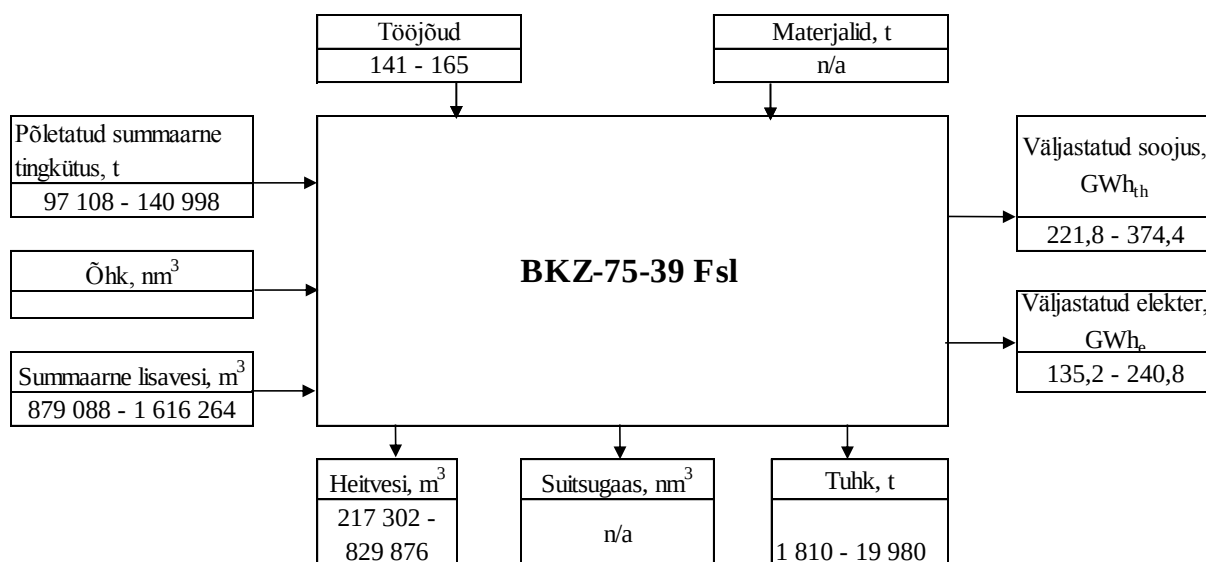
| Nr  |           | Tähis | Põlevkivi | Peendispersne<br>tuharikas kütus | Aheraine           |
|-----|-----------|-------|-----------|----------------------------------|--------------------|
| 1.  | vask      | Cu    | 33        | 23                               | Andmed<br>puuduvad |
| 2.  | tsink     | Zn    | 183,6     | 64                               |                    |
| 3.  | kaadium   | Cd    | 2         | 0,54                             |                    |
| 4.  | elavhõbe  | Hg    | 0,1       | <0,02                            |                    |
| 5.  | tina      | Sn    | -         | -                                |                    |
| 6.  | plii      | Pb    | 163,5     | 470                              |                    |
| 7.  | antimon   | Sb    | 1,63      | <5                               |                    |
| 8.  | vismet    | Bi    | -         | -                                |                    |
| 9.  | koobalt   | Co    | 6,4       | 7,7                              |                    |
| 10. | nikkel    | Ni    | 53        | 41                               |                    |
| 11. | toorium   | Th    | -         | -                                |                    |
| 12. | uraan     | U     | -         | -                                |                    |
| 13. | arseen    | As    | 45,13     | 29                               |                    |
| 14. | kroom     | Cr    | 85,8      | 49                               |                    |
| 15. | vanaadium | V     | 39        | 61                               |                    |
| 16. | mangaan   | Mn    | 300       | 280                              |                    |
| 17. | tallium   | Tl    | -         | <5                               |                    |
| 18. | seleen    | Se    | 0,6       | -                                |                    |



| Nr  |           | Tähis | Põlevkivi | Peendispersne<br>tuharikas kütus | Aheraine |
|-----|-----------|-------|-----------|----------------------------------|----------|
| 19. | titaan    | Ti    | 2900      | -                                |          |
| 20. | molübdeen | Mo    | 12,3      | -                                |          |
| 21. | baarium   | Ba    | 256       | -                                |          |

### BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama materjali- ja energiabilanss

Viite BKZ-75-39 Fsl tüüpi katelt kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. aastate materjali- ning energiabilanss on esitatud joonisel 4.2. Kateldes on kütusena kasutusel põlevkivi, generaatorgaas, uttegaas, peendispersne tuharikas kütus, põlevkivi aheraine ning maagaas. Tingkütuse erikulu väljastatud elektrienergiale on 432–494 g/kWh ning väljastatud soojus-energiale on 145–150 kg/MWh. Soojuselektrijaamas on kasutusel kuiv tuhaärastus.



**Joonis 4.2. BKZ-75-39 Fsl tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama materjali- ja energiabilanss**

#### 4.1.1.3. Soojusvõimsusega üle 300 MW<sub>th</sub> elektrijaamad

##### TP-67 tüüpi katlaid kasutav elektrijaam

Eestis on kasutusel üks duubelplokk, mis koosneb kahest **TP-67** tüüpi katlast. Põlevkivil töötava **TP-67** tüüpi katla aurutootlikus on maksimaalselt 2 x 280 t/h (132 bar, 515 °C). Katla brutokasutegur on 70%. Katel on ühendatud 200 MW<sub>e</sub> (Leningradi metallitehas) turbiiniga. Eestis on TP-67 tüüpi katlad elektrijaamas kasutuses koos kahe CFB (2) tüüpi katlaga, mistõttu osa näitajaid (töökindlus, heitvee ja tuha kogus ja kvaliteet ning materjali- ja energiabilanss) ei ole katla tüübi põhiselt eraldatavad.

**Tabel 4.16. TP-67 tüüpi katlaid kasutava energiaploki iseloomulikud tootmisnäitajad**

|            |                      |
|------------|----------------------|
| Katla tüüp | <b>TP-67</b>         |
| Valmistaja | Taganrogi katlatehas |
| Katla nr   | 12                   |



|                      |             |        |                         |
|----------------------|-------------|--------|-------------------------|
| Katla tüüp           |             |        | <b>TP-67</b>            |
| Auru tootlikkus      | $D_t$       | t/h    | 2x 280                  |
| Auru rõhk            | $P_t$       | bar    | 132                     |
| Auru temp            | $t^\circ_t$ | °C     | 515                     |
| Katla brutokasutegur | $\eta_b$    | %      | 70                      |
| Turbiin nr           |             |        | 12                      |
| Turbiini valmistaja  |             |        | Leningradi metallitehas |
| Turbiini tüüp        |             |        | K-200-130               |
| Nimivõimsus          | $Q_e$       | $MW_e$ | 200                     |

2011.–2015. aastal oli TP-67 tüüpi katelde elektritoodang vahemikus 132 412–757 469 MWh. Tingkütuse erikulu väljastatud elektrienergiele oli vahemikus 555,7–1 818,1 g/kWh.

**Tabel 4.17. TP-67 tüüpi kateldega energiaploki 2011.–2015. aasta elektri- ja soojusenergia toodangud**

| Nr | Näitaja                                               | Tähis    | Ühik   | TP-67              |
|----|-------------------------------------------------------|----------|--------|--------------------|
| 1. | Aastane elektrienergia toodang                        | E        | MWh    | 132 412 – 757 469  |
| 2. | Aastane elektrienergia toodang termofikatsioonitsükli | $E_{te}$ | MWh    | 164 620 – 204 417* |
| 3. | Elektrienergia väljastamine                           | $E_v$    | MWh    | 112 309 – 486 446  |
| 4. | Elektrienergia omatarve                               | $E_{ot}$ | MWh    | 20 103 – 282 395   |
| 5. | Soojuse väljastamine                                  | $Q_v$    | MWh    | 408 361 – 490 887* |
| 6. | Soojuse omatarve                                      | $Q_{ot}$ | MWh    | **                 |
| 7. | Tingkütuse erikulu väljastatud elektrienergiele       | $b_e$    | g/kWh  | 555,7 – 1 818,1    |
| 8. | Tingkütuse erikulu väljastatud soojusele              | $b_s$    | kg/MWh | **                 |

\* TP-67+CFB (2), eraldi andmed puuduvad.

\*\* Andmed puuduvad.

**Tabel 4.18. TP-67 ja CFB (2) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. aasta töökindluse näitajad**

| Nr | Näitaja                            | Tähis       | Ühik | 2011.–2015. aasta |
|----|------------------------------------|-------------|------|-------------------|
| 1. | Katelde töö aeg aastas             | $t_{töö}^k$ | h    | 15 920 – 47 240   |
| 2. | Katelde reservaeg aastas           | $t_{res}^k$ | h    | 11 210 – 42 131   |
| 3. | Katelde remondi aeg aastas         | $t_{rem}^k$ | h    | 4 009 – 11 630    |
|    | sh plaaniväliselt                  | $t_{pv}^k$  | h    | 1 404 – 5 906     |
| 4. | Katelde seiskamiste arv aastas     | $Z^k$       | n    | 40 – 171          |
|    | sh plaaniväliselt                  | $Z_{pv}^k$  | n    | 15 – 76           |
| 5. | Katelde konservatsiooni aeg aastas | $t_{kon}^k$ | h    | 0                 |
| 6. | Turbiinide töö aeg aastas          | $t_{töö}^t$ | h    | 8 874 – 27 966    |
| 7. | Turbiinide reservaeg aastas        | $t_{res}^t$ | h    | 3 105 – 21 787    |



| Nr  | Näitaja                               | Tähis       | Ühik | 2011.–2015. aasta |
|-----|---------------------------------------|-------------|------|-------------------|
| 8.  | Turbiinide remondi aeg aastas         | $t_{rem}^t$ | h    | 1 049 – 3 969     |
|     | sh plaaniväliselt                     | $t_{pv}^t$  | h    | 651 – 2 153       |
| 9.  | Turbiinide seiskamiste arv aastas     | $Z^t$       | n    | 10 – 54           |
|     | sh plaaniväliselt                     | $Z_{pv}^t$  | n    | 7 – 45            |
| 10. | Turbiinide konservatsiooni aeg aastas | $t_{kon}^t$ | h    | 0                 |

### TP-67 tüüpi katelde õhkuheidet

Eestis täna kasutusel olevatel **TP-67** tüüpi kateldel on õhkuheidete vähendamiseks paigaldatud katla järele elektrifiltrid. Heitgaasid suunatakse 180 m kõrgusesse ja 7 m ava läbimõõduga korstnasse (heitgaaside temperatuur 170°C, kiirus 7,1 m/s).

**TP-67** tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama poolt ajavahemikul 2011–2015 tekitatud õhkuheidet on esitatud tabelis 4.19.

**Tabel 4.19. TP-67 tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. aasta õhkuheidet**

| Näitaja           | Tähis             | Ühik               | Aasta ühe tunni keskmistatud mõõtetulemused |
|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------------------------------|
|                   |                   |                    | TP-67 katlad                                |
| Vääveldioksiid    | SO <sub>2</sub>   | mg/Nm <sup>3</sup> | 1 638 – 3 445                               |
| Lämmastikoksiidid | NO <sub>x</sub>   | mg/Nm <sup>3</sup> | 283 – 373                                   |
| Süsinikoksiid     | CO                | mg/Nm <sup>3</sup> | -                                           |
| Vesinikkloriid    | HCl               | mg/Nm <sup>3</sup> | 36                                          |
| Süsinikdioksiid   | CO <sub>2</sub>   | g/Nm <sup>3</sup>  | -                                           |
| Tahked osakesed   | PM <sub>sum</sub> | mg/Nm <sup>3</sup> | 22 – 104                                    |
| Tahked osakesed   | PM <sub>10</sub>  | %                  | 85%*                                        |
| Tahked osakesed   | PM <sub>2,5</sub> | %                  | 38%*                                        |

\* osakaal summaarsest tahkete osakeste heitest

### TP-67 ja CFB (2) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama heitveed

**TP-67** tüüpi katlaid kasutavas soojuselektrijaamas tekib erineva koostise ja kvaliteediga reovett, mis kogutakse ja töödeldakse vastavates reoveepuhastites. Kätises on reovee puhastus-seadmed. Tekkivad heitvee kogused ja iseloomustavad näitajad on toodud alljärgnevas tabelis.

**Tabel 4.20. TP-67 ja CFB (2) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama reo- ja heitvee 2011.–2015. a kogused**

| Nr | Näitaja                                 | Tekkinud heit- ja reovee kogused m <sup>3</sup> /a | Juhitud regionaalsesse puhastisse m <sup>3</sup> /a | Juhitud suublasse m <sup>3</sup> /a |
|----|-----------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. | Tuha kõrvaldamise ja tuhavälja reovesi* | 496 667 – 3 180 936                                | –                                                   | 496 667 – 3 180 936                 |



| Nr | Näitaja                                               | Tekkinud heit- ja reovee kogused m <sup>3</sup> /a | Juhitud regionaalsesse puhastisse m <sup>3</sup> /a | Juhitud suublasse m <sup>3</sup> /a |
|----|-------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 2. | Tehnoloogiline saastamata tinglikult puhas heitvesi** | -                                                  | -                                                   | 237 947 000 – 583 172 000           |
| 3. | Sadevesi / tööstusvihmavesi                           | 3 151 576 – 4 245 244                              | -                                                   | 3 151 576 – 4 245 244               |
| 4. | Reovesi olmest                                        | 113 371 – 154 794                                  | -                                                   | 113 371 – 154 794                   |

\* Neutraliseerimissõlmed – leeliseline vesi

\*\* jahutusvesi

**Tabel 4.21. TP-67 ja CFB (2) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama heitvee kvalitatiivsed näitajad**

|                                                             |           | mg/l (või pH ühik) |          |
|-------------------------------------------------------------|-----------|--------------------|----------|
| Nr                                                          | Nimetus   | 2013               | 2016     |
| Tuha ärastamise ja tuha reovesi peale neutraliseerimissõlme |           |                    |          |
| 1.                                                          | Arseen    | 0,056              | 0,0052   |
| 2.                                                          | Plii      | 0,033              | 0,0002   |
| 3.                                                          | Kroom     | 0,031              | 0,0027   |
| 4.                                                          | Kaadmium  | 0,015              | 0,000005 |
| 5.                                                          | Heljum    | 19,6               | 13       |
| 6.                                                          | pH        | 8,08               | 7,7      |
| 7.                                                          | KHT       | 46,8               | 44       |
| 8.                                                          | Sulfaadid | 1140               | 143      |

**Tabel 4.22. TP-67 ja CFB (2) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama heitvee kvalitatiivsed näitajad**

| Nr  | Nimetus                         | Näitaja 2015 mg/l (või pH ühik) | Näitaja 2015 Enne reovee-puhastit mg/l (või pH ühik) | Näitaja 2015 Peale reovee-puhastit mg/l (või pH ühik) |
|-----|---------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| 1.  | Sadevesi / tööstuslik vihmavesi |                                 |                                                      |                                                       |
| 1.1 | Heljum                          | 4,3 – 24,5                      | -                                                    | -                                                     |
| 1.2 | pH                              | 7,9 – 8,6                       | -                                                    | -                                                     |
| 2.  | Reovesi olmest                  |                                 |                                                      |                                                       |
| 2.1 | pH                              | -                               | 7,5 – 7,8                                            | 8,4 – 8,6                                             |
| 2.2 | KHT                             | -                               | 29 – 39                                              | -                                                     |
| 2.3 | Üldlämmastik                    | -                               | 4,6 – 5,4                                            | 1,5 – 4,3                                             |
| 2.4 | Heljum                          | -                               | 15 – 30                                              | 3 – 7,5                                               |
| 2.5 | Üldfosfor                       | -                               | 0,25 – 0,64                                          | 0,22 – 0,45                                           |



### TP-67 ja CFB (2) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama jäätmed

**TP-67 ja CFB (2) tüüpi katlaid kasutavas soojuselektrijaamas** on kasutusel tuha hüdroärastuse süsteem. Tuhatranspordivesi tsirkuleerib suletud süsteemis ja tuhaväljal selginenud tuha-transpordivesi suunatakse soojuselektrijaama tagasi.

Soojuselektrijaama poolt ajavahemikul 2011–2015 tekitatud jäätmed on esitatud tabelis 4.23 ja tuha keemiline koostis tabelis 4.24.

**Tabel 4.23. TP-67 ja CFB (2) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama tuha kogused taandatuduna kütuse tonnile**

| Nr |           | Tähis        | Ühik                  | 2011.–2015. aasta |
|----|-----------|--------------|-----------------------|-------------------|
| 1. | Põlevkivi | $A_{pk}$     | $t_{tuhk}/t_{kütus}$  | 0,437 – 0,454     |
|    |           |              | $t_{tuhk}/tt_{kütus}$ | 1,531 – 1,654     |
| 2. | Turvas    | $A_{tu}$     | $t_{tuhk}/t_{kütus}$  | 0,021 – 0,070     |
|    |           |              | $t_{tuhk}/tt_{kütus}$ | 0,167             |
| 3. | Hakkpuit  | $A_{hp}$     | $t_{tuhk}/t_{kütus}$  | 0,019 – 0,042     |
|    |           |              | $t_{tuhk}/tt_{kütus}$ | 0,061 – 0,134     |
| 4. | Kivisüsi  | $A_{ks}$     | $t_{tuhk}/t_{kütus}$  | 0,072 – 0,158     |
|    |           |              | $t_{tuhk}/tt_{kütus}$ | 0,092 – 0,241     |
| 5. | Kokku     | $A_{\Sigma}$ | $t_{tuhk}/t_{kütus}$  | 0,347 – 0,442     |
|    |           |              | $t_{tuhk}/tt_{kütus}$ | 1,204 – 1,601     |

**Tabel 4.24. TP-67 ja CFB (2) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama tahkekütuste põletamisel moodustuva tuha keemiline koostis %**

| Nr                                  | Põlevkivi* | Põlevkivi** |
|-------------------------------------|------------|-------------|
| <b>CaO</b>                          | 32–59      | 35,5 – 50,1 |
| <b>CaO<sub>v</sub></b>              | -          | -           |
| <b>MgO</b>                          | 4–7        | 4,35 – 7,7  |
| <b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>  | 3–5        | 3,7 – 5,17  |
| <b>K<sub>2</sub>O</b>               | 1–5        | 2,2 – 3,0   |
| <b>Na<sub>2</sub>O</b>              | 0,1–0,4    | 0,3 – 0,4   |
| <b>SiO<sub>2</sub></b>              | 20–30      | 25,3 – 36,5 |
| <b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>  | 4–9        | 6,25 – 7,97 |
| <b>Cl</b>                           | -          | 0,1 – 0,38  |
| <b>(CO<sub>2</sub>)<sub>k</sub></b> | -          | 0,57 – 0,99 |

\* vanad andmed

\*\* 2013. a katsete andmed erineva kütteväärtusega kivi osas

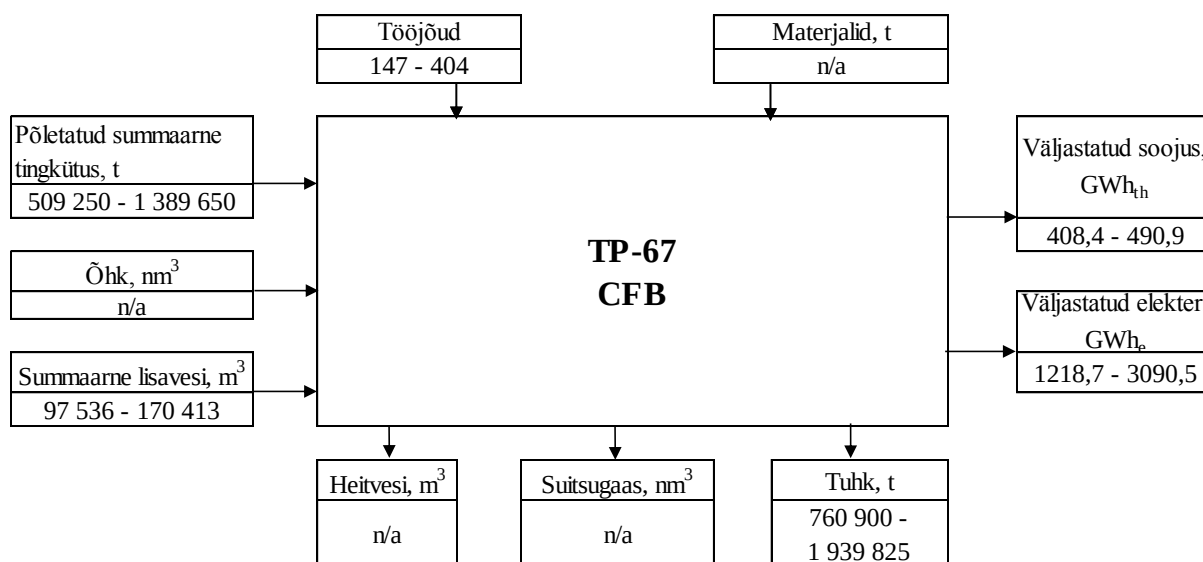


**Tabel 4.25. TP-67 ja CFB (2) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama tahke- ja vedelkütuse põletamisel raskmetallide sisaldus tuhas (mg/GJ)**

| Nr  |          | Tähis | Põlevkivi | Põlevkiviõli | Turvas | Hakkepuit | Kivisüsi |
|-----|----------|-------|-----------|--------------|--------|-----------|----------|
| 1.  | vask     | Cu    | 20        | 16           | -      | -         | -        |
| 2.  | tsink    | Zn    | 410       | 290          | -      | -         | -        |
| 3.  | kaadmium | Cd    | 5         | 0,11         | 0,7    | 0,5       | 5        |
| 4.  | elavhõbe | Hg    | 5         | 0,04         | 5      | 0,5       | 5        |
| 5.  | tina     | Sn    | -         | -            | -      | -         | -        |
| 6.  | plii     | Pb    | 300       | 50           | 15     | 15        | 40       |
| 7.  | antimon  | Sb    | -         | -            | -      | -         | -        |
| 8.  | vismut   | Bi    | -         | -            | -      | -         | -        |
| 9.  | koobalt  | Co    | -         | -            | -      | -         | -        |
| 10. | nikkel   | Ni    | 50        | 8            | 25     | 2         | 10       |
| 11. | toorium  | Th    | -         | -            | -      | -         | -        |
| 12. | uraan    | U     | -         | -            | -      | -         | -        |

#### TP-67 ja CFB (2) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama materjali- ja energiabilanss

Kahte tolmpõletus TP-67 tüüpi katelt ning kahte keevkiht CFB (2) tüüpi katelt kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. aastate materjali- ning energiabilanss on esitatud joonisel 4.3. Kateldes on kütusena kasutusel põlevkivi, põlevkiviõli, hakkepuit, turvas ja katsetatud on ka kivisöe põletamist. Tingkütuse erikulu väljastatud elektrienergiale on 365,9–426,3 g/kWh ning väljastatud soojusenergiale 161,3–169,3 kg/MWh. Soojuselektrijaamas on kasutusel märg tuhaarastus.



**Joonis 4.3. TP-67 ja CFB (2) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama materjali- ja energiabilanss**





### TP-101 tüüpi katlaid kasutav soojuselektrijaam

Eestis on kasutusel seitse **TP-101** tüüpi duubelplokki, mis kõik koosnevad kahest katlast. Põlevkivil töötavate **TP-101** tüüpi katelde aurutootlikkus on maksimaalselt 2 x 292 t/h (132 bar, 515°C). Katelde brutokasutegur on 84%. Eestis kasutatavad antud tüüpi katlad on ühendatud kolme eri tüüpi turbiiniga (vt tabel 4.26). Eestis on TP-101 tüüpi katlad soojuselektrijaamas kasutuses koos kahe CFB (1) tüüpi katlaga, mistõttu osad näitajad (töökindlus, heitvee ja tuha kogus ja kvaliteet ning materjali- ja energiabilanss) ei ole katla tüübi põhiselt eraldatavad.

**Tabel 4.26. TP-101 tüüpi kateldegade energiablokkide iseloomulikud tootmisnäitajad**

| Katla tüüp            |                |                 | TP-101                                                      |                    |
|-----------------------|----------------|-----------------|-------------------------------------------------------------|--------------------|
| Valmistaja            |                |                 | Taganrogi katlatehas                                        |                    |
| Energiabloki nr       |                |                 | 1, 2, 3, 4, 7                                               | 5, 6 <sup>29</sup> |
| Auru tootlikkus       | D <sub>t</sub> | t/h             | 2x 292                                                      |                    |
| Auru rõhk             | P <sub>t</sub> | bar             | 132                                                         |                    |
| Auru temp             | t <sub>t</sub> | °C              | 515                                                         |                    |
| Katla bruto-kasutegur | η <sub>b</sub> | %               | 83,8                                                        |                    |
| Turbiin nr            |                |                 | 1, 2, 3, 4, 7                                               | 5, 6               |
| Turbiini valmistaja   |                |                 | Leningradi metallitehas                                     |                    |
| Turbiini tüüp         |                |                 | 1, 2, 3 – K-200-130-2<br>4 – K-200-130-5<br>7 – K-200-130-6 | K-200-130-5        |
| Nimivõimsus           | Q <sub>e</sub> | MW <sub>e</sub> | 200                                                         | 200                |

Ajavahemikul 2011–2015 oli TP-101 tüüpi katelde elektritoodang vahemikus 5 019 220–7 761 018 MWh. Tingkütuse erikulu väljastatud elektrienergiale oli vahemikus 397,2–412, g/kWh.

**Tabel 4.27. TP-101 tüüpi kateldegade energiablokkide 2011.–2015. aasta elektri- ja soojusenergia toodangud**

| Nr | Näitaja                                                    | Tähis           | Ühik  | TP-101                |
|----|------------------------------------------------------------|-----------------|-------|-----------------------|
| 1. | Aastane elektrienergia toodang                             | E               | MWh   | 5 019 220 – 7 761 018 |
| 2. | Aastane elektrienergia toodang termofikatsiooni-tsükliks   | E <sub>te</sub> | MWh   | –                     |
| 3. | Elektrienergia väljastamine                                | E <sub>v</sub>  | MWh   | 4 392 663 – 6 887 315 |
| 4. | Elektrienergia omatarve                                    | E <sub>ot</sub> | MWh   | 626 557 – 873 703     |
| 5. | Soojuse väljastamine                                       | Q <sub>v</sub>  | MWh   | 96 869 – 190 220*     |
| 6. | Soojuse omatarve                                           | Q <sub>ot</sub> | MWh   | 51 – 245*             |
| 7. | Tingkütuse erikulu väljastatud / toodetud elektrienergiale | b <sub>e</sub>  | g/kWh | 397,2 – 412,0         |

<sup>29</sup> moderniseeritud turbiini madalrõhu osa



| Nr | Näitaja                                  | Tähis | Ühik   | TP-101 |
|----|------------------------------------------|-------|--------|--------|
| 8. | Tingkütuse erikulu väljastatud soojusele | $b_s$ | kg/MWh | 172,0* |

\* TP-101+CFB, eraldi andmed puuduvad

**Tabel 4.28. TP-101 ja CFB (1) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. aasta töökindluse näitajad**

| Nr  | Näitaja                               | Tähis              | Ühik | 2011             |
|-----|---------------------------------------|--------------------|------|------------------|
| 1.  | Katelde töö aeg aastas                | $t_{\text{töö}}^k$ | h    | 77 553 – 108 864 |
| 2.  | Katelde reservaeg aastas              | $t_{\text{res}}^k$ | h    | 2 867 – 26 270   |
| 3.  | Katelde remondi aeg aastas            | $t_{\text{rem}}^k$ | h    | 19 183 – 41 070  |
|     | sh plaaniväliselt                     | $t_{\text{pv}}^k$  | h    | 9 661 – 37 136   |
| 4.  | Katelde seiskamiste arv aastas        | $Z^k$              | n    | 373 – 661        |
|     | sh plaaniväliselt                     | $Z_{\text{pv}}^k$  | n    | 308 – 589        |
| 5.  | Katelde konservatsiooni aeg aastas    | $t_{\text{kon}}^k$ | h    | 0 – 417          |
| 6.  | Turbiinide töö aeg aastas             | $t_{\text{töö}}^t$ | h    | 45 633 – 60 837  |
| 7.  | Turbiinide reservaeg aastas           | $t_{\text{res}}^t$ | h    | 490 – 7992       |
| 8.  | Turbiinide remondi aeg aastas         | $t_{\text{rem}}^t$ | h    | 7 210 – 18 996   |
|     | sh plaaniväliselt                     | $t_{\text{pv}}^t$  | h    | 3 737 – 18 310   |
| 9.  | Turbiinide seiskamiste arv aastas     | $Z^t$              | n    | 52 – 123         |
|     | sh plaaniväliselt                     | $Z_{\text{pv}}^t$  | n    | 34 – 103         |
| 10. | Turbiinide konservatsiooni aeg aastas | $t_{\text{kon}}^t$ | h    | 0 – 208          |

### TP-101 tüüpi katelde õhkuheidet

Eestis kasutusel olevatel **TP-101** tüüpi kateldel on õhkuheidete vähendamiseks paigaldatud kõikide katelde järele lendtuha tsüklonid. Lisaks sellele on paigaldatud kolmele katlale elektri-filtrid ning neljale katlale deSO<sub>x</sub> NID seadmed ja deNO<sub>x</sub> OFA seadmed. Kateldest väljuvad heitgaasid suunatakse seitsmesse korstnasse. Andmed korstende kohta on esitatud alljärgnevas tabelis.

**Tabel 4.29. Korstnate tehnilised andmed**

|               | Kõrgus, m | Ava läbimõõt, m | Heitgaasid      |             |
|---------------|-----------|-----------------|-----------------|-------------|
|               |           |                 | temperatuur, °C | kiirus, m/s |
| Plokid 1 ja 2 | 250       | 8               | 200             | -           |
| Plokk 3       | 95        | 5,95            | 75              | -           |
| Plokk 4       | 95        | 5,95            | 75              | -           |
| Plokk 5       | 95        | 5,95            | 75              | -           |
| Plokk 6       | 95        | 5,95            | 75              | -           |
| Plokk 7       | 95        | 5,95            | 75              | -           |
| Plokk 8*      | 95        | 4,85            | 180             | -           |

\*CFB kateldeg a plokk



**TP-101** tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama poolt ajavahemikul 2011–2015 tekitatud õhkuheidet on esitatud alljärgnevas tabelis. Tegemist on aastate 2011–2015 ühe tunni keskmistatud mõõtetulemusega. Õhkuheidet on jaotatud erinevate plokkide vahel lähtuvalt sellest, millised puhastusseadmed plokkidele on paigaldatud.

**Tabel 4.30. TP-101 tüüpi kateldegaga energiaplokkide 2011.–2015. aasta õhkuheidet**

| Nimetus         | Tähis             | Ühik               | Aasta ühe tunni keskmistatud mõõtetulemused |              |
|-----------------|-------------------|--------------------|---------------------------------------------|--------------|
|                 |                   |                    | Plokid 1, 2 ja 7                            | Plokid 3–6 * |
| Vääveldioksiid  | SO <sub>2</sub>   | mg/Nm <sup>3</sup> | 608 – 2123                                  | 96 – 489     |
| Lämmastikoksiid | NO <sub>x</sub>   | mg/Nm <sup>3</sup> | 186 – 335                                   | 169 – 238    |
| Süsinikoksiid   | CO                | mg/Nm <sup>3</sup> | –                                           | –            |
| Vesinikkloriid  | HCl               | mg/Nm <sup>3</sup> | 22 – 27                                     | 26 – 27      |
| Süsinikdioksiid | CO <sub>2</sub>   | g/Nm <sup>3</sup>  | –                                           | –            |
| Tahked osakesed | PM <sub>sum</sub> | mg/Nm <sup>3</sup> | 25 – 281                                    | 12 – 104     |
| Tahked osakesed | PM <sub>10</sub>  | %                  | 89%                                         | -            |
| Tahked osakesed | PM <sub>2,5</sub> | %                  | 40%                                         | -            |

\*deSO<sub>x</sub> ja deNO<sub>x</sub> seadmetega plokid

#### **TP-101 ja CFB (1) tüüpi kateldegaga soojuselektrijaama heitveed**

**TP-101** ja CFB (1) tüüpi katlaid kasutavas soojuselektrijaamas tekib erineva koostise ja kvaliteediga reovesi, mis kogutakse ja töödeldakse vastavates reoveepuhastites. Põhiline osa soojuselektrijaama tehnoloogilisest reoveest suunatakse tuhaväljale. Tuhaväljade veehulga üle peetakse pidevat arvestust nivooanduritega. Tekkiva heitvee kogused on toodud alljärgnevas tabelis.

**Tabel 4.31. TP-101 ja CFB (1) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama heit- ja reovee 2011.–2015. aasta kogused**

| Nr | Nimetus                                             | Tekkinud heit- ja reovee kogused 1000 m <sup>3</sup> /a | Sellest taaskasutatud 1000 m <sup>3</sup> /a | Juhtitud suublasse 1000 m <sup>3</sup> /a |
|----|-----------------------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1. | Tehnoloogiline saastamata tinglikult puhas heitvesi | -                                                       | -                                            | 749 409 – 1 153 855                       |
| 2. | Sadevesi                                            | 2 317 – 5 091                                           | 262 – 2 717                                  | 2003 – 2374                               |
| 3. | Reovesi olmest                                      | 162 – 181                                               | 162 – 181                                    | –                                         |



**Tabel 4.32. TP-101 ja CFB (1) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama heitvee kvalitatiivsed näitajad**

| Nr  | Nimetus                                             | Näitaja 2015 .a<br>mg/l (või pH ühik) | Näitaja 2015. a<br>enne reovee-<br>puhastit mg/l (või<br>pH ühik) | Näitaja 2015. a<br>peale reovee-<br>puhastit mg/l (või<br>pH ühik) |
|-----|-----------------------------------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 1.  | Tuha ärastamise ja tuhavälja reovesi                |                                       |                                                                   |                                                                    |
| 1.1 | PHT*                                                | 178,2 – 305,6                         | –                                                                 | –                                                                  |
| 1.2 | Sulfaadid                                           | 1866,8 – 2324,2                       |                                                                   |                                                                    |
| 1.3 | pH                                                  | 12,4 – 12,8                           | –                                                                 | –                                                                  |
| 2.  | Tehnoloogiline saastamata tinglikult puhas heitvesi |                                       |                                                                   |                                                                    |
| 2.1 | Heljum                                              | 3,358 – 7,332                         | -                                                                 | -                                                                  |
| 2.2 | pH                                                  | 7,76 – 8,35                           | -                                                                 | -                                                                  |
| 3.  | Tööstus ja sadevesi                                 |                                       |                                                                   |                                                                    |
| 3.1 | Heljum                                              | 8,089 – 11,789                        | -                                                                 | -                                                                  |
| 3.2 | pH                                                  | 8,11 – 8,36                           | -                                                                 | -                                                                  |
| 4.  | Reovesi olmest                                      |                                       |                                                                   |                                                                    |
| 4.1 | pH                                                  | -                                     | 7,53 – 7,85                                                       | 7,59 – 7,76                                                        |
| 4.2 | KHT                                                 | -                                     | 53,5 – 175                                                        | 15 – 33,3                                                          |
| 4.3 | Sulfaadid                                           | -                                     | 64,2 – 185,4                                                      | 62,5 – 122,9                                                       |
| 4.4 | üldlämmastik                                        | -                                     | 10,2 – 17                                                         | 8,3 – 12,1                                                         |
| 4.5 | Heljum                                              | -                                     | 27 – 108,8                                                        | 4,5 – 14,5                                                         |

\* permanganaatne hapnikutarve

### TP-101 ja CFB (1) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama jäätmed

**TP-101** ja CFB (1) tüüpi katlaid kasutavas soojuselektrijaamas on kasutusel tuha hüdroärastuse süsteem. Tuhatranspordivesi tsirkuleerib suletud süsteemis ja tuhaväljal selginenud tuha-transpordivesi suunatakse soojuselektrijaama tagasi.

Soojuselektrijaama poolt ajavahemikul 2011–2015 tekitatud jäätmed on esitatud tabelis 4.33.

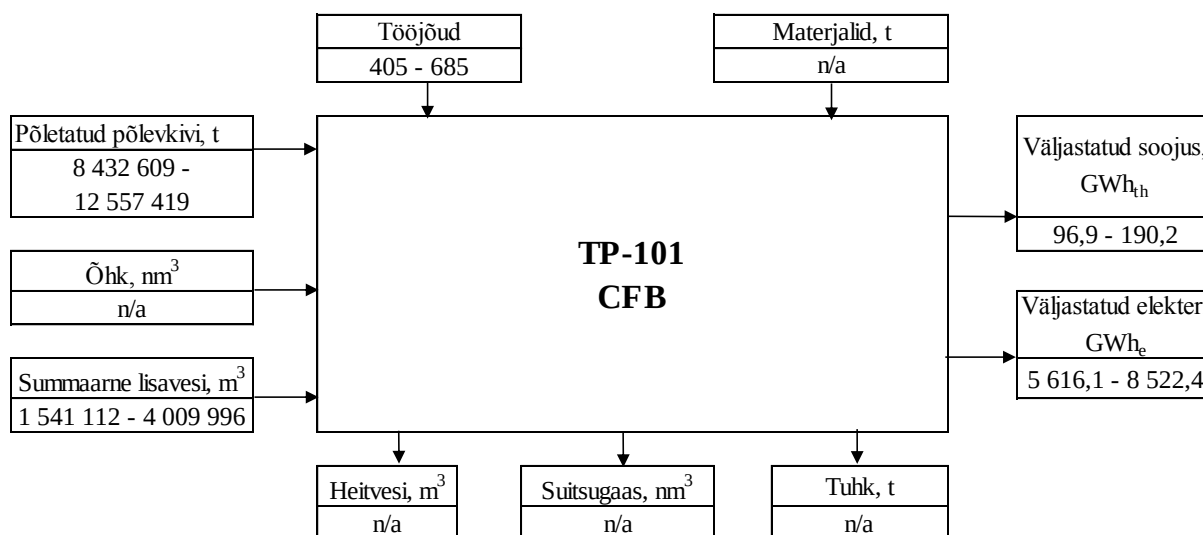
**Tabel 4.33. TP-101 ja CFB (1) tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama tuha kogused taandatudna kütuse tonnile**

| Nr | Nimetus   | Tähis        | Ühik                  | 2011-2015     |
|----|-----------|--------------|-----------------------|---------------|
| 1. | Põlevkivi | $A_{pk}$     | $t_{tuhk}/t_{kütus}$  | 0,451 – 0,475 |
|    |           |              | $t_{tuhk}/tt_{kütus}$ | 1,579 – 1,845 |
| 2. | Aheraine  | $A_{tu}$     | $t_{tuhk}/t_{kütus}$  | 0,485 – 0,561 |
| 5. | Kokku     | $A_{\Sigma}$ | $t_{tuhk}/t_{kütus}$  | 0,451 – 0,475 |



### TP-101 ja CFB (1) katlaid kasutava soojuselektrijaama materjali- ja energiabilanss

Seitset tolmpõletus TP-101 tüüpi kateldegaga duubelplokki ning ühte keevkiht CFB (1) tüüpi kateldegaga duubelplokki kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. a materjali- ning energiabilanss on esitatud joonisel 4.4. Kateldes on kütusena kasutusel põlevkivi, põlevkiviõli, uttegaas ning põlevkivi aheraine. Tingkütuse erikulu väljastatud elektrienergiele on 397,2–412,0 g/kWh ning väljastatud soojusenergiele 172,0 kg/MWh. Soojuselektrijaamas on kasutusel märg tuhaarastus.



**Joonis 4.4. TP-101 ja CFB tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama materjali- ja energiabilanss**

#### 4.1.2. Kihtpõletamine

##### 4.1.2.1. Soojusvõimsusega üle 300 MW<sub>th</sub> elektrijaamad

Eestis on kasutusel kaks **CFB** tüüpi duubelplokki, mis mõlemad koosnevad kahest katlast. Põlevkivil töötavate **CFB** tüüpi katelde aurutootlikkus on maksimaalselt 2 x 324 t/h (133 bar, 535°C). Katelde brutokasutegur on 90,0–93,1%. Eestis kasutatavad antud tüüpi katlad on ühendatud K-200-130-6 (Leningradi metallitehas) tüüpi turbiiniga. Eestis on CFB tüüpi katlad soojuselektrijaamades kasutuses vastavalt koos TP-67 ja TP-101 tüüpi kateldegaga, mistõttu osa näitajaid (töökindlus, heitvee ja tuha kogus ja kvaliteet ning materjali- ja energiabilanss) ei ole katla tüübi põhiselt eraldatavad.

**Tabel 4.34. CFB tüüpi katlaid kasutavate energiablokkide iseloomulikud tootmisnäitajad**

| Katla tüüp      |                |     | CFB              |                 |
|-----------------|----------------|-----|------------------|-----------------|
| Valmistaja      |                |     | Foster Wheeler   |                 |
| Energiabloki nr |                |     | 11 <sup>30</sup> | 8 <sup>31</sup> |
| Auru tootlikkus | D <sub>t</sub> | t/h | 2 x 324          |                 |
| Auru rõhk       | P <sub>t</sub> | bar | 133              |                 |

<sup>30</sup> CFB (2)

<sup>31</sup> CFB (1)



|                      |               |                    |                         |             |
|----------------------|---------------|--------------------|-------------------------|-------------|
| Auru temp            | $t^{\circ}_t$ | $^{\circ}\text{C}$ | 535                     |             |
| Katla brutokasutegur | $\eta_b$      | %                  | 90,0                    | 93,1        |
| Turbiin nr           |               |                    | 11                      | 8           |
| Turbiini valmistaja  |               |                    | Leningradi metallitehas |             |
| Turbiini tüüp        |               |                    | K-200-130-6             | K-200-130-6 |
| Nimivõimsus          | $Q_e$         | $MW_e$             | 215                     | 215         |

Ajavahemikul 2011–2015 oli CFB tüüpi katelde summaarne elektritoodang vahemikus 2 249 488–3 187 464 MWh. Tingkütuse erikulu väljastatud elektrienergiale oli vahemikus 269,8–332,5 g/kWh.

**Tabel 4.35. CFB tüüpi kateldega energiablokkide 2011.–2015. aasta elektri- ja soojusenergia toodangud**

| Nr | Näitaja                                                | Tähis    | Ühik   | CFB                   |
|----|--------------------------------------------------------|----------|--------|-----------------------|
| 1. | Aastane elektrienergia toodang                         | E        | MWh    | 2 249 488 – 3 187 464 |
| 2. | Aastane elektrienergia toodang termofikatsioonitsüklis | $E_{te}$ | MWh    | *                     |
| 3. | Elektrienergia väljastamine                            | $E_v$    | MWh    | 2 249 486 – 2 887 710 |
| 4. | Elektrienergia omatarve                                | $E_{ot}$ | MWh    | 279 749 – 336 202     |
| 5. | Soojuse väljastamine                                   | $Q_v$    | MWh    | *                     |
| 6. | Soojuse omatarve                                       | $Q_{ot}$ | MWh    | *                     |
| 7. | Tingkütuse erikulu väljastatud elektrienergiale        | $b_e$    | g/kWh  | 269,8 – 332,5         |
| 8. | Tingkütuse erikulu väljastatud soojusele               | $b_s$    | kg/MWh | *                     |

\*andmed ei ole katlatüübi põhiselt eristatavad

### CFB tüüpi katelde soojuselektrijaamade õhkuheidet

Eestis kasutusel olevatel CFB tüüpi kateldel on õhkuheidete vähendamiseks paigaldatud katla järele elektrifiltrid. Kateldest tulenevad suitsugaasid suunatakse vastavalt kas 95 m<sup>32</sup> kõrgusesse (heitgaaside temperatuur 180°C) või 180 m<sup>33</sup> kõrgusesse korstnasse (heitgaaside temperatuur 170°C, kiirus 7,1 m/s)

CFB tüüpi katlaid kasutavate energiablokkide poolt ajavahemikul 2011–2015 tekitatud õhkuheidet on esitatud tabelis 4.36.

**Tabel 4.36. CFB tüüpi kateldega energiablokkide 2011.–2015. aasta õhkuheidet esitatud aasta ühe tunni keskmistatud tulemusena**

| Nimetus           | Tähis           | Ühik               | Aasta ühe tunni keskmistatud mõõtetulemused |
|-------------------|-----------------|--------------------|---------------------------------------------|
| Vääveldioksiid    | SO <sub>2</sub> | mg/Nm <sup>3</sup> | 0,25 – 13                                   |
| Lämmastikoksiidid | NO <sub>x</sub> | mg/Nm <sup>3</sup> | 68 – 200                                    |

<sup>32</sup> CFB (1)

<sup>33</sup> CFB (2)



| Nimetus         | Tähis             | Ühik               | Aasta ühe tunni keskmistatud mõõtetulemused |
|-----------------|-------------------|--------------------|---------------------------------------------|
| Süsinikoksiid   | CO                | mg/Nm <sup>3</sup> | 9 – 103                                     |
| Vesinikkloriid  | HCl               | mg/Nm <sup>3</sup> | 22 – 36                                     |
| Süsinikdioksiid | CO <sub>2</sub>   | g/Nm <sup>3</sup>  | –                                           |
| Tahked osakesed | PM <sub>sum</sub> | mg/Nm <sup>3</sup> | 16 – 44,9                                   |
| Tahked osakesed | PM <sub>10</sub>  | %                  | 85 – 97%                                    |
| Tahked osakesed | PM <sub>2,5</sub> | %                  | 38 – 58%                                    |

### CFB tüüpi katlaid kasutavate soojuselektrijaamade heitveed

CFB tüüpi katlaid kasutatavate energiablokkide heitvete kohta on andmed esitatud TP-67 ja TP-101 tüüpi katlaid kasutavate soojuselektrijaamade peatükkides.

### CFB tüüpi katlaid kasutavate soojuselektrijaamade jäätmed

CFB tüüpi katlaid kasutavates soojuselektrijaamades tekkivate jäätmete kohta on informatsioon ja andmed esitatud TP-67 ja TP-101 tüüpi katlaid kasutavate soojuselektrijaamade peatükkides.

### CFB tüüpi katlaid kasutavate soojuselektrijaamade materjali- ja energiabilanss

CFB tüüpi katlaid kasutavate soojuselektrijaamade materjali- ja energiabilanssi käsitlev informatsioon on esitatud TP-67 ja TP-101 tüüpi katlaid kasutavate soojuselektrijaamade peatükis.

## 4.2. Gaaskütuste põletamine

Eestis kuulub alla 50 MW<sub>th</sub> elektrijaama hulka üks elektrijaam, milles on kasutusel kaks Belgorodi katlatehases valmistatud ning uttegaasi põletamiseks kohandatud BKZ-75-39D katelt.

### 4.2.1. Kamberpõletamine

Generaatorgaasil töötavate **BKZ-75-39D** tüüpi katelde aurutootlikus on maksimaalselt 65 t/h (42 bar, 420 °C). Katelde brutokasutegur on 85%. Eestis on kasutusel kaks antud tüüpi katelt, mis on ühendatud 8 MW<sub>e</sub> (Siemens, Görlitz) turbiiniga. Eestis on **BKZ-75-39D** tüüpi katlaid kasutav soojuselektrijaam keskrõhu elektrienergia ja soojuse koostootmise elektrijaam.

### BKZ-75-39D tüüpi kateldegga elektrijaama tootmisparameetrid

Ajavahemikul 2011–2015 on **BKZ-75-39D** tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama elektritootang oluliselt suurenenud 3 125 MWh (2011. a) kuni 28 445 MWh (2015. a) ning soojuse väljastus on jäänud vahemiku 221 244–299 320 MWh. Tingkütuse erikulu väljastatud elektrienergiale oli vahemikus 163,0–230,5 g/kWh ja väljastatud soojusele 125,5–142,4 kg/MWh.



**Tabel 4.37. BKZ-75-39D tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama iseloomulikud tootmisnäitajad**

| Katla tüüp           |             |                  | BKZ-75-39-D          |   |
|----------------------|-------------|------------------|----------------------|---|
| Valmistaja           |             |                  | Belgoradi katlatehas |   |
| Katla nr             |             |                  | 3                    | 4 |
| Auru tootlikkus      | $D_t$       | t/h              | 65                   |   |
| Auru rõhk            | $P_t$       | bar              | 30                   |   |
| Auru temp            | $t^\circ_t$ | $^\circ\text{C}$ | 410                  |   |
| Katla brutokasutegur | $\eta_b$    | %                | 90                   |   |
| Turbiin nr           |             |                  | 1                    |   |
| Turbiini valmistaja  |             |                  | Siemens, Görlitz     |   |
| Turbiini tüüp        |             |                  | PR-8-43/10/5         |   |
| Nimivõimsus          | $Q_e$       | $\text{MW}_e$    | 27                   |   |

**Tabel 4.38. BKZ-75-39D tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. aasta elektri- ja soojusenergia toodangud**

| Nr | Näitaja                                                    | Tähis    | Ühik   | BKZ-75-39D        |
|----|------------------------------------------------------------|----------|--------|-------------------|
| 1. | Aastane elektrienergia toodang                             | E        | MWh    | 3 125 – 28 445    |
| 2. | Aastane elektrienergia toodang termofikatsioonitsükli      | $E_{te}$ | MWh    | 3 125 – 28 445    |
| 3. | Elektrienergia väljastamine                                | $E_v$    | MWh    | 0                 |
| 4. | Elektrienergia omatarve                                    | $E_{ot}$ | MWh    | 11 175 – 14 156   |
| 5. | Soojuse väljastamine                                       | $Q_v$    | MWh    | 221 244 – 299 320 |
| 6. | Soojuse omatarve                                           | $Q_{ot}$ | MWh    | 404 – 1055        |
| 7. | Tingkütuse erikulu väljastatud / toodetud elektrienergiale | $b_e$    | g/kWh  | 163,0 – 230,5     |
| 8. | Tingkütuse erikulu väljastatud soojusele                   | $b_s$    | kg/MWh | 125,5 – 142,4     |

**Tabel 4.39. BKZ-75-39D tüüpi katlaid kasutavate elektrijaama 2011.–2015. aasta töökindluse näitajad**

| Nr   | Näitaja                           | Tähis       | Ühik | 2011.–2015. a  |
|------|-----------------------------------|-------------|------|----------------|
| 1.   | Katelde töö aeg aastas            | $t_{töö}^k$ | h    | 9 055 – 12 982 |
| 2.   | Katelde reservaeg aastas          | $t_{res}^k$ | h    | 1 236 – 6 936  |
| 3.   | Katelde remondi aeg aastas        | $t_{rem}^k$ | h    | 534 – 5 014    |
|      | sh plaaniväliselt                 | $t_{pv}^k$  | h    | 29 – 2 232     |
| 4.   | Katelde seiskamiste arv aastas    | $Z^k$       | n    | 14 – 22        |
|      | sh plaaniväliselt                 | $Z_{pv}^k$  | n    | 2 – 12         |
| 4.1. | Katel nr 3 seiskamiste arv aastas | -           | n    | 7 – 16         |
|      | Sh plaaniväliselt                 | -           | n    | 2 – 7          |
| 4.2. | Katel nr 4 seiskamiste arv aastas | -           | n    | 6 – 11         |
|      | Sh plaaniväliselt                 | -           | n    | 0 – 6          |



| Nr  | Näitaja                               | Tähis       | Ühik | 2011.–2015. a |
|-----|---------------------------------------|-------------|------|---------------|
| 5.  | Katelde konservatsiooni aeg aastas    | $t_{kon}^k$ | h    | 0 – 0         |
| 6.  | Turbiinide töö aeg aastas             | $t_{töö}^t$ | h    | 1 158 – 8 355 |
| 7.  | Turbiinide reservae aeg aastas        | $t_{res}^t$ | h    | 0 – 1 579     |
| 8.  | Turbiinide remondi aeg aastas         | $t_{rem}^t$ | h    | 188 – 640     |
|     | sh plaaniväliselt                     | $t_{pv}^t$  | h    | 0 – 640       |
| 9.  | Turbiinide seiskamiste arv aastas     | $Z^t$       | n    | 2 – 9         |
|     | sh plaaniväliselt                     | $Z_{pv}^t$  | n    | 1 – 4         |
| 10. | Turbiinide konservatsiooni aeg aastas | $t_{kon}^t$ | h    | 0 – 15 929    |

### BKZ-75-39D tüüpi kateldega soojuselektrijaama õhkuheited

Eestis kasutusel olevatel **BKZ-75-39D** tüüpi kateltele ei ole paigaldatud puhastussüsteeme õhusaasteainete vähendamiseks suitsugaasides. Mõlemas katlas tekkivad suitsugaasid suunatakse ühtsesse 120 m kõrgusesse korstnasse, mille ava läbimõõt on 5,4 m (heitgaaside temperatuur ca 160°C, kiirus ca 4,5 m/s).

**BKZ-75-39D** tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama poolt ajavahemikul 2011–2015 tekitatud õhkuheide on esitatud tabelis 4.34. Katlad töötavad generaatorgaasil. Soojuselektrijaamas toimub SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ja CO sisalduse mõõtmine heitgaasis pidevseirena. HCl kontsentratsiooni mõõdetud pole, kuna puudub selle saasteaine seiramise nõue. CO<sub>2</sub> osas kontsentratsioone seiratud ei ole, CO<sub>2</sub> heitkogused leitakse arvutuslikult.

Soojuselektrijaamas on kasutusel järgnevad primaarsed meetodid õhusaaste vähendamiseks:

- **Katelde töö optimeerimine.** Soojuselektrijaamas hoitakse põlemisprotsessi võimalikult stabiilsena ja kasutatakse liigõhuteguri reguleerimist NO<sub>x</sub> ja/või CO tekke vähendamiseks.
- **Soojuselektrijaamale kehtestati 50 MW<sub>th</sub> piirang** kütuste põletamise osas, mis avaldab otseselt mõju õhkuheite vähendamisele, kuna õhusaasteainete heitkogused on väiksemad võrreldes heitkogustega, mis tekiks käitise töötamisel täisvõimsusel.
- **Maagaasi kasutamine sissekütmisel.** Katelde sissekütmisel kasutatakse maagaasi (puhtam kütus, ei sisalda väävliühendeid), mille põletamine aitab kaasa SO<sub>x</sub> heite vähendamisele.

**Tabel 4.40. BKZ-75-39D tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. aasta õhkuheitved**

| Nimetus           | Tähis             | Ühik               | Aasta kuu keskmine saasteainete kontsentratsioon |
|-------------------|-------------------|--------------------|--------------------------------------------------|
| Vääveldioksiid    | SO <sub>2</sub>   | mg/Nm <sup>3</sup> | 6950 – 7400                                      |
| Lämmastikoksiidid | NO <sub>x</sub>   | mg/Nm <sup>3</sup> | 200 – 350                                        |
| Süsinikoksiid     | CO                | mg/Nm <sup>3</sup> | 150 – 300                                        |
| Vesinikkloriid    | HCl               | mg/Nm <sup>3</sup> | -                                                |
| Süsinikdioksiid   | CO <sub>2</sub>   | g/Nm <sup>3</sup>  | -                                                |
| Tahked osakesed   | PM <sub>sum</sub> | mg/Nm <sup>3</sup> | -                                                |
| Tahked osakesed   | PM <sub>10</sub>  | mg/Nm <sup>3</sup> | -                                                |
| Tahked osakesed   | PM <sub>2,5</sub> | mg/Nm <sup>3</sup> | -                                                |

**BKZ-75-39D tüüpi kateldega soojuselektrijaama heitveed**

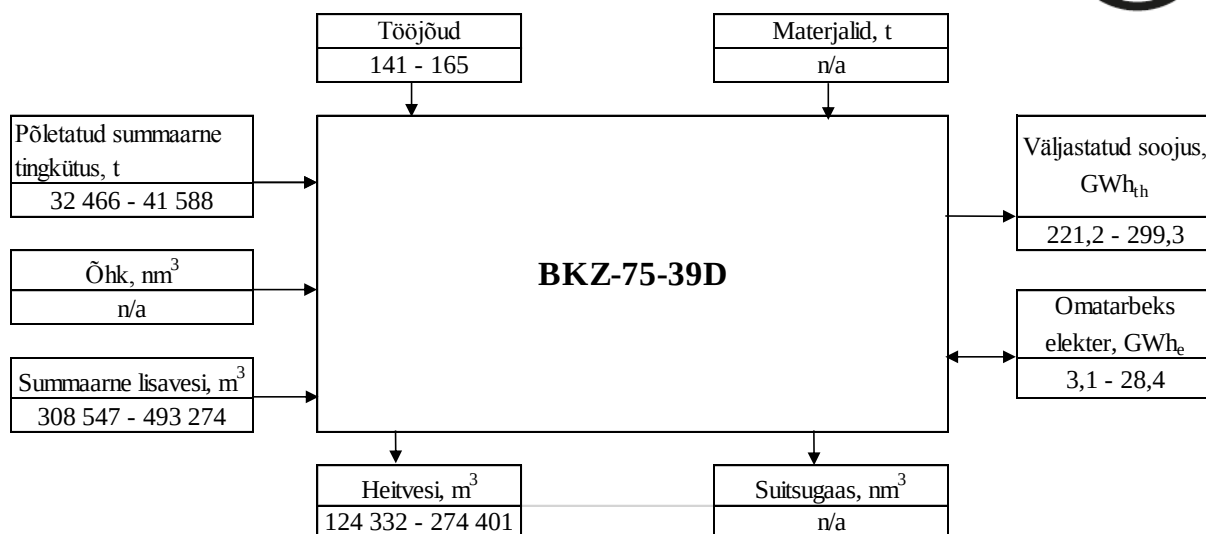
**BKZ-75-39D** tüüpi katlaid kasutavas soojuselektrijaamas tekkivad sade- ja heitveed ei vaja eelpuhastamist ning juhitakse territooriumilt ära ametliku heitveelasu kaudu looduslikku vee- kogusse. Tehnoloogiline saastamata tinglikult puhta heitvee ja sadevee heljumi kolme aasta keskmine sisaldus on 11,6 mg/l ja pH 5. Reoveed suunatakse biopuhastisse. Kuna soojuselektrijaama reo- ja heitveed suunatakse ühtsesse kontserni heitvee süsteemi, siis teiste käitiste (põlevkiviöli tööstuse) mõju pole võimalik eristada. Tekkiva heitvee ja reovee kogused on toodud alljärgnevas tabelis.

**Tabel 4.41. BKZ-75-39D tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama heit- ja reovee 2011.–2015. a kogused**

| Nr | Nimetus                                                                     | Tekkinud heit- ja reovee kogused m <sup>3</sup> /a | Juhitud regionaalsesse puhastisse m <sup>3</sup> /a | Juhitud suublasse m <sup>3</sup> /a |
|----|-----------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------|
| 1. | Tehnoloogiline saastamata tinglikult puhas heitvesi ja sh sademevesi kokku. | 119 592 – 267 712                                  | -                                                   | 119 592 – 267 712                   |
| 2. | Reovesi olmest                                                              | 4 740 – 6 689                                      | 4 740 – 6 689                                       | -                                   |

**BKZ-75-39D tüüpi kateldega soojuselektrijaama materjali- ja energiabilanss**

Kahte BKZ-75-39D tüüpi katelt kasutava soojuselektrijaama 2011.–2015. aastate materjali- ning energiabilanss on esitatud joonisel 4.5. Kateldes on kütusena kasutusel generaatorgaas ning maagaas. Tingkütuse erikulu toodetud elektrienergiale on 163,0–230,5 g/kWh ning väljastatud soojusenergiale 125,5–142,4 kg/MWh. Soojuselektrijaamas elektrienergia väljastamist ei toimu ning kogu elekter tarbitakse ettevõttesiseselt ära. Antud soojuselektrijaamas tuhka ei teki.



**Joonis 4.5. BKZ-75-39D tüüpi katlaid kasutava soojuselektrijaama materjali- ja energia-bilanss**

### 4.3. Projektipartnerite kasutatavad omaseire süsteemi kirjeldused

Kõik ettevõtted omavad sertifitseeritud juhtimissüsteeme.

Siinkohal keskendutakse omaseire süsteemi kirjeldusele, mis on aluseks PVT vastavuse hindamisel (erikulud, -heited jms). Täiendavad seirekohustused on seatud keskkonnalubadega. Rakendatud on heidet ennetavad meetmed: tehnoloogilise seadmetiku ja puhastusseadmete korrasolekut kontrollitakse ja jälgitakse pidevalt, seadmetiku plaaniline remont toimub vastavalt graafikule. Ei käsitleta veevõtu, tuhaväljade jm seiret.

#### 4.3.1. Eesti Elektriijaam

Enefit Energiatootmine AS keskkonnajuhtimissüsteem on sertifitseeritud standardi EVS-EN-ISO 14001:2004 järgi.

Seiret teostavad sertifitseeritud laborid:

- Enefit Energiatootmine AS Keemialabor, akrediteerimistunnistus L140;
- Enefit Energiatootmine AS Eesti Elektriijaama Lendtuha Mõõtelabor, akrediteerimistunnistus L180;
- Enefit Energiatootmine AS Balti Elektriijaama Gaasipuhastuslabor, akrediteerimistunnistus L084.

Eesti Energia Õlitööstus kasutab uttegaasi alumise kütteväärtuse määramiseks standardi EVS-EN ISO 6976:2005 kohast meetodit (arvutuslik meetod maagaasi kütteväärtuse määramiseks).

Heitgaaside saasteainete seireks on pideva monitooringu seadmed energiablokkide suitsukäikudes. Mõõtepunkti valikul on arvestatud, et enne proovivõtusondi peab olema suitsukäigus lineaarne 5-korda käigu diameetrit (5\*D) lõik, sondi järgselt 3\*D lõik. (miinimumnõue on 4\*D – 2\*D). Kasutuses on mitmekomponendilised heitgaaside analüsaatorid SO<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> ja H<sub>2</sub>O mõõtmiseks ning integreeritud tsirkooniumdioksiidi (ZrO<sub>2</sub>) andurid hapnikusisalduse



mõõtmiseks. Kord kuus toimub seadme kalibreerimine, üks kord aastas ulatuslikum tarnija poolne hooldus. NID püüdeseadmete efektiivsuse kontroll tahkete osakeste osas toimub sagedusega üks kord aastas.

#### 4.3.2. VKG

Ettevõttes rakendatud keskkonnajuhtimissüsteem on vastavuses ISO 9001, ISO 14001 ja OHSAS 18001.

VKG Energia OÜ soojuselektrijaama kasvuhoonegaaside heitekoguste seire raames analüüsitavate näitajate analüüsiks kasutatakse EN ISO/IEC 17025 standardi nõuetele vastavaid katselaboreid. Kõikide gaasiliste kütuste kogused mõõdetakse vahetult kulumõõtmise abil. Generaatorigaasi ja uttegaasi koostis, tihedus, kütteväärtus, gaasbenssiini sisaldus ja gaasbenssiini kütteväärtus määratakse perioodiliselt VKG Oil AS akrediteeritud labori poolt. Laboris määratakse perioodiliselt  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{C}_n\text{H}_m$  (mitteküllastunud kuni  $\text{C}_4$ ),  $\text{O}_2$ ,  $\text{H}_2$ ,  $\text{N}_2$  ja  $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$  (küllastunud kuni  $\text{C}_4$ ) ja süsivesinike summa üle  $\text{C}_4$  sisaldus gaasis.

Tahke kütuse omadused on määratud tarnijate poolt. Tarnija esitab kütuse laboratoorse analüüsi tulemuste mõõteprotokollid.

Vähemalt kord aastas teostatakse pidevseire kontrollmõõtmised akrediteeritud labori poolt.

Perioodiliselt kord aastas mõõdetakse lisaks  $\text{HCl}$ -ile ka  $\text{H}_2\text{S}$ -i.

Saasteallikatel nr 101, 104 (NID-1) ja 107 (NID-2) teostatakse pidevseiret.

Kasutatavad mõõteriistad:

PM-sum – automaatne mõõteseade PCME SC600,

$\text{SO}_2$  – automaatne mõõteseade Servomex 4900,

$\text{NO}_2$  – automaatne seade Servomex 4900,  $\text{NO}_2/\text{NO}$  konverter JCT JNOx,

$\text{CO}$  – automaatne mõõteseade Servomex 4900.

$\text{HCl}$  mõõdetakse seadmega TESTO-350 perioodiliselt.

Lõuna SEJs toimub  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$  ja  $\text{CO}$  sisalduse mõõtmine heitgaasis samuti automaatselt.

#### 4.3.3. Kiviõli Keemiatööstuse OÜ soojuselektrijaam

Ettevõtte kasutab oma tegevuses integreeritud kvaliteedi- ja keskkonnajuhtimissüsteemi, mis on vastavuses ISO 9001 ja ISO 14001 standarditele. Integreeritud juhtimissüsteem on ka kolmanda sõltumatu osapoole poolt sertifitseeritud.

Kiviõli Keemiatööstuse OÜ Soojuselektrijaam ei ole THD liitmisreegli järgi suur põletusseade, heitgaaside pidevseireseadmed puuduvad. SEJ põletatakse kateldes peamiselt ehk põhikütustena generaatorigaasi või segugaasi (generaatorigaasi ja TSK-seadmetes toodetud poolkoksigaasi segu). Vajadusel toetatakse põhikütuseid põlevkiviga. See teeb saasteainete heitekoguste määratlemise keerukaks, kuna nii gaaside kui ka põlevkivi koostis ja kütteväärtus ei ole püsivad suurused.



- Mõõtmisandmetele tuginevalt jääb põlevkivi kütteväärtus vahemikku 8,374–11,723 MJ/kg. Saasteloa taotlemisel on valitud madalaim kütteväärtus.
- Utte- ehk poolkoksigaas on koostiselt suhteliselt stabiilne, generaatorgaasi koostis ja omadused on kõikuvamad.

Saastetasemed on leitud arvutuslikult käitises kasutatavate kütuste koguste ja eriheite väärtuste järgi, mis on aluseks välisõhku suunatud saasteainete aastaste heitkoguste leidmisel ja kvartaalse saastetasu deklareerimisel. SEJ-sse suunatud põlevkivigaasi mahtu mõõdetakse kulumõõdjatega, üks kord kuus mõõdetakse VKG laboris gaaside alumist ja ülemist kütteväärtust.

Ettevõtte omab sertifitseeritud laborit, mis on akrediteeritud ka gaasiliste komponentide (NO, NO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, O<sub>2</sub>) sisalduse määramiseks heitgaasides. Lisaks korraldatakse katelde nr 4 ja 5 heitgaasidest tahkete osakeste (PM-sum) sisalduse mõõtmisi. Saasteallikate seire ja välisõhu seire analüüsi tellitakse regulaarselt (üks kord kvartalis) sõltumatutelt sertifitseeritud laboritelt (nt Keskkonnauuringute Keskuselt).



## 5. Tehnikad kaalutlemiseks PVT tuvastamisel

Põlevkivienergeetika hõlmab ühe tegevusalana kohaliku tahkekütuse, põlevkivi, põletamist direktiivi 2010/75/EL lisa 1 punkt 1.1 tegevuse „*kütuste põletamine käitises summaarse nimisoojusvõimsusega vähemalt 50 MW<sub>th</sub> või rohkem*“ põletusseadmetes. PVT-alusdokumendiks on suurte põletusseadmete PVT-viitedokument (LCP BREF). Samas tuleb arvesse võtta, et LCP BREF ei kajasta kohaliku kütusena põlevkivi. Samuti puudub LCP BREF-is asjakohane PVT-kirjeldus põlevkivigaaside põletamise kohta. Põlevkivi ja põlevkivigaaside spetsiifikat arvestades (ainulaadsed füüsikalised-keemilised omadused, mis ei ole võrreldavad teiste tahke- ega gaasiliste kütustega) vajavad mitmed LCP BREF-s ja PVT-järelustes PVT-ks pakutud lahendused lisauuringuid nende rakendatavuse väljaselgitamiseks põlevkivienergeetikas. Seda nii tehnilisest, majanduslikust, kui ka keskkonna aspektist lähtuvalt. Need omadused on võimaluste korral ja andmete olemasolul kajastatud peatükis 4 ja nendega tuleb PVT määramisel arvestada. Arvestades põlevkivi otsepõletamise mahu tõenäolist vähenemist ning põlevkivi ja tahkete biokütuste ja/või teiste fossiilsete kütuste senisest suuremas mahus koospõletamist tulevikus, on uutes tingimuses vaja põhjalikke uuringuid ja investeringuid uute tehnoloogiliste lahenduste väljatöötamiseks ja nende vastavuse kontrollimiseks PVT kriteeriumitele. Üksnes Eesti põhiste mahukate uuringute läbiviimine selles valdkonnas ei ole põhjendatud.

Teiseks kohalduvaks tegevusalaks on põlevkiviõli tootmise (direktiivi 2010/75/EL lisa 1 punkti 1.4b tegevusala) käigus tekkivate põlevkivigaaside kasutamine põletusseadmetes soojuse ja elektrienergia tootmiseks. Tegemist on mineraalõli ja gaasi rafineerimise sektorile (direktiivi 2010/75/EL lisa 1 punkti 1.2) sarnase tegevusega ja protsessidega, samas ei ole tehnoloogilise eripära ja tekkivate jääkgaaside eripära tõttu *Mineraalõli ja gaasi rafineerimise BREF* (REF BREF) antud juhul otseselt kohaldatav. PVT tuvastamisel on kaalutletud, millised REF BREF meetmed on põlevkivigaaside põletamisel rakendatavad ja asjakohasusel on tehtud ettepanek nende kaasamiseks PVT-järeldestesse.

Kahe erineva tegevusala kohaldatavus põhjustab teatud duaalsuse: LCP BREF arvestab liitmisreeglit, st < 15 MW<sub>th</sub> põletusüksustega ei arvestata põletusseadme summaarse soojusvõimsuse leidmisel. Samas REF BREF kohaselt summeeritakse kõikide üksuste soojusvõimsus. Arvestades seda, et keskmiste põletusseadmete (MCP) direktiiv juba kehtestab meetmed nende põletusseadmete, mis ei kvalifitseeru suurteks põletusseadmeteks, heidete vähendamiseks, siis on parima võimaliku tehnika saavutatavad heite piirväärtused (PVT SHT) määratletud käesolevas dokumendis suurte põletusseadmete jaoks. PVT SHT piirväärtuseid ei kehtestata ka põlevkivigaaside põletusseadmetele, mis on püsivalt seadistatud < 50 MW<sub>th</sub> koormusele.

Järgnevates peatükkides on antud ülevaade LCP BREF 2016 (eelnõu) ja REF BATC 2016 toodud meetmetest ja heite piirväärtustest (PVT SHT), PVT-ga saavutatavast energiaefektiivsusest (PVT SET) ja toimimise tasemest (PVT STT), mis võiksid kohalduda põlevkivienergeetikale. Seejuures on hinnatud rakendatavuse piiranguid. Mõnel juhul on vaja eristada uusi ja olemasolevaid käitisi (samal tähenduses kasutatakse ka uus või olemasolev 'seade' või 'üksus', kui soovitakse anda käitise tasemest täpsemat kohaldamise taset). PVT määratlemisel (järeldestes sõnastatud ptk 7) tuleb täiendavalt arvestada käesoleva töö ptk 3 ja 4 toodut. Eesmärgiks on põlevkivil baseeruva energeetika keskkonnamõju vähendamine siseriikliku PVT rakendamise kaudu.





Suurte põletusseadmete puhul tuleb miinimumnõudena arvestada Keskkonnaministri 28.06.2013 määruse nr 48 „Suurte põletusseadmete saasteainete heite piirväärtused, nende kohaldamine mitme kütuse põletusseadme korral ja väävliärastuse astme nõuded” või hilisema, seda asendava õigusakti sätteid. Määruse kohaldumisel on vastavad väärtused välja toodud.

Iga teema juures on toodud ära kaalutlused PVT määratlemisel, hinnatud teema käsitlust varasemates siseriiklikes PVT-kirjeldustes (ja nende olemasolul vajadust nende kaasajastamiseks). Kui kaalutluste tulemusel jõuti järeldusele, et tegemist on PVT-ga, on pakutud välja sõnastus 7. peatüki PVT-järelduste jaoks.

## 5.1. Korralduslikud meetmed

Ülevaade keskkonnajuhtimissüsteemidest on esitatud ptk 3.2, seejuures on tekstis ära toodud, milline teave ei kajastu PVT-järeldustes. Kuna tegemist on üldkohalduva PVT-nõudega, mis ei sõltu käitises kasutatavatest kütustest ega tehnoloogilistest lahendusest, siis võetakse LCP BREF (praegu eelnõu) PVT 1 sõnastus (st käesoleva dokumendi ptk 3.3) PVT-järeldustesse üle peaaegu terviklikul kujul.

Ülevaade omaseire üldisest korraldusest on esitatud ptk 3.3. Energeetilise efektiivsuse määramine on (soojus)elektrijaamade omaseiresüsteemi üheks osaks. LCP BREF PVT 3-s (lõppversioonis eeldatavalt PVT 2) on meede sõnastatud järgmiselt (võrreldes ptk 3.3. sõnastusega on lisatud viide standardite kasutamisele):

Energeetilise efektiivsuse omaseiresüsteem hõlmab põletusseadme üksuse elektritootmise netokasuteguri ja/või üldise kütusekasutuse efektiivsuse (kasuteguri) ja/või neto mehhaanilise energeetilise efektiivsuse (kasuteguri) kindlaksmääramist tehes katsetused täiskoormusel töötamisel<sup>34</sup> pärast üksusele kasutusloa saamist ja pärast iga muudatust, mis võib oluliselt eeltoodud parameetreid muuta. Seejuures tuleb lähtuda EN standarditest. Kui EN standardid puuduvad on PVT-ks ISO, riiklikud või teised rahvusvahelised standardid, mis tagavad samaväärse teadusliku kvaliteediga tulemused.

Kuna tegemist on üldkohalduva PVT-nõudega, mis ei sõltu käitises kasutatavatest kütustest ega tehnoloogilistest lahendusest, siis võetakse PVT-järeldustesse üle LCP BREF (praegu eelnõu) sõnastus.

### Protsessi võtmeparameetrite seiretingimused

LCP BREF (praegu eelnõu) PVT 3bis sätestab järgmiste võtmeparameetrite seire:

- heitgaaside vooluhulk, hapnikusisaldus, temperatuur, rõhk ja veeauru sisaldus (kõikide nende parameetrite perioodiline või pidevseire), veeauru pidevseire ei ole vajalik, kui saasteainete seireks võetav proov kuivatatakse enne analüüsimist;
- suitsugaaside märgpuhastusest tekkiva reovee vooluhulk, pH ja temperatuur pidevseirena.

<sup>34</sup> Koostootmisjaamade puhul, kus tehnilistel põhjustel ei saa soojuse tootmise osa täiskoormusega töötamisel mõõtmistega kontrollida, asendatakse katsetamine arvutustega, kasutades täiskoormusel töötamise parameetreid.



REF BATC 2016, PVT 5: Seiratakse protsessiparameetreid, mis on seotud saasteainete heitega, nt heitgaaside hapnikusisaldus (pidevseire), kütuse lämmastiku ja väävli sisaldus (perioodiliselt sõltuvalt kütuste olulistest muutustest; N ja S sisalduse seire kütuses ei ole vajalik, kui rakendatakse NO<sub>x</sub> ja SO<sub>2</sub> pidevseiret heitgaasides).

**Ettepanek:** võtta aluseks LCP BREF sõnastus täiendavalt sidudes heitgaaside parameetrite pidevseire vajaduse välisõhku suunatavate heitgaasides sisalduvate saasteainete pidevseire vajadusega.

Kütuste karakteristikute seiretingimused sõnastatakse LCP BREF järgi eraldi PVT-na allpool.

### Õhkuheite seiretingimused

Tabelis 5.1 on esitatud peamiste saasteainete seiretingimused, mis ei sõltu kasutatava kütuse liigist. Arvestades, et kasutuses on ka põletusseadmed, mis ei kvalifitseeru suurteks põletusseadmeteks, on aluseks võetud REF BATC 2016 ptk 1.1.4 toodud seiresagedus sõltuvalt põletusseadmete võimsusest kütus(t)e soojussisendi järgi. Seejuures arvestatakse kõiki ühe korstna taha ühendatud põletusüksusi. Juhul kui LCP BREF seiretingimused on erinevad, on see tabelis eraldi välja toodud.

**Tabel 5.1. Peamiste saasteainete õhkuheite seiretingimused REF BATC ja LCP BREF eelnõu järgi lähtuvalt põletusseadmete võimsusest**

| Saasteaine      | ≥ 100 MW <sub>th</sub>                                                                                                                                                                 | 50-100 MW <sub>th</sub>                                                               | < 50 MW <sub>th</sub>                                                                 |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| SO <sub>x</sub> | SO <sub>2</sub> pidevseire                                                                                                                                                             | SO <sub>2</sub> pidevseire või kaudne seire<br>LCP BREF: SO <sub>2</sub> pidevseire * | 1 kord aastas ja pärast kütuste olulist muudatust: otsesed mõõtmised või kaudne seire |
| NO <sub>x</sub> | pidevseire                                                                                                                                                                             | pidevseire või kaudne seire<br>LCP BREF: pidevseire *                                 |                                                                                       |
| Tahked osakesed | pidevseire                                                                                                                                                                             | Pidevseire või kaudne seire<br>LCP BREF: pidevseire tahkete kütuste kasutamisel *     |                                                                                       |
| CO              | pidevseire                                                                                                                                                                             | 1 kord poolaastas otsesed mõõtmised<br>LCP BREF: pidevseire *                         | 1 kord poolaastas otsesed mõõtmised                                                   |
| NH <sub>3</sub> | kõik üksused, mis kasutavad SCR või SNCR: pidevseire *.<br>LCP BREF: SCR kasutamisel võib seire sagedust vähendada kuni 1 korrani aastas, kui heide on osutunud piisavalt stabiilseks. |                                                                                       |                                                                                       |

\* Vähem kui 1500 tundi aastas töötavate < 100 MW<sub>th</sub> põletusseadmete õhkuheite seiresagedust võib vähendada kuni 1 korrani poolaastas.

Pidevseire toimub otseste mõõtmistega, LCP BREF kohaselt tuleb pidevseirel rakendada EN standardeid: EN 15267-1, EN 15267-2, EN 15267-3 ja EN 14181. Siinkohal tuleb märkida, et standard EN 14181 näeb ette gaasiliste komponentide võrdlusmõõtmised (QAL2 ja AST) ja neid ei tehta üldjuhul viidatud referentsmeetodeid kasutades. Eestis kasutavad heite mõõtmisteks akrediteeritud laborid (näiteks TTÜ soojustehnika labor, Eesti Keskkonnauuringute Keskus, Eesti Energia Ökoloogilabor) kõigi peamiste komponentide (NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, H<sub>2</sub>O aga ka TOC ja HCl) seireks peamiselt FTIR metoodikat. FTIR metoodikale EN standardit ei ole, kuid on erinevaid juhenddokumente selle metoodika kasutamiseks. FTIR metoodika kasutamine on lubatud ka Soomes, Suurbritannias ja veel mitmetes teistes riikides.



Lähtudes PVT-järelduste kohaldamise üldisest põhimõttest (PVT-järeldustes loetletud ja kirjeldatud meetmed ei ole normatiivsed ega ammendavad; käitaja võib kasutada teisi meetmeid, mis tagavad vähemalt samaväärse keskkonnakaitse taseme), on otstarbekas laiendada LCP BREF-s toodud viitamist järgmiselt: „Seire korraldamisel tuleb üldreeglina kasutada EN standardeid. Kui EN standardid puuduvad, on PVT-ks ISO, riiklikud või teised rahvusvahelised standardid ja juhendid, samuti õigusaktide asjakohased nõuded, mis tagavad samaväärse teadusliku kvaliteediga tulemused“.

Täiendavate saasteainete seire LCP BREF järgi tahkekütuse kasutamisel (alates 50 MW<sub>th</sub> võimsusega suured põletusseadmed):

- N<sub>2</sub>O – fossiilsete tahkekütuste (süsi, ligniit), tahke biomassi ja/või turba põletamine tsirkuleeriva keevkihiga kateldes; seiresagedus 1 kord aastas, kohaldub standard EN 21258. Tehakse 2 mõõtmisseeriat, üks põletamisseadme töötamisel > 70% koormusega, teine < 70% koormusega.
- HCl – söe ja ligniidi kasutamisel 1 kord 3 kuu tagant, kohaldub standard EN 1911. Kui heide on osutunud piisavalt stabiilseks, võib seirevajaduse siduda kütuse karakteristikute olulise muutusega, kuid igal juhul tuleb seirata HCl sisaldust vähemalt 1 kord aastas. Tahke biomassi ja/või turba kasutamisel on ette nähtud HCl pidevseire, stabiilse heite korral tuleb seirata HCl sisaldust vähemalt 1 kord poolaastas. Kõikidele kütuseliikide puhul võib vähem kui 1500 tundi aastas töötavate < 100 MW<sub>th</sub> põletusseadmetel seire sagedust vähendada kuni 1 korrani poolaastas.
- HF – söe ja ligniidi kasutamisel 1 kord 3 kuu tagant, EN standard puudub. Seire sagedust võib vähendada samadel asjaoludel, mis HCl puhul.
- Raskmetallide (As, Cd, Co, Cr, Cu, Mn, Ni, Pb, Sb, Se, Tl, V, Zn) analüüs tehakse vähemalt 1 kord aastas, kohaldub standard EN 14385. Seirataivate metallide nimekiri ja seiresagedus sõltub tahkekütuses sisalduvatest raskmetallidest ja asjakohasest hinnangust heite võimalikkusele (sh arvestades suitsugaaside töötlemise meetodeid), kuid igal juhul tuleb mõõtmised korraldada, kui kütuse karakteristikud oluliselt muutuvad.

Lähtuvalt ptk 4 toodud raskmetallide sisaldusest põlevkivituhas on esimestel aastatel asjakohane seirata Cu, Zn, Pb, As, Cr, Mn, V ja Cd.

- Elavhõbeda analüüs on ette nähtud söe ja ligniidi kasutamisel koos jäätmetega 1 kord 3 kuu tagant, kui põletusseadme võimsus on < 300 MW<sub>th</sub>. Biokütuste ja/või turba kasutamisel on seiresagedus sõltumata võimsusest vähemalt 1 kord aastas. Kohaldub standard EN 13211. Kui Hg heide on kütuse madalast Hg sisaldusest tingituna stabiilne, võib seire korraldamise siduda kütuse karakteristikute olulise muutusega. Põlevkivi Hg maksimaalne sisaldus on 3 korda väiksem, kui maksimaalne sisaldus kivisöes, keskmine sisaldus ligikaudu samal tasemel. Kuna Hg sisaldust elektrijaamade heitgaasis ei ole varasemalt seiratud, tuleb käesoleva PVT-kirjelduse jõustumise järgselt teha vähemalt 1 Hg mõõteseeria heitgaasides. Täiendav seire on vajalik, kui kütuse karakteristikud muutuvad oluliselt.

LCP BREF näeb ette summaarse lenduvate orgaaniliste ühendite (TVOC) seire kateldel, mis kasutavad keemiatööstuse protsessides tekkivaid kütuseid. Seiresagedus on vähemalt 1 kord poolaastas (stabiilse heite korral võib vähendada 1 korrani aastas), kohaldub standard EN 12619. Eeltoodust lähtuvalt on asjakohane TVOC seire heitgaasides vähemalt 1 kord



aastas, kui põlevkivigaaside osakaal põletatud kütusesegus ületab 50%. Täiendav seire on vajalik, kui põlevkivigaaside karakteristikud muutuvad oluliselt.

LCP BREF näeb ette vääveltrioksiidi ( $\text{SO}_3$ ) seire 1 kord aastas, kui lämmastikoksiidide heite vähendamiseks kasutatakse SCR. EN standard puudub.

**Ettepanek:** lähtuda LCP BREF seiretingimustest, seejuures laiendades LCP BREF-s toodud viidet standardite kasutamisele, et võimaldada võrdlusmõõtmiste läbiviimisel asjakohaste meetodite kasutamist. Kui tegemist ei ole suure põletusseadmega, kontrollitakse peamiste saasteainete heidet otseste mõõtmistega vähemalt 4 korda aastas. Muude saasteainete puhul kohalduvad LCP BREF perioodilise seire tingimused arvestades eespool toodud erisustega.

### Heide vette

LCP BREF eelnõu PVT 3quater: PVT on seirata suitsugaaside puhastusseadmetelt tekkivat vetteheidet vähemalt 1 kord kuus. Seejuures tuleb lähtuda EN standarditest. Kui EN standardid puuduvad on PVT-ks ISO, riiklikud või teised rahvusvahelised standardid, mis tagavad sama-väärse teadusliku kvaliteediga andmed. Seiratavad parameetrid ja rakendatavad EN standardid on järgmised:

- summaarne orgaaniline süsinik (TOC, EN 1484) või keemiline hapnikutarve (KHT, EN standard puudub);
- summaarne heljum (TSS, EN 872);
- fluoriidid ( $\text{F}^-$ , EN ISO 10304-1);
- sulfaadid ( $\text{SO}_4^{2-}$ , EN ISO 10304-1);
- sulfiidid, kergesti vabanevad ( $\text{S}^{2-}$ , EN standard puudub);
- sulfitid ( $\text{SO}_3^{2-}$ , EN ISO 10304-3);
- raskmetallid: As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn (olemas erinevad EN standardid, nt EN ISO 11885 või EN ISO 17294-2), Hg (olemas erinevad EN standardid, nt EN ISO 12846 või EN ISO 17852);
- kloriidid ( $\text{Cl}^-$ , olemas erinevad EN standardid, nt EN ISO 10304-1 või EN ISO 15682);
- üldlämmastik (EN 12260).

LCP BREF muu vetteheite seiretingimusi ei sätesta. Sama lähenemine on asjakohane ka põlevkivienergeetika käitiste puhul.

Kui põlevkivienergeetika käitisel on ühine reovee ärajuhtimise süsteem põlevkiviõli tootmisega, siis kohalduks muu vetteheite seirele REF BATC 2016 PVT nr 11 ja 12 seotud PVT SHT ja vastavad seirenõuded (täpsemalt vt ptk 5.3.3).

**Ettepanek:** kuigi olemasolevates põlevkivienergeetika käitistes suitsugaaside märgpuhasteid ei ole, lähtuda põlevkivienergeetika PVT-järelduste sõnastamisel LCP BREF seiretingimustest.

### Kütuse karakteristikute määramine/kvaliteedi kontroll

LCP BREF viitab täiendavalt PVT 5 all kütuse kvaliteedi kindlustamise/kontrolli programmi elementidele, sh milliseid parameetreid tuleb kontrollida. Kontrollib kas tarnija (esitab sertifikaadi) või käitaja.

Kivisöe ja ligniidi puhul on kontrollitavad parameetrid alumine kütteväärtus, niiskus, lenduv osa (*volatiles*), tuhasisaldus, seotud süsinik (*fixed carbon*), C, H, N, O, S, Br, Cl, F, raskmetallidest As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, V, Zn.



Biomassis ja turbas on kontrollitavad parameetrid alumine kütteväärtus, niiskus, tuhasisaldus, C, Cl, F, N, S, K, Na, raskmetallidest AS, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn.

LCP BREF-s toodud gaasilistest kütustest on põlevkivigaasidele kõige sarnasem koksiahju gaas. Määratakse alumine kütteväärtus, metaani, teiste süsivesinike ( $C_xH_y$ ),  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $N_2$ , summaarne väävliühendite sisaldus, tolmusus ja Wobbe indeks.

Praeguses PVT-kirjelduse sõnastuses ei ole nende kütuste puhul võimalik teha seiratavate parameetrite asjakohast valikut. Arvestades teavet põlevkivi elementaarkoostise, sh raskmetallide sisalduse kohta, võib järeldada, et nende parameetrite lausaline määramine igas käitises ei ole vajalik. Samas ei sätesta LCP BREF eelnõu kontrolli sagedust. Lähtudes õhkuheite seiretingimustest on vaja korraldada põhjalikud mõõtmised, kui on põhjust eeldada kütuse karakteristikute olulist muutust (nt põlevkivi kasutuselevõtt uuest maardlast). Seejuures võib kütuse iseloomustamisel lähtuda maardla geoloogiliste uuringute käigus saadud teabest.

Käesoleva PVT-kirjelduse ptk 4.3. annab ülevaate käitiste omaseire korraldusest, millest nähtub, et ettevõtted mõõdavad regulaarselt kütuste parameetreid, mis mõjutavad põlemisprotsessi (kütteväärtus, tahkekütustel niiskusesisaldus ja tuhasus). Ptk 2.2.1 toodud andmetest nähtub, et põlevkivigaaside oluliselt muutuvad parameetrid on põlevkivibensiini ja väävelvesiniku sisaldus. Alumise kütteväärtuse määramiseks kasutatakse ka standardit EVS-EN ISO 6976:2005.

**Ettepanek:** sõnastada PVT-na, et vähemalt kord kuus mõõdetakse kasutatavate kütuste põlemisprotsessi mõjutavaid parameetreid. Tahkekütustel vähemalt kütteväärtust, niiskusesisaldust ja tuhasust, põlevkivigaasidel vähemalt kütteväärtust (lähtudes selle määramisel põlevkivibensiini sisaldusest või muudest asjakohastest meetoditest) ja väävelvesiniku sisaldust. LCP BREF järgne karakteristikute mõõtmine tuleb teha kütuse esmakordsel kasutuselevõtul või kui on põhjust eeldada kütuse karakteristikute olulist muutust.

#### **Seire tavapärastest erinevates käitamistingimustes**

LCP BREF määratleb PVT-na õhku- ja vetteheite asjakohase seiramise tavapärastest erinevate käitamistingimuste ajal (PVT nr 6bis), seda kas heite otsese mõõtmistega või surrogaatparameetrite seire kaudu, kui on tõendatud et see annab otseste mõõtmistega võrreldes samaväärse või parema kvaliteedi (surrogaatparameetrid on protsessi vms parameetrid, mille mõõtmine või kontroll võimaldab heidet kaudselt iseloomustada, näited võimalikest surrogaatparameetritest on toodud seire viitedokumendis). Käivitamis- ja sulgemisperioodi heiteid saab iseloomustada detailsete heite mõõtmistega tüüpilise käivitamise-sulgemise ajal vähemalt 1 kord aastas, need tulemused võetakse aluseks ülejäänud aasta jooksul toimuvate käivitamise-sulgemiste iseloomustamiseks.

**Ettepanek:** PVT-järeldustes kasutada LCP BREF sõnastust.



## 5.2. Ülevaade põlevkivi energeetilisel kasutamisel tekkivate heidete vähendamise tehnilistest lahendustest

### Tehnoloogiate võrdluste alused

Põlevkivi energeetilise kasutamise tehnoloogiad erinevad üksteisest konfiguratsiooni-, õli-tootmisega integreerituse, seadmete konstruktsiooni ja tootlikkuse, kontrollsüsteemide ja keskkonnakaitseliste rajatiste poolest. Lisaks eelnimetatutele seisnevad erinevused veel omaniku strateegias ja turu olukorras, käitise asukohas ja vanuses, ajaloolises arengus, piirkonna infrastruktuuris.

### Tehniliste lahenduste tõhusus ja saastekoormus

Tehniliste lahenduste tõhususe hindamine on raskendatud põlevkivienergeetika ettevõtete väikese valimi tõttu (3 ettevõtet 5 käitisega). Seetõttu iseloomustavad ettevõtetelt saadud ja ptk 4 esitatud andmed pigem konkreetse käitise tööd tervikuna, mitte niivõrd rakendatud konkreetset tehnilist lahendust. Põhimõtteliselt, mõnede tehniliste lahenduste efektiivsused on tuletatavad BREF-dest, kuid siin tuleb arvestada põlevkivi omadustest tulenevaid iseärasusi. Järgnevalt on toodud ülevaade LCP ja REF PVT-meetmetest, mis eeldatavalt on rakendatavad põlevkivienergeetikas.

### LCP BREF, üldine põlemisprotsessi ja keskkonnanäitajate tase (ptk 10.1.3)

Põletusseadmete üldise keskkonnavalase tegevuse tulemuslikkuse parandamiseks ja CO ning põlemata ainete õhkuheite vähendamiseks, on PVT optimaalse põlemise kindlustamine kasutades ühte või mitut alljärgnevatest meetmetest (PVT 4, võrreldes viitedokumendiga on järjestust muudetud vastavalt kohaldatavusele):

Üldkohalduvad (nii olemasolevate kui uute käitiste puhul):

1. Kütuste segamine (*blending and mixing*) – segatakse erineva kvaliteediga sama tüüpi kütust (nt biomassi);
2. Põletussüsteemi hooldus – regulaarne planeeritud hooldus vastavalt tehnoloogia tarnija soovitudele.

Kohaldumine uutele käitistele:

3. Kütuste valik – ette näha kütuste kasutamine, millel on paremad heitenäitajad.
4. Edasiarenenud (*advanced*) põlemisprotsessi kontrollsüsteemid;
5. Põletusseadmetiku hea tehniline lahendus – ahjude, põlemiskambrite jms heal tasemel projekteerimine.

Normaalsetes käitamistingimustes õhkuheite vähendamiseks on PVT tagada asjakohase projekteerimise, käitamise ja hoolduse kaudu, et heite kontrollsüsteemid on kasutuses optimaalse võimsusega ja rakendatavusega.

**Ettepanek:** PVT-järeldustesse kaasata eeltoodud meetmed.

### REF BATC ptk 1.9. PVT-järeldused põletusseadmetele

Primaarmeetmete ülevaade on esitatud tabelis 5.2, seejuures on näidatud millistele saasteainetele need kohalduvad.



**Tabel 5.2. Õhkuheite vähendamiseks rakendatavad primaarmedetmed REF BATC järgi**

| Meede                                                                     | Rakendatavus                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Kohaldub saasteainetele                             |
|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| 1. Tahke- ja vedelkütuste asendamine gaasilisega                          | Gaasid sisaldavad reeglina vähem lämmastikühendeid kui muud kütused, samuti ei teki tuhka ja puudub raskmetallide heide.<br>Põlevkivigaasid ei ole madala väävlisisaldusega. Gaasi kasutamisel on suitsugaaside väävlisisaldus oluliselt suurem kui põlevkivi kasutamisel.                                                                                                                                                                          | NO <sub>x</sub> , tahked osakesed (TO) raskmetallid |
| 1.1. Põlevkivigaaside töötlemine H <sub>2</sub> S sisalduse vähendamiseks | Madala kalorsusega CO ja S sisaldavate gaaside puhul võib enne H <sub>2</sub> S ärastust vaja minna konverterit.<br>Amiintöötlemise rakendamine eeldab ka sellele eelneva separaatorsüsteemi – amiintöötlemise seadmele sattuvate süsivesinike kogus tuleb minimeerida - ja järgneva väävlitootmissüsteemi väljaheitmist, mistõttu on rakendatavus olemasolevas käitises piiratud ja ka uues käitises ei tarvitse see olla tehniliselt otstarbekas. | SO <sub>2</sub>                                     |
| <b>2. Põlemisprotsessi modifitseerimine</b>                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |                                                     |
| 2.1. mitmeastmeline põlemine:                                             | Rakendatakse põlemisõhu astmelisust ja kütuse põletamise astmelisust; kütuse mitmeastmelisel põletamisel võib vaja minna spetsiaalseid põleteid.                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | NO <sub>x</sub>                                     |
| 2.2. põlemisprotsessi optimeerimine                                       | Üldiselt rakendatav                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | NO <sub>x</sub> , TO, raskmetallid                  |
| 2.3. suitsugaaside retsirkuleerimine                                      | Vajalikud spetsiaalpõletid, olemasolevates seadmes meetme kasutamise võimalused piiratud                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | NO <sub>x</sub>                                     |
| 2.4. madala NO <sub>x</sub> tekkega põletite kasutamine                   | Rakendatav uutel üksustel ja arvestades kütusest tulenevaid piiranguid sellised põletid ei suuda põletada väävlirikast gaasi, st põlevkivigaaside põletamise korral rakendamise eelduseks H <sub>2</sub> S eraldamise seadme olemasolu                                                                                                                                                                                                              | NO <sub>x</sub>                                     |
| 2.5. vedelkütuse atomiseerimine                                           | Üldiselt rakendatav vedelkütuste põletamisel (kuid vedelkütus põlevkivienergeetikas pigem erand).                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | TO, raskmetallid                                    |

**Ettepanek:** PVT-järeldustesse kaasata tabelist 5.2 põletusprotsessi modifitseerimise meetmed ühe või mitme alljärgneva meetme kasutamisega:

- üldkohalduvatena 2.1, 2.2;
- ainult uutel käitistel 2.3, 2.4.





### 5.3. Võimalikud lahendused saaste kontrollimiseks ja energia efektiivsemaks kasutamiseks

#### Saastekoormuse PVT-taseme määramine

Saastekoormuse PVT-taseme määramine on raskendatud põlevkivienergeetika ettevõtete väikese valimi (3 ettevõtet 5 käitisega) ja saadud andmete ulatuse tõttu. Seetõttu iseloomustavad ettevõtetelt saadud ja ptk 4 esitatud andmed heitetasemete kohta pigem konkreetse käitise tööd ja ei ole üheselt seotavad rakendatud tehniliste lahendustega. Seetõttu on PVT-tasemed määratavad üldistatuna arvestades põletusseadme nimisoojusvõimsust ja kütuseliike.

#### 5.3.1. Energiaefektiivsus

LCP BREF 2016 määratleb põlemisprotsessi energeetilise efektiivsuse suurendamisel PVT-na järgmiste meetmete asjakohase kombinatsiooni kasutamise (PVT 7, kasutatud on LCP BREF viitamissüsteemi):

- b. superkriitilised ja ultra-superkriitilised auru tingimused: rakendatav ainult uutel seadmetel võimsusega  $\geq 600 \text{ MW}_{\text{th}}$  ja tööajaga üle 4000 tunni aastas; ei ole rakendatav, kui on vaja toota madala temperatuuriga ja/või rõhuga auru tööstusettevõtetele; ei ole rakendatav koostootmisjaamades; biomassi põletamisel võib rakendatavus olla piiratud kõrgtemperatuurse korrosiooni tõttu.
- c. Protsessi toimumise keskkonna tingimuste optimeerimine – töötamine kõrgeima võimaliku temperatuuri ja rõhuga gaasi või auruga, arvestades piirangutega mis tulenevad nt NO<sub>x</sub> heite kontrolli vajadustest või nõuetest väljastava energia karakteristikutele.
- d. Aurutsükli optimeerimine.
- e. Elektri- ja soojusenergia koostootmine. Soojust saadakse peamiselt auru jahutussüsteemist, aga lisavõimalused soojustagastuseks on suitsugaasidest, resti (*grate*) jahutamisest ja tsirkuleerivast keevkihist. Rakendatavus sõltub asukoha soojusenergia vajadusest (tööstuse, kaugkütte olemasolu). Ka REF BATC PVT 2-(iii)-a meede hõlmab elektri- ja soojusenergia (sh auru) koostootmist samast kütusest.
- f. Toitevee eelsoojendamine kasutades soojustagastusest saadavat energiat – rakendatav ainult aurukateldel, mitte veekateldel. Olemasolevates üksustes võib rakendatavus olla problemaatiline.
- g. Põlemisõhu eelsoojendamine – kasutades osa suitsugaaside soojustagastusest saadud energiat. Rakendatavust võib piirata vajadus kontrollida NO<sub>x</sub> heidet.
- h. Auruturbiini kaasajastamine (*upgrade*) – erinevad tehnikad nagu keskrõhu auru temperatuuri ja rõhu tõstmine, madalrõhu turbiini lisamine, labade geomeetria modifitseerimine. Rakendatavust võib piirata nõudlus/auru parameetrid (*steam conditions*) ja/või põletusseadme piiratud eluiga.
- i. Edasiarenenud (*advanced*) põlemisprotsessi kontrollsüsteemid; vanematel põletusseadmetel võib rakendatavus olla piiratud.



- j. Heide jahutustorni kaudu – suitsugaasid suunatakse jahutustorni. Saab kasutada ainult FGD puhul, kui on vajalik suitsugaasi taassoojendamine enne väljutamist ja kui põletusseade kasutab jahutustorni.
- k. Märg korsten – kasutatakse heitgaaside ärajuhtimisel tingimusi, kus veeaurud kondenseeruvad korstnas ja see asendab gaas-gaas soojendit pärast suitsugaaside märja puhastuse (WFGD) rakendamist. Rakendatav uutes ja olemasolevates käitistes, kus on kasutuses suitsugaaside märgpuhastus (WFGD).
- l. Kütuste eelkuivatamine – biomassi ja turba kasutamisel arvestades isesüttimise võimalusest tingitud piiranguid. Olemasolevates seadmetes võivad olla rakendamisel ka energeetilised ja tehnilised piirangud.
- m. Kütuse eelsoojendamine – kasutades suitsugaaside soojustagastusest saadud energiat. Üldiselt rakendatav, kuid tuleb arvestada katla ehitusest ja NO<sub>x</sub> heite kontrolli vajadusest tulenevaid piiranguid.
- n. Põlemisprotsessi optimeerimine. Meede vähendab ka saasteainete nagu CO, TOC ja H<sub>2</sub>S heidet, samuti väheneb kütuse koostises olla võivate lõhnaainete heide.
- o. Soojuse akumuleerimine – rakendatav ainult CHP puhul. Rakendatavus piiratud, kui soojuskoormus on väike (*low heat load demand*).
- p. Kaasaegsete (*advanced*) materjalide kasutamine – kõrgematele temperatuuridele ja rõhkudele vastupidavamate materjalide kasutamine. Rakendav ainult uute põletusseadmete puhul.
- q. Soojuskadude minimeerimine – jääksoojuse kadude vähendamine, nt šlaki kaudu ja kiirguspindade isoleerimine. Rakendatav ainult tahkekütust kasutatavatel seadmetel.
- r. Energiatarbe minimeerimine – väiksema energiatarbega seadmed, nt toitevee pumba suurem energeetiline kasutegur.
- s. Suitsugaaside kondenseerimine – rakendatav CHP seadmetel ja kui on piisav nõudlus madala temperatuuriga soojusele.

**Ettepanek:** PVT-järel dustesse kaasata ühe või mitme loetletud meetme kasutamine järgmise kohaldatavusega:

- üldkohalduvatena c), d), g), h), j), k), m), n), o), q), r), s);
- ainult uutes käitistes b), e), f), i), l), p).

LCP BREF toob PVT-na välja kasutegurid, mis on seotud PVT-ga (PVT SET). Need sõltuvad erinevate kütuste kasutamisest ja on kokkuvõtvalt esitatud tabelis 5.3 (näidatud on ainult nende kütuste väärtused, mis eeldatavalt on kõige sarnasemad põlevkivienergeetika tingimustele, st ligniit, võimalikku koospõletamist arvestades ka biomass ja turvas). Neid ei rakendata üksustele, mis töötavad alla 1500 tunni aastas. Koostootmisjaamade puhul kehtib ainult üks kasuteguri tüüp: kas elektriline kasutegur või kütuse kasutamise kogukasutegur, sõltuvalt sellest, kas konkreetne seade on kavandatud tootma pigem elektrit või pigem soojust. Paarist süsi-ligniit on toodud ainult ligniidi näitajad, kusjuures kasutegurite alumised väärtused arvestavad ebasoodsaid kliimatilisi tingimusi, ligniidi madalat kütteväärtust ja seadmete vanust (enne 1985. a ehitatud käitised). Biomassi ja turba kasutamisel võivad elektrilist kasutegurit negatiivselt mõjutada ebasoodsad kliimatilised tingimused või kasutatava jahutussüsteemi tüüp.

**Tabel 5.3. PVT-tasemega seotud kasutegurid LCP BREF järgi**

| Põletusseadme tüüp                    | PVT SET                       |                  |                       |
|---------------------------------------|-------------------------------|------------------|-----------------------|
|                                       | Neto elektriline kasutegur, % |                  | Neto kogukasutegur, % |
|                                       | Uus seade                     | Olemasolev seade |                       |
| Ligniit, $\geq 1000$ MW <sub>th</sub> | 42 – 44 <sup>35</sup>         | 33,5 – 42,5      | 75 – 97               |
| Ligniit, $<1000$ MW <sub>th</sub>     | 36,5 – 40                     | 31,5 – 39,5      | 75 – 97               |
| Tahke biomass, turvas                 | 33,5 – > 38                   | 28 – 38          | 73 – 99 <sup>36</sup> |

Olemasolevatel põlevkivielektrijaamadel on madalamad auru parameetrid, mistõttu turbiiniga elektrijaama kasutegur on kuni 30%, samalaadsel kivisööelektrijaamal aga kuni 40%. Siit järeldub, et olemasolevate kütiste puhul ei ole LCP BREF kasutegurite rakendamine põhjendatud.

Uue elektrijaamade väärtuse saaks kehtestada Auvere 300 MW<sub>e</sub> monoploki elektrijaama näitajate põhjal. Selle jaama auru parameetrid on kõrgemad kui olemasolevatel jaamadel ja seetõttu on jaama projekteeritud netto elektriline kasutegur ligikaudu 40 % (katsetuste tulemus: saavutatud).

**Ettepanek:** kasutegureid arvestatakse, kuid olemasolevatele põlevkivienergeetika kütistele PVT SET taset ei kehtestata. Uute kütiste puhul vastab tase LCP BREF ligniiti kasutavate põletusseadmete tasemele.

### 5.3.2. Õhkuheite vähendamine sekundaarmetmetega

LCP BREF: Kui mõni ühisesse korstnasse eraldi suitsukäiguga ühendatud üksus töötab vähem kui 1500 tundi aastas, võib seda üksust käsitleda eraldi muust põletusseadmest, tingimusel et selle üksuse suitsukäigul on eraldi seiresüsteem. Üldiselt arvestatakse seadme kõikide osade jaoks PVT-ga seotud saastetasemeid kogu seadme kütus(t)e soojussisendi järgi.

Kui primaarsete meetmete rakendamisega ei ole tagatud PVT-ga seostatav saastetase, tuleb kasutada puhastusseadmeid. Sekundaarmetmed on toodud eraldi saasteainete kaupa. Samas on näidatud ka PVT-ga seonduvad saastetasemed (PVT SHT), mis on seotud nii primaarmetmete kui sekundaarmetmete kombinatsiooni kasutamisega.

Mitme kütuse põletamisel on üheks võimaluseks PVT SHT määramisel lähtuda tööstusheite direktiivi artikkel 40 ja V lisa 1. ja 2. osas sätestatust - põletusseadmetes, milles omatarbeks kasutatakse nafta rafineerimisel tekkivaid destilleerimis- või ümbertöötlemisjääke, kas üksinda või koos teiste kütustega, tuleb samaaegselt vähemalt kahte liiki kütuse kasutamisel määrata heite piirväärtused arvutuslikult, lähtudes iga kütuse kütteväärtusest ja kütusele omistatud heite piirväärtuse tasemest. Erinevate kütuste koospõletamisel tekkivad heite piirväärtused on sel juhul nn kaalutud keskmised. Lisas 2 on toodud vastav arvutusvalem ja näited selle rakendamisest erinevate kütuste segude puhul. Antud juhul ei ole tegemist nafta rafineerimise õigusliku regulatsiooni rakendamisega põlevkivienergeetikas vaid võimaliku prognostilise meetodiga. Arvutusvalemi rakendatavust hinnatakse allpool igal saasteaine puhul eraldi.

<sup>35</sup> Kui ligniidi kütteväärtus on  $< 6$  MJ/kg, siis alumine väärtus on 41,5%.

<sup>36</sup> Nende väärtuste saavutamist võib takistada erakordselt madala potentsiaaliga soojusenergia nõudlus.



Järgnevalt on kombineeritud REF BATC ptk 1.9. PVT-järeldused põletusseadmetele (eraldi ei viidata) ja asjakohased LCP BREF PVT-sätteid (viidatakse). Siinkohal ei vaadelda gaasiturbini, kuna neid kasutuses ei ole (kui võetaks kasutusele, rakenduvad REF BREF nõuded). Näidatud on ainult nende kütuste PVT SHT väärtused, mis eeldatavalt on kõige sarnasemad põlevkivienergeetika tingimustele.

#### 5.3.2.1. Meetmed $\text{NO}_x$ saastetaseme alandamiseks

1. Selektiivne katalüütiline taandamine (SCR – selective catalytic reduction);
2. Selektiivne mittekatalüütiline taandamine (SNCR – selective non-catalytic reduction);

Nii SCR kui SNCR kasutamisele kohaldub ammoniaagi heite PVT SHT 5–15 mg/Nm<sup>3</sup> kuukeskmisena. LCP BREF määratleb aastakeskmise PVT SHT 3–10 mg/Nm<sup>3</sup>.

LCP BREF toob välja ka rakendatavuse piirangud: SCR ei ole üldiselt rakendatav seadmetele, mille võimsus on < 100 MW<sub>th</sub>, piiratud tööajaga (< 500 tundi aastas) seadmetele < 300 MW<sub>th</sub>, samuti võivad tekkida tehnilised probleemid suurema võimsusega seadmetel, mille tööaeg on 500–1500 tundi aastas.

3. Madalatemperatuurine oksüdeerimine – rakendamine võib olla piiratud kuna vajalik on täiendava märgpuhastuse võimsus, tuleb hinnata osoonitekke mõjusid ja rakendada asjakohast riskiohjet. Lisaks vajab suures koguses vedelat hapnikku osooni tekitamiseks. Olemasolevates käitistes võib piiravaks teguriks olla ruumipuudus.
4.  $\text{SNO}_x$  kombineeritud tehnika – saab rakendada ainult suitsugaaside suurte mahtkiirustel (ligikaudu alates 800 000 Nm<sup>3</sup>/h) ja kui on vajalik nii  $\text{SO}_2$  kui  $\text{NO}_2$  saastetasemete alandamine.

**Ettepanek:** PVT-järeldustesse kaasata ühe või mitme loetletud meetme kasutamine, kui on vajalik  $\text{NO}_x$  saastetasemete alandamine, järgmise kohaldatavusega:

- üldkohalduvatena – 1, 2, 4;
- ainult uutes käitistes – 3.

Olemasolevates põlevkivijaamades on tolmpõletuskatelde  $\text{NO}_x$  saastetaseme alandamise põhi-meetmeks OFA. LCP BREF esitab sellest tehnoloogiast ülevaate, kuid ei määratle seda PVT-na, kuna selle rakendamisega võib kaasneda suur CO heide või põlemata süsiniku osakaal. Samas on kaalutlemisel viidatud, et korrektselt projekteeritud põletusseadmetel ei kaasne OFA rakendamisega CO või põletamata süsiniku osakaalu suurenemine. Põlevkivienergeetikas on lahenduseks tertsiaarse õhu lisamine gaaside ja lendtuha järelpõletamiseks (vt käesoleva PVT-kirjelduse ptk 3.4.1).

**Ettepanek:** olemasolevate põlevkivi tolmpõletuskatelde puhul on PVT-ks OFA. Rakendatav ka uutel seadmetel sõltumata katla tüübist kombinatsioonis teiste tehnikatega.

#### Tolmpõletus

Ptk 3.4.1 toodud andmetest selgub, et põlevkivi tolmpõletamisel on põlemistemperatuur kõrge ja tekkiv  $\text{NO}_x$  on kuni 40 % ulatuses tekkinud õhulämmastikust.

**Ettepanek kuni 300 MW<sub>th</sub> võimsusega suurte põletusseadmete korral:** olemasolevaid < 300 MW<sub>th</sub> põlevkivi tolmpõletuskateldega seadmeid kasutuses ei ole.



Uued põlevkivi tolmpõletuskatlad on PVT, kui põletusseadmel suudetakse tagada LCP BREF piirväärtused, mis vastavad uute ligniidikatelde PVT SHT piirväärtustele tabelis 5.4:

< 100 MW<sub>th</sub>: aastakeskmise 100 – 150 mg/Nm<sup>3</sup>, päevakeskmise 155 – 200 mg/Nm<sup>3</sup>,  
100 – 300 MW<sub>th</sub>: aastakeskmise 50 – 100 mg/Nm<sup>3</sup>, päevakeskmise 80 – 130 mg/Nm<sup>3</sup>.

### Üle 300 MW<sub>th</sub> võimsusega põletusseadmed:

Olemasolevate põlevkivikateldega elektrijaamade (sh tööstusheite seaduse mõistes piiratud tööeaga käitatavad puhastusseadmeteta plokid) NO<sub>x</sub> 1-tunni keskmised õhkuheited on vahemikus 186–373 mg/Nm<sup>3</sup>, deSO<sub>x</sub> ja deNO<sub>x</sub> seadmetega plokkidel 169–238 mg/Nm<sup>3</sup>. Kõigi selle kategooria tolmpõletuse katelde näol on tegemist mitme kütuse põletusseadmetega. Olemasolevate katelde puhul on reaalne saavutada päevakeskmise heide 220 mg/Nm<sup>3</sup>, aastakeskmise 200 mg/Nm<sup>3</sup>.

**Ettepanek:** olemasolevate käitiste PVT SHT päevakeskmise piirväärtus on kuni 220 mg/Nm<sup>3</sup>, aastakeskmise kuni 200 mg/Nm<sup>3</sup>. PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on < 1500 tundi aastas.

Kui OFA ei suuda tagada eeltoodud PVT SHT, võtta täiendavalt kasutusele SNCR või muud asjakohased meetmed saastetaseme vähendamiseks.

Uutes käitistes vastab PVT SHT uute ligniidi põletusseadmete näitajatele tabelis 5.4: aastakeskmise 50–85 mg/Nm<sup>3</sup>, päevakeskmise 80–125 mg/Nm<sup>3</sup>.

### CFB

Kõik olemasolevad CFB katlad on üle 300 MW<sub>th</sub> võimsusega. NO<sub>x</sub> 1-tunni keskmised õhkuheited puhastusseadmeid kasutamata on vahemikus 68–200 mg/Nm<sup>3</sup>. Võib eeldada, et see vastab ligikaudu olemasolevate ligniidikatelde PVT SHT aastakeskmisele vahemikule <85–175 mg/Nm<sup>3</sup> (arvestades enne 7.01.2014 käikuandmise erisust). Segukütuse kasutamisel saastekoormus suureneb (st lisas 2 toodud arvutusvalem ei ole rakendatav muuks kui progностiliseks indikatsiooniks), olemasolevate katelde puhul on reaalne saavutada päevakeskmise heide 220 mg/Nm<sup>3</sup>, aastakeskmise 200 mg/Nm<sup>3</sup>. PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on < 1500 tundi aastas.

Auvere elektrijaam on projekteeritud saastetasemele 150 mg/Nm<sup>3</sup>.

Uutes käitistes vastab PVT SHT uute ligniidi põletusseadmete näitajatele tabelis 5.4: aastakeskmise 50–85 mg/Nm<sup>3</sup>, päevakeskmise 80–125 mg/Nm<sup>3</sup>.

### Põlevkivigaaside kamberpõletus mitme kütuse põletamisel

Olemuselt mitme kütuse põletamine, sh gaasiline segukütus. Kasutatakse ümberehitatud tolmpõletuskatlad võimsusega < 100 MW<sub>th</sub>. Olemasolevate katelde NO<sub>x</sub> õhkuheited gaaskütuse kasutamisel on põlevkivigaaside põletamisel vahemikus 330–490 mg/Nm<sup>3</sup> ja põlevkivi/kütuste segu kasutamisel 330–450 mg/Nm<sup>3</sup> (mõlemad pidevseire kuukeskmised), mistõttu ei ole neid võimalik otseselt võrrelda LCP BREF piirväärtustega, kuid seadmete töökoormust arvestades võib järeldada, et ei saavutata ligniidikateldele sätestatud maksimaalselt aastakeskmist piirväärtust 270 mg/Nm<sup>3</sup>, samuti ei ole rakendatav lisas 2 toodud arvutusvalem. Samas on heide ligikaudu vastavuses REF BATC PVT SHT kuukeskmise maksimaalse erandliku väärtusega 450 mg/Nm<sup>3</sup> kütuste segu kasutamise korral.

**Tabel 5.4. PVT-ga saavutatavad NO<sub>x</sub> kontsentratsioonid heitgaasides**

|                                                          |                                                                                                                                                                                                |                          |                                                |                          |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|
| Kasutatav kütus                                          | PVT SHT, NO <sub>x</sub> mg/Nm <sup>3</sup>                                                                                                                                                    |                          |                                                |                          |
| REF BATC 2016: 3% O <sub>2</sub> , kuukeskmise           |                                                                                                                                                                                                |                          |                                                |                          |
| Gaaskütused                                              | Olemasolev seade: 30–150 mg/Nm <sup>3</sup> (õhu kõrgtemperatuurse eelsoojenduse kasutamisel, st > 200 °C, on ülemine väärtus 200 mg/Nm <sup>3</sup> )<br>Uus seade: 30–100 mg/Nm <sup>3</sup> |                          |                                                |                          |
| Kütuste segu                                             | 30–300 mg/Nm <sup>3</sup> (olemasolev seade: kui kütuse lämmastiksisaldus on > 0,5 % või õhu eelsoojenduse kasutamisel kuni 450 mg/Nm <sup>3</sup> )                                           |                          |                                                |                          |
| LCP BREF 2016                                            |                                                                                                                                                                                                |                          |                                                |                          |
| Tahked kütused - ligniit: 6% O <sub>2</sub>              |                                                                                                                                                                                                |                          |                                                |                          |
| Seadme tüüp ja võimsus                                   | Aastakeskmise                                                                                                                                                                                  |                          | Päevakeskmise või proovivõtu perioodi keskmine |                          |
|                                                          | Uus seade                                                                                                                                                                                      | Olemasolev <sup>37</sup> | Uus seade                                      | Olemasolev <sup>38</sup> |
| < 100 MW <sub>th</sub>                                   | 100–150                                                                                                                                                                                        | 100–270                  | 155–200                                        | 165–330                  |
| 100 – 300 MW <sub>th</sub>                               | 50–100                                                                                                                                                                                         | 100–180                  | 80–130                                         | 155–210                  |
| ≥ 300 MW <sub>th</sub> FBC katel, PC katel               | 50–85                                                                                                                                                                                          | <85–150 <sup>39</sup>    | 80–125                                         | 140–165 <sup>40</sup>    |
| Tahked kütused - biomass ja turvas (6 % O <sub>2</sub> ) |                                                                                                                                                                                                |                          |                                                |                          |
| 50 – 100 MW <sub>th</sub>                                | 70–150 <sup>41</sup>                                                                                                                                                                           | 70–225 <sup>42</sup>     | 120–200 <sup>43</sup>                          | 120–275 <sup>44</sup>    |
| 100 – 300 MW <sub>th</sub>                               | 50–140                                                                                                                                                                                         | 50–180                   | 100–200                                        | 100–220                  |
| ≥ 300 MW <sub>th</sub>                                   | 40–140                                                                                                                                                                                         | 40–150 <sup>45</sup>     | 65–150                                         | 95–165 <sup>46</sup>     |

**Ettepanek kuni 300 MW<sub>th</sub> võimsusega seadmete korral:** olemasolevate kütiste PVT SHT on kuukeskmiste piirväärtuste aastakeskmise väärtus 450 mg/Nm<sup>3</sup> sõltumata kasutatava kütuse tüübist. PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on < 1500 tundi aastas.

### 5.3.2.2. Tahkete osakeste ja raskmetallide heite vähendamiseks puhastusseadmete kasutamine

LCP BREF eelnõu järgi on PVT järgmiste seadmete kasutamine:

1. Elektrifilter (ESP) – üldkohalduv meede; REF BATC viitab, et olemasolevatel seadmetel võib rakendatavust piirata ruumipuudus;
2. Kottfilter - üldkohalduv meede;
3. Sorbendi sissepritse (katla koldesse või kihti) – üldkohalduv meede; tehnikat kasutatakse peamiselt SO<sub>x</sub>, HCl ja/või HF kontrollimiseks;

<sup>37</sup> PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on < 1500 tundi aastas.

<sup>38</sup> Indikatiivsed vahemikud seadmetele, mille tööaeg on < 500 tundi aastas

<sup>39</sup> Kateldel, mis on käiku antud enne 7.01.2014 on ülemine väärtus 175 mg/Nm<sup>3</sup>

<sup>40</sup> Kateldel, mis on käiku antud enne 7.01.2014 on ülemine väärtus 220 mg/Nm<sup>3</sup>

<sup>41</sup> Kõrge leelisusega kütuste (kuivaines K > 2000 mg/kg ja/või Na > 300 mg/kg) põletamisel on ülemine väärtus 200 mg/Nm<sup>3</sup>

<sup>42</sup> Kõrge leelisusega kütuste (kuivaines K > 2000 mg/kg ja/või Na > 300 mg/kg) põletamisel on ülemine väärtus 250 mg/Nm<sup>3</sup>

<sup>43</sup> Kõrge leelisusega kütuste (kuivaines K > 2000 mg/kg ja/või Na > 300 mg/kg) põletamisel on ülemine väärtus 260 mg/Nm<sup>3</sup>

<sup>44</sup> kateldes, mis on käiku antud enne 7.01.2014, on ülemine väärtus 310 mg/Nm<sup>3</sup>

<sup>45</sup> Kateldel, mis on käiku antud enne 7.01.2014 on ülemine väärtus 160 mg/Nm<sup>3</sup>

<sup>46</sup> Kateldel, mis on käiku antud enne 7.01.2014 on ülemine väärtus 200 mg/Nm<sup>3</sup>





4. Suitsugaaside kuivpuhastus või poolkuiv puhastus – üldkohalduv meede, tehnikat kasutatakse peamiselt  $\text{SO}_x$ , HCl ja/või HF kontrollimiseks;
5. Märghpuhastus – rakendatavus on piiratud, juhul kui puhastamisega kaasnevaid jäätmeid (nt kõrge sooladesisaldusega vesi) ei saa taaskasutada või nõuetekohaselt kõrvaldada, olemasolevates käitistes võib rakendatavust piirata ruumipuudus; tehnikat kasutatakse peamiselt  $\text{SO}_x$ , HCl ja/või HF kontrollimiseks.

LCP BREF ei nimeta tsükloneid PVT-na (eelnõu tabelis maha tõmmatud). Samas kombineeritud teiste puhastusmeetoditega ei ole nende kasutamine välistatud.

REF BATC 2016 PVT-ga seostatav tahkete osakeste saastetase uutele käitistele võimsusega  $< 50 \text{ MW}_{\text{th}}$  (kuukeskmised väärtused, 3 %  $\text{O}_2$ ):  $5 - 25 \text{ mg/Nm}^3$   
 Olemasolevatele käitistele:  $5 - 50 \text{ mg/Nm}^3$

LCP BREF PVT-ga seostavad tahkete osakeste saastetasemed toodud tabelis 5.5.

**Tabel 5.5. PVT-tasemega seotud tahkete osakeste kontsentratsioonid heitgaasides**

| <b>LCP BREF 2016</b>                                                |               |                          |                                                |                          |
|---------------------------------------------------------------------|---------------|--------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|
| Tahked kütused - ligniit: 6 % $\text{O}_2$ . <b>Tahked osakesed</b> |               |                          |                                                |                          |
| Seadme tüüp ja võimsus                                              | Aastakeskmise |                          | Päevakeskmise või proovivõtu perioodi keskmine |                          |
|                                                                     | Uus seade     | Olemasolev <sup>47</sup> | Uus seade                                      | Olemasolev <sup>48</sup> |
| $< 100 \text{ MW}_{\text{th}}$                                      | 2–5           | 2–18                     | 4–16                                           | 4–22 <sup>49</sup>       |
| 100 – 300 $\text{MW}_{\text{th}}$                                   | 2–5           | 2–14                     | 3–15                                           | 4–22 <sup>50</sup>       |
| 300 – 1000 $\text{MW}_{\text{th}}$                                  | 2–5           | 2–10 <sup>51</sup>       | 3–10                                           | 3–11 <sup>52</sup>       |
| $\geq 1000 \text{ MW}_{\text{th}}$                                  | 2–5           | 2–8                      | 3–10                                           | 3–11 <sup>53</sup>       |

## Tolmpõletus

### Üle 300 $\text{MW}_{\text{th}}$ võimsusega katlad

Olemasolevate põlevkivikateldega elektriijaamade (sh tööstusheite seaduse mõistes piiratud tööaega käitatavad puhastusseadmetega plokkide) tahkete osakeste 1-tunni keskmised õhkuheidet on vahemikus  $25\text{--}281 \text{ mg/Nm}^3$ , deSOx ja deNOx seadmetega plokkidel  $12 - 104 \text{ mg/Nm}^3$ .

**Ettepanek:** olemasolevatel deSOx ja deNOx seadmetega tolmpõletusega plokkidel on PVT SHT kuni  $20 \text{ mg/Nm}^3$ , PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on  $< 1500$  tundi aastas.

Uutele käitistele on PVT SHT kuni  $10 \text{ mg/Nm}^3$ .

<sup>47</sup> PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on  $< 1500$  tundi aastas

<sup>48</sup> Indikatiivsed vahemikud seadmetele, mille tööaeg on  $< 500$  tundi aastas

<sup>49</sup> Kateldel, mis on käiku antud enne 7.01.2014 on ülemine väärtus  $28 \text{ mg/Nm}^3$

<sup>50</sup> Kateldel, mis on käiku antud enne 7.01.2014 on ülemine väärtus  $25 \text{ mg/Nm}^3$

<sup>51</sup> Kateldel, mis on käiku antud enne 7.01.2014 on ülemine väärtus  $12 \text{ mg/Nm}^3$

<sup>52</sup> Kateldel, mis on käiku antud enne 7.01.2014 on ülemine väärtus  $20 \text{ mg/Nm}^3$

<sup>53</sup> Kateldel, mis on käiku antud enne 7.01.2014 on ülemine väärtus  $14 \text{ mg/Nm}^3$





### CFB

Kõik olemasolevad CFB katlad on üle 300 MW<sub>th</sub> võimsusega. Tahkete osakeste 1-tunni keskmised õhkuheidet on vahemikus 16–45 mg/Nm<sup>3</sup>. Auvere 300 MW<sub>e</sub> jaam projekteeriti tasemele 10 mg/Nm<sup>3</sup>, kuid reaalne on saavutada heitetase < 20 mg/Nm<sup>3</sup>.

**Ettepanek:** olemasolevatel plokkidel on PVT SHT kuni 20 mg/Nm<sup>3</sup>. PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on < 1500 tundi aastas.

Uutele käitistele on PVT SHT kuni 10 mg/Nm<sup>3</sup>.

### Põlevkivigaaside kamberpõletus mitme kütuse põletamisel

Olemasolevate < 100 MW<sub>th</sub> (BKZ-75-39 Fsl) katelde tahkete osakeste õhkuheidet põlevkivi kütuste segu kasutamisel on 40–50 mg/Nm<sup>3</sup> (pidevseire kuukeskmised). NID kasutamisel on see 5–60 mg/Nm<sup>3</sup>.

See on ligikaudu vastavuses REF BATC PVT SHT kuukeskmise maksimaalse väärtusega 50 mg/Nm<sup>3</sup> olemasolevate seadmete korral.

**Ettepanek:** gaasipõletus REF BREF järgi kuukeskmise (kaalutud keskmisena kütuse soojussisendi järgi) PVT SHT:

- olemasolevad: 50 mg/Nm<sup>3</sup>;
- uued käitised: puhta gaasi puhul 25 mg/Nm<sup>3</sup>, FGD kasutamisel 30 mg/Nm<sup>3</sup>.

### Elavhõbeda heide

LCP BREF kirjeldab ptk 10.2.1.6 (PVT 23) elavhõbeda õhkuheidet vähendamise meetmeid, kuid neid siinkohal ära ei tooda, kuna põlevkivi ei ole olulise elavhõbeda sisaldusega kütus. PVT SHT ligniidi põletamisel on toodud tabelis 10.9 ja on uutel seadmetel 1–5 µg/Nm<sup>3</sup> (üle 300 MW<sub>th</sub> 1–4 µg/Nm<sup>3</sup>), olemasolevatel 1–10 µg/Nm<sup>3</sup> (üle 300 MW<sub>th</sub> 1–7 µg/Nm<sup>3</sup>). Elavhõbeda heide kohta võrdlusandmed puuduvad – eeldatavalt kohalduvad ligniidi põletamise eriheidet.

### Muude raskmetallide heide

Ligniidi ja ka biomassi/turba põletamisel muudele raskmetallidele LCP BREF 2016 PVT SHT ei kehtesta.

#### 5.3.2.3 Süsinikoksiidi õhkuheidet vähendamine

Süsinikoksiidi õhkuheidet vähendamiseks on PVT põlemisprotsessi operatiivne kontrollimine. REF BATC PVT SHT on ≤ 100 mg/Nm<sup>3</sup> CO (kuukeskmise väärtus, 3 % O<sub>2</sub>). Meede vähendab ka saasteainete nagu TO ja H<sub>2</sub>S heidet, samuti väheneb kütuse koostises olla võivate lõhnaainete heide.

LCP BREF 2016 ligniidi kasutamisel on indikatiivsed heitetasemed < 30–140 mg/Nm<sup>3</sup>. Biokütuse ja turba kasutamisel on uutes käitistes 50 – 100 MW<sub>th</sub> indikatiivsed heitetasemed üldiselt <30–250 mg/Nm<sup>3</sup>, olemasolevates ja uutes käitistes 100–300 MW<sub>th</sub> <30–160 mg/Nm<sup>3</sup>, ≥ 300 MW<sub>th</sub> <30–80 mg/Nm<sup>3</sup>.



### Tolmpõletus

Olemasolevate üle 300 MW<sub>th</sub> võimsusega kütiste CO heidet ei seirata. Keskkonnaministri 28.06.2013. a määrus nr 48 ei kehtesta CO piirväärtusi.

### CFB

Kõik olemasolevad CFB katlad on üle 300 MW<sub>th</sub> võimsusega. CO 1-tunni keskmised õhkuheidet on vahemikus 9–103 mg/Nm<sup>3</sup>.

### Põlevkivigaaside kamberpõletus

Olemasolevate < 100 MW<sub>th</sub> katelde CO õhkuheidet põlevkivi/kütuste segu kasutamisel on 180 – 480 mg/Nm<sup>3</sup> (pidevseire kuukeskmised).

**Ettepanek:** süsinikmonoksiidi heite vähendamiseks on PVT põlemisprotsessi operatiivne kontrollimine. PVT SHT piirväärtusi ei kehtestata.

#### 5.3.2.4 SO<sub>x</sub> heite vähendamiseks puhastusseadmete kasutamine

REF BATC järgi on PVT:

1. Mitteregeneratiivne märgpuhastus - rakendatavus on piiratud, juhul kui puhastamisega kaasnevaid jäätmeid (nt kõrge sooladesisaldusega vesi) ei saa taaskasutada või nõuetekohaselt kõrvaldada. Olemasolevates kütistes võib rakendatavust piirata ruumipuudus.
2. Regeneratiivne märgpuhastus (väävel töödeldakse kõrvaltooteks) – rakendatavus piiratud, kui kõrvaltootena saadavaid väävliühendeid ei õnnestu müüa. Olemasolevates kütistes on piiravaks teguriks ka olemasolevate väävli töötlemisseadmete võimsus, samuti ruumipuudus.
3. SNO<sub>x</sub> kombineeritud tehnika – saab rakendada ainult suitsugaaside suurtel mahtkiirustel (ligikaudu alates 800 000 Nm<sup>3</sup>/h) ja kui on vajalik nii SO<sub>2</sub> kui NO<sub>2</sub> saastetasemete alandamine.

PVT-ga saavutatavad SO<sub>x</sub> saastetasemed REF BATC-s on toodud tabelis 5.6.

**Tabel 5.6. PVT-ga saavutatavad SO<sub>x</sub> saastetasemed REF BATC järgi**

| Kasutatav kütus | PVT SHT, mg/Nm <sup>3</sup> (3% O <sub>2</sub> ), kuukeskmise                                                                          |
|-----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Gaaskütused     | 5 – 35 (juhul kui gaaside H/C molaarsuhe on üle 5, võib lubada ülemist väärtust kuni 45 mg/Nm <sup>3</sup> ), (läbinud amiinpuhastuse) |
| Kütuste segu    | 35 – 600<br>uued seadmed võimsusega 50–100 MW <sub>th</sub>                                                                            |
| Tahkekütused    | - (LCP BREF-st eraldi allpool tabelis 5.7)                                                                                             |

LCP BREF, ligniidi põletamisel SO<sub>x</sub>, HCl ja HF heite vähendamine (BAT 21)

PVT on kasutada ühte või mitut loetletud tehnikat (kasutatud on LCP BREF viitamissüsteemi):

- a. Kütuse valik – madala väävli, kloori või fluorisisaldusega kütuse valik; rakendatavus piiratud kütuse kättesaadavusega, sh juhul kui põletatakse väga spetsiifilisi kohalikke kütuseid.
- b. Katlasse sorbendi sisestamine (koldesse või kihti).
- c. Suitsukäiku kuiva sorbendi sisestamine (DSI) – saab kasutada HCl/HF taseme vähendamiseks, kui ei rakendata spetsiifilisi FGD puhastustehnikaid.
- d. Tsirkuleeriva keevkihiga (CFB) kuivskraber.
- e. Kuivpihustusega absorber (*Spray-dry absorber*, SDA).



- f. Suitsugaaside märgvävliärastus (Wet FGD). Rakendatavus võib olla tehniliselt ja majanduslikult piiratud põletusseadmetel võimsusega  $< 300 \text{ MW}_{\text{th}}$  ja olemasolevatel piiratud tööajaga põletusseadmetel.
- g. mereveega FGD (rakendatavus sama, mis Wet FGD).
- h. Kombineeritud tehnikad  $\text{NO}_x$  ja  $\text{SO}_x$  vähendamiseks. Rakendatavus on juhtumipõhine sõltuvalt kasutatava kütuse omadustest ja põlemisprotsessist.
- i. Märskraber – kasutatav  $\text{HCl}/\text{HF}$  puhul, kui ei rakendata muud spetsiifilist toruotsa suitsugaaside puhastamist.
- j. Wet FGD järgse gaas-gaas soojendi asendamine – asendavad seadmed nt multi-toru soojusekstraktor, suitsugaaside juhtimine jahutustorni või märga korstnasse. Rakendatav ainult siis, kui gaas-gaas soojendi on vaja välja vahetada.

**Ettepanek:** PVT-järel dustesse kaasata ühe või mitme LCP BREF-s loetletud meetme kasutamine järgmise kohaldatavusega:

- üldkohalduvatena a), b), c), d), e), h), i), j);
- ainult uutel põletusseadmetel f), g).

Põlevkivienergeetika PVT-na lisada poolkuiv desulfureerimine, nt NID tehnika.

PVT-ga saavutatavad  $\text{SO}_x$  saastetasemed LCP BREF järgi on toodud tabelis 5.7.

**Tabel 5.7. PVT-ga saavutatavad  $\text{SO}_x$  saastetasemed LCP BREF 2016 (eelnõu) järgi**

| <b>LCP BREF 2016</b>                                                         |                |                          |                                                |                          |
|------------------------------------------------------------------------------|----------------|--------------------------|------------------------------------------------|--------------------------|
| Tahked kütused - ligniit (6 % $\text{O}_2$ ) $\text{SO}_2$                   |                |                          |                                                |                          |
| Seadme tüüp või võimsus                                                      | Aasta keskmine |                          | Päevakeskmine või proovivõtu perioodi keskmine |                          |
|                                                                              | Uus seade      | Olemasolev <sup>54</sup> | Uus seade                                      | Olemasolev <sup>55</sup> |
| $< 100 \text{ MW}_{\text{th}}$                                               | 150–200        | 150–360                  | 170–220                                        | 170–400                  |
| $100 - 300 \text{ MW}_{\text{th}}$                                           | 80–150         | 95–200                   | 135–200                                        | 135–220 <sup>56</sup>    |
| $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ PC katel                                   | 10–75          | 10–130                   | 25–110                                         | 25–165 <sup>57</sup>     |
| $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ CFB katel PC katel                         | 20–75          | 20–180                   | 25–110                                         | 50–220                   |
| $\geq 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ kohaliku kütuse põletamiseks <sup>58</sup> | kuni 200       | kuni 320                 | –                                              | –                        |

Aastakeskmise heite ülemise piiri määramisel kasutatakse LCP BREF-s arvutusvalemit lähtudes  $\text{SO}_2$  aastakeskmisest kontsentratsioonist puhastusseadme sisendis (RCG):

1. uue vävliärastussüsteemi korral:  $\text{RCG} \times 0,01$ ; maksimaalselt  $200 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ ;
2. olemasoleva vävliärastussüsteemi korral:  $\text{RCG} \times 0,03$ ; maksimaalselt  $320 \text{ mg}/\text{Nm}^3$ ;
3. kui vävliärastussüsteemi osaks on sorbendi sissepritse, võib RCG väärtust korrigeerida (suurendada) võttes arvesse sissepritse  $\text{SO}_2$  vähendamise efektiivsust ( $n_{\text{BSI}}$ ):

<sup>54</sup> BAT-AEL ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on  $< 1500$  tundi aastas

<sup>55</sup> Indikatiivsed vahemikud seadmetele, mille tööaeg on  $< 500$  tundi aastas

<sup>56</sup> Kateldel, mis on käiku antud enne 7.01.2014 on ülemine väärtus  $250 \text{ mg}/\text{Nm}^3$

<sup>57</sup> Kateldel, mis on käiku antud enne 7.01.2014 on ülemine väärtus  $205 \text{ mg}/\text{Nm}^3$

<sup>58</sup> Lubatud erandina, kui on võimalik tõendada, et tehnilis-majanduslikel põhjustel ei ole võimalik rangemate väärtuste rakendamine.



$$RCG_{\text{korregeeritud}} = RCG_{\text{mõõdetud}} / (1 - n_{\text{BSI}}).$$

Põlevkivienergeetikas toimub valdava osa väävli sidumine katlas. Olemasolevatel põletusseadmetel kasutatakse heide ülemise piiri määramisel arvutusvalemit lähtudes väävli kogusest katla sisendis, ümberarvutatuna SO<sub>2</sub>-ks. Tolmpõletuse korral võetakse arvesse ka väävliärastussüsteemi efektiivsust. Senise vaadeldud ajavahemiku jooksul on SO<sub>2</sub> kontsentratsioon 440–520 mg/Nm<sup>3</sup> (95% väävli sidumise rakendamisel). SO<sub>2</sub> kõrgem heide on põhjustatud väävli kõrgest sisaldusest (ca 1,3%) ning kivi enda suhteliselt madalast kütteväärtusest (ca 7,5 MJ/kg).

**Ettepanek:** leida SO<sub>2</sub> sisaldus väävli sidumise 95% efektiivsuse järgi lähtudes väävli kogusest katla sisendis, ümberarvutatuna SO<sub>2</sub>-ks, seejuures arvestades ka väävliärastussüsteemi efektiivsust.  $S_{KS} \times 0,05 / (1 - n_{\text{BSI}})$ . PVT SHT on 440–520 mg/Nm<sup>3</sup>.

LCP BREF ligniidi põletamise piirväärtused on saavutatavad CFB katlaid kasutatavatel põletusseadmetel, kui kütusena kasutatakse ainult põlevkivi: aastakeskmise kuni 250 mg/Nm<sup>3</sup>, päevakeskmist ei kehtestata.

Mitme kütuse, sh põlevkivigaaside põletamisel neid piirväärtusi olemasolevates kateldes tagada ei ole võimalik. Kuna toimub SO<sub>2</sub> sisalduse suurenemine, ei ole rakendatav ka lisas 2 toodud arvutusvalem. Tahkete kütuste koospõletamisel jäävad olemasolevate seadmete SO<sub>2</sub> heited eelnevalt toodud põlevkivi põletamise vahemikku (440–520 mg/Nm<sup>3</sup>, 95% väävli sidumine).

Olemasolevatel suurtel põletusseadmetel tuleb miinimumnõudena tagada vastavus Keskkonnaministri 28.06.2013. a määrusele nr 48 „Suurte põletusseadmete saasteainete heide piirväärtused, nende kohaldamine mitme kütuse põletusseadme korral ja väävliärastuse astme nõuded” (või hilisemale seda asendavale õigusaktile – tööstusheide direktiiv vaadatakse üle 2019. aastal):

- Tolmpõletuskatlad, CFB mitme kütuse põletamisel: rakendatakse väävliärastusastet (määruse § 10 järgi);
- Põlevkivigaaside kamerpõletus mitme kütuse põletamisega: 800 mg/Nm<sup>3</sup>.

**Ettepanek:** olemasolevate põletusseadmete PVT SHT sätestada eeltoodud sõnastuses.

Uutel tahkekütuse põletusseadmetel rakenduvad LCP BREF nõuded kohaliku kütuse põletamiseks: heide maksimaalselt 200 mg/Nm<sup>3</sup>.

Uutel kamerpõletusseadmetel REF BATC: maksimaalselt kuni 600 mg/Nm<sup>3</sup>.

#### 5.3.2.5 Vesinikkloriid ja vesinikfluoriid

PVT-ga saavutatavad saastetasemed on toodud tabelis 5.8.

**Tabel 5.8. PVT-ga saavutatavad saastetasemed LCP BREF 2016 (eelnõu) järgi**

| <b>LCP BREF 2016</b>                                            |                                             |            |                                            |            |
|-----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|------------|--------------------------------------------|------------|
| Tahked kütused - ligniit (6 % O <sub>2</sub> ) <b>HCl ja HF</b> |                                             |            |                                            |            |
| Seadme tüüp ja võimsus                                          | <b>HCl Aastakeskmise, mg/Nm<sup>3</sup></b> |            | <b>HF Aastakeskmise, mg/Nm<sup>3</sup></b> |            |
|                                                                 | Uus seade                                   | Olemasolev | Uus seade                                  | Olemasolev |
| < 100 MW <sub>th</sub>                                          | 1 – 6                                       | 2 – 10*    | < 1 – 3                                    | < 1 – 6**  |
| ≥ 100 MW <sub>th</sub>                                          | 1 – 3                                       | 1 – 5*, ** | < 1 – 2                                    | < 1 – 3**  |

\* Kui seadmete tööaeg on < 1500 tundi aastas või põletatakse kütust kloori sisaldusega kuivaines < 1000 mg/kg või kasutatakse CFB katelt, on ülemine väärtus 20 mg/Nm<sup>3</sup>

\*\* Kui seadmete tööaeg on < 1500 tundi aastas ja kasutatakse CFB katelt või kasutatakse Wet FGD koos järgneva gaas-gaas soojendiga, on ülemine väärtus 7 mg/Nm<sup>3</sup>

### **Tolmpõletus**

Olemasolevate üle 300 MW<sub>th</sub> võimsusega kateldegasid elektriijaamade HCl sisaldus suitsugaasides on 26 – 36 mg/Nm<sup>3</sup>.

### **CFB**

Kõik olemasolevad CFB katlad on üle 300 MW<sub>th</sub> võimsusega. HCl 1-tunni keskmised õhkuheited on vahemikus 22 – 36 mg/Nm<sup>3</sup>.

Põlevkivienergeetika omapäraks on happeliste gaaside ebaefektiivne seondumine kütuses sisalduva mineraalse osaga (lubjakiviga). LCP BREF piirväärtused on välja töötatud eeldusel, et SO<sub>2</sub> heite vähendamiseks rakendatakse märgpuhastust, aga seda ei ole CFB puhul vaja kasutada. Seetõttu ei ole LCP BREF saastetasemed saavutatavad.

**Ettepanek:** Olemasolevate seadmete aastakeskmise PVT SHT 30 mg/Nm<sup>3</sup>, uutel 15 mg/Nm<sup>3</sup>.

### **Kamberpõletus koos põlevkiviga**

Olemasolevate põletusseadmete HCl õhkuheited põlevkivi/kütuste segu kasutamisel on kuni 36 mg/Nm<sup>3</sup> (pidevseire kuukeskmised). NID rakendamisel 2,5 – 5 mg/Nm<sup>3</sup>.

**Ettepanek PVT SHT kehtestamiseks:** olemasolevatel 5 mg/Nm<sup>3</sup>, uutel 3 mg/Nm<sup>3</sup>.

### **5.3.3. Veekasutus ja heide vette**

LCP-BREF ei reguleeri muud vetteheidet kui puhastus.

Kui põlevkivienergeetika käitisel on ühine reovee ärajuhtmise süsteem põlevkiviõli tootmisega, siis kohalduks muu vetteheite seirele REF BATC 2016 PVT nr 11 ja 12 seotud PVT SHT ja vastavad seirenõuded. Üldine korraldus on toodud põlevkiviõli tootmise PVT-kirjelduses. Muul juhul REF BREF seiremeetmed vetteheite kohta ei kohaldu.

PVT sõnastada vastavalt LCP BREF-le:



**PVT.** Uutel põletusseadmetel on PVT vee kasutamise ja ärajuhitava saastunud heitvee mahu vähendamiseks ühe või mõlema tehnika rakendamine:

1. Erinevate protsesside jääkvee (nt jahutusvesi, kondensaatvesi), sh sademevee taaskasutamine mõnel muul eesmärgil, kui see on tehniliselt võimalik. Taaskasutamist piiravad vett vastuvõtva protsessi nõuded vee kvaliteedile ja käitise veebilanss.

Rakendatavus: ei ole rakendatav jahutussüsteemidest tekkivale reoveele, kui see sisaldab veetöötuskemikaale või kõrges kontsentratsioonis soolasid.

2. Koldetuha kuivärastus. Tahkekütusekatla kuiv koldetuhk eemaldatakse mehhaanilise konveiersüsteemiga ja jahutatakse õhu või veega suletud tsüklis. Jahutamisel ja transpordil ei kasutata vett otseses kontaktis tuhaga.

**PVT.** Käitises tekkiva saastunud vee koguse ja saasteainete vetteheite vähendamiseks on PVT erinevate vete segunemise vältimine ja nende eraldi puhastamine, sõltuvalt saasteainete sisaldusest.

Rakendatavus: uutes käitistes, olemasolevate puhul võib tähendada täielikku ümberehitamist.

**PVT.** Suitsugaaside puhastusseadmetelt tekkiva vetteheite vähendamisel on PVT kasutada ühte või mitut alljärgnevatest meetmetest:

#### **Primaarmed**

1. Optimaalse põlemise tagamine (vt PVT nr 8) ja heite puhastussüsteemide kasutamine optimaalse võimsusega (vt PVT nr 9). Vähendab orgaaniliste ühendite ja ammoniaagi teket.

#### **Sekundaarmed**

1. Adsorbeerimine aktiivsöele, vähendab orgaaniliste ühendite ja elavhõbeda heidet.
2. Aeroobne bioloogiline puhastamine, vähendab biolagunevate orgaaniliste ühendite ja ammoniumiooni heidet.  
Rakendatavus: üldiselt rakendatav biolagunevatele orgaanilistele ühenditele, ammoniumioonidele ei tarvitse rakendada reovee kõrge kloriidide sisaldusel (ca 10 g/l)
3. Anoksiline või anaeroobne bioloogiline puhastamine, vähendab elavhõbeda, nitraatide ja nitritite heidet.
4. Koaguleerimine ja flokuleerimine, vähendab heljumi heidet.
5. Kristalliseerimine, vähendab raskmetallide, sulfaatide ja fluoriidide heidet.
6. Floteerimine, vähendab heljumi ja naftasaaduste heidet.
7. Ioonvahetus, vähendab raskmetallide heidet.
8. Neutraliseerimine, vähendab hapete ja leelistite heidet.
9. Oksüdeerimine, vähendab sulfiidide ja sulfitite heidet.
10. Sadestamine, vähendab raskmetallide, sulfaatide ja fluoriidide heidet.
11. Setitamine, vähendab heljumi heidet.
12. Eemaldamine (*stripping*), vähendab ammoniaagi heidet.

Kasutatav puhastustehnoloogia peab tagama, et käitistest juhitakse suitsugaaside puhastamisest **suublasse** heitvett, mis vastab järgmistele PVT SHT väärtustele, välja arvatud juhul kui õigusaktiga on kehtestatud rangemad väärtused:

#### **Rakendatavad ainult suitsugaaside märgpuhastusel**



1. Summaarne orgaaniline süsinik (TOC) 20–60 mg/l või keemiline hapnikutarve (KHT) 60–150 mg/l, heitest arvestatakse maha võetavas vees sisalduv saaste;
2. Fluoriidid (F) 10–25 mg/l;
3. Sulfaadid ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 1,3–2,0 g/l, piirväärtus ei rakendu heite korral merre või soolakasse pinnavette;
4. Sulfiidid, kergesti vabanevad ( $\text{S}^{2-}$ ) 0,1–0,2 mg/l;
5. Sulfitid ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) 1–20 mg/l;

#### Rakendatavad muudele suitsugaaside puhastitele

1. Summaarne heljum (TSS) 10–30 mg/l;
2. As 10–50 µg/l;
3. Cd 2–5 µg/l;
4. Cr 10–50 µg/l;
5. Cu 10–50 µg/l;
6. Hg 0,2–3 µg/l;
7. Ni 10–50 µg/l;
8. Pb 10–20 µg/l;
9. Zn 50–200 µg/l.

Reovee juhtimisel ühiskanaliseerimisele tuleb järgida reovee ärajuhtimise lepingus ja õigusaktidega kehtestatud piirväärtusi.

**PVT.** Kui põlevkivienergeetika käitisel on ühine reovee kogumise ja heitvee ärajuhtimise süsteem põlevkiviõli tootmisega, kohalduvad muu reovee, kui suitsugaaside puhastusseadmetelt tekkiva vetteheite käitluse üldisele korraldusele põlevkiviõli tootmise PVT-kirjelduse PVT meetmed.

#### 5.3.4. Muud valdkonnad

##### Kütuste ladustamine ning käitlemine

Üldiselt, keskkonnaheidete vähendamiseks suunatud PVT-de valikul põlevkivi ladustamiseks, transportimiseks ja eeltöötlemiseks on otstarbekas arvestada viitedokumendi *Emissions from storage* nõuetega. Sellega ei piirata käitajate õigust valida EFS BREF-st muid lahendusi.

PVT-meetmed on samad, mis põlevkiviõli tootmise PVT-kirjelduses.

##### Jäätmete teke

**Ettepanek:** PVT SHT piirväärtusi ei kehtestata kütuste tuhasuse varieeruvuse tõttu. PVT sõnastada LCP BREF järgi:

**PVT.** Põlemisprotsessis ja/või heidete vähendamisel tekkivate jäätmete kõrvaldamise vajaduse vähendamisel on PVT rakendada meetmeid prioriteetsuse järjekorras ja elutsükli-põhist mõtteviisi arvestades (sh on rakendatavus seotud turu või nõudluse olemasoluga), mis tagavad jäätmete tekke vältimise, sh tekkivate ainevoogude käsitlemise kõrvalsaadustena, võimaldavad protsessi tagasisuunamist, ringlusvõttu, korduv- ja taaskasutamist.





Meetmete näiteks on SCR ja SNCR protsessi katalüsaatorite taaskasutamine, tahkekütuste põletamisel tekkivate süsinikurikaste jääkide segamine kütusega, kipsi saamine kõrvalsaadusele vastava kvaliteediga, muude tahkete jäätmete taaskasutamine ehitussektoris

### **Jäätmete käitlemine**

Põlevkivi põletamisel tekkiva tuha ladestamise küsimused jäävad käesolev PVT-kirjelduse reguleerimisalast välja

### **Müra**

PVT sõnastada LCP BREF järgi:

**PVT.** Mürähäiringu vähendamiseks on PVT kasutada ühte või mitut alljärgnevatest meetmetest:

**Üldiselt rakendatavad** (olemasolevatele ja uutele põletusseadmetele):

1. Meetmed käitamisel nagu:

- seadmete asjakohane ülevaatus ja hooldus;
- võimalusel mürarikaste seadmete ruumides uste ja akende sulgemine;
- seadmeid käitab kogunud personal;
- võimalusel vältida mürarikaid tegevusi öisel ajal;
- mürarikaste hooldustööde ajal mürakontrolli meetmete rakendamine.

2. Madala müratasemega seadmete paigaldamine (kompressorid, pumbad, jms). Rakendatav uue seadme soetamisel või vana seadme väljavahetamisel.

3. Mürakontrolli seadmete kasutamine, sh:

- mürasummutid;
- vibratsiooni ja/või heliisolatsiooni kasutamine,
- vibratsiooni tekitavate seadmete vundamentide eraldamine hoone muudest konstruktsioonidest;
- mürarikaste seadmete paigutamine müra tõkestavasse konteinerisse;
- müratõkete kasutamine.

Rakendatavus olemasolevates ettevõtetes võib olla piiratud ruumipuuduse tõttu.

### **Rakendatavad uutele põletusseadmetele:**

4. Mürarikaste seadmete ja müratundlike objektide asukohavalik, paigutades müra allika tundlikest aladest kaugemale, samuti kasutades muid ehitisi müratõketena.

5. Müra leviku tõkestamiseks kavandada kaitsemüüre, -valle jms.



## 6. Kujunemisjärgus olev tehnika

Komisjoni rakendusotsuse 2012/119/EL ptk 2.3.9 kohaselt on kujunemisjärgus olev tehnika tegevusvaldkonnas kasutatav uudne tehnika/tehnoloogia, mis kaubanduslikult arendatuna (*if commercially developed*) aitaks tagada kas keskkonnakaitse kõrgema üldise taseme või vähemalt keskkonnakaitse sama taseme ja suurema kulude kokkuhoiu, kui see on võimalik olemasoleva parima võimaliku tehnikaga. Sellesse peatükki lisatakse vaid need tehnikad, mis on piisavalt kaugele arenenud ja mille puhul on tõenäoline, et nendest võib (lähitulevikus) PVT saada. Tööstustasandil juba rakendatavaid tehnikaid esitletakse PVT-kirjelduse peatükis „PVT kindlaksmääramisel kaalutavad võimalikud tehnikad” (siia kategooriasse kuulub Auvere 300 MW<sub>e</sub> põlevkivielektrejaam).

Teave iga kujunemisjärgus tehnika kohta peab sisaldama vähemalt tehnoloogia kirjeldust, potentsiaalset tulemuslikkust võrreldes olemasoleva parima võimaliku tehnikaga, esialgset tasuvuse hinnangut ning tehnoloogia kättesaadavaks muutumise ajakava. Selliseid tehnoloogiaid käesoleva PVT-kirjelduse koostamise käigus ei tuvastatud.

Rakendusotsuses on täiendavalt toodud, et see peatükk võib sisaldada ka keskkonnaküsimustega seotud tehnikaid, mis on käsitletavas sektoris hiljuti huviorbiiti tõusnud.

### 6.1. Tolmpõletuses huvipakkuvad tehnoloogiad

#### 6.1.1. Põlevkivi madaltemperatuuriline tolmpõletamine (laepõletid)

Põlevkivi tolmpõletamine tahkešlakiärastusega põlemistemperatuuri alandamisega kuni 1150°C (põlemistemperatuuri keskmine tolmpõletamisel 1450° ja keevkihtpõletamisel 850°C) vähendaks oluliselt küttepindade saastumist, kõrgetemperatuurilist korrosiooni ja madaltemperatuurilist erosiooni, kuna madalama põlemistemperatuuri tõttu väheneb põlevkivi tuha saastumise, korrosiooni ja erosiooni aktiivsus. Põlevkivi tolmpõletamisel tahkešlakiärastusega tuleb põlemistemperatuuri alandamiseks kasutusele võtta W. Boie poolt välja töötatud ja rakendatud pruunsöe põletamisel invertse tolmpõletamise kolde laele täieliku eelsegunemisega otsevoolu põletite paigutamine. Invertne tolmpõletamise kolde võimaldab sektsioneerida kolde kambrit põletite piirkonnas kahepoolsete rippuvate sirmküttepindadega, mis alandavad põlemistemperatuuri. Lisaks põlemistemperatuuri alandamisele tuleb alandada või täielikult loobuda põlemisõhu eelsoojendamisest. Põlevkivi jahvatuspeensuse suurendamine koos põlemistemperatuuri alandamisega suurendaks oluliselt vääveldioksiidi (SO<sub>2</sub>) sidumist põlevkivi tuhaga, kuna jahvatuspeensuse suurendamine suurendaks lendtuha kontsentratsiooni ja põlemistemperatuuri alandamine vähendaks kaltsiumoksiidi (CaO) paakumist ja keemilist sidumist lendtuha mineraalidega. Põlevkivi tolmpõletamisel tahkešlakkärastusega madalal põlemistemperatuuril tekkiv põlevkivi tuhk on kõlblik ehitusmaterjalide tootmiseks ja põldude lupjamiseks [37, 59].

Põlevkivi madaltemperatuuriline tolmpõletamine tahkešlakkärastusega on põlevkivi põletamise tehnika, mis võimaldab täielikult utiliseerida põlevkivi mineraalosa ja oluliselt vähendada kahjulikke heiteid väliskeskkonda.



### 6.1.2. Põlevkivi tolmpõletus vedelšlakkärastusega

Põlevkivi tolmpõletamist vedelšlakkärastusega on 1959. a uuritud Eesti Teaduste Akadeemia Energeetika Instituudi katseseadmel soojusvõimsusega 50 kW ja 1966. a Kohtla-Järve Soojus-elektrijaama eksperimentaalbaasis pilootseadmel soojusvõimsusega 5 MW<sub>th</sub>. Katseseadmel põletati põlevkivi kütteväärtusega 19,8 MJ/kg temperatuuril 1550–1660°C. Pilootseadmel kütteväärtusega 13,7 MJ/kg temperatuuril 1830–1890°C. Kaltsiumoksiidi (CaO) sisaldus šlakis oli katseseadmel kuni 40% ja pilootseadmel kuni 50% [6, 39, 40, 41].

Põlevkivi tolmpõletus vedelšlakkärastusega on põlevkivi põletamise tehnika, mis võimaldab täielikult utiliseerida põlevkivi mineraalosa elektri ja tsemendi koostootmisel ja vähendab oluliselt kahjulikke heiteid väliskeskkonda.

Selles tehnoloogias kasutakse kütusena põlevkivi kaevist – kõik põlevkivi kihid A kuni H koos lubjakivi kihtidega, mis põletatakse puhashapnikus temperatuuril kuni 1900°C vedelšlakk-tsüklon koldes [42]. Tekkiva vedelšlaki (energoklinkeri), mis sisaldab üle 60% kaltsiumoksiidi (CaO), omadused vastavad kõrgkvaliteetse portland tsemendi, margiga kuni 500, omadustele. Seega on võimalik täielikult utiliseerida põlevkivi mineraalosa, tootes kõrgkvaliteetset portland tsementi. Lisaks on põlevkivi põletamisel puhashapnikus võimalik suitsugaasides sisalduvate kõrge kontsentratsiooniga happeliste komponentide CO<sub>2</sub>, SO<sub>x</sub>, NO<sub>x</sub> neutraliseerimine olemasoleva tuhavälja tuhas ja vees sisalduvate leeliseliste komponentidega Ca(OH)<sub>2</sub>, Mg(OH)<sub>2</sub>, KOH neutraalsetesse ühenditesse CaCO<sub>3</sub>, CaSO<sub>4</sub>, Ca(NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>.

## 6.2. Keevkihtpõletuse huvipakkuvad tehnoloogiad

### 6.2.1. Põlevkivi keevkihtpõletus statsionaarses keevkihis ülerõhul

Põlevkivi keevkihtpõletust ülerõhul on uuritud Rootsis 1 MW<sub>th</sub> soojusliku võimsusega ABB Carbon laboris. Uuringutes kasutati kuni 6 mm tüki suurusega põlevkivi. Põlemistemperatuur kihis oli 840°C ja rõhk koldes 1,2 MPa [6].

Põlevkivi keevkihtpõletus ülerõhul on põlevkivi põletamise tehnika, mis oluliselt suurendab elektrijaama kasutegurit ja vähendab kahjulikke heiteid atmosfääri. Põlevkivi eeliseks on veel põlevkivi mineraalosa aine iseärasus – suur karbonaatide sisaldus, mis põlevkivi keevkihtpõletusel ülerõhul kõrge süsihappegaasi vasturõhu tõttu vähendab karbonaatmineraalide lagunemisastet kuni 0,3. Seega suureneb põlevkivi põlemisel vabanev soojushulk ja katla kasutegur ning väheneb süsihappegaasi heide atmosfääri. Samuti seob põlevkivi keevkihtpõletusel ülerõhul tekkiv põlevkivi tuhk täielikult põlevkivi väävli. Põlevkivi orgaanilise aine iseärasuse – lämmastiku madala sisalduse tõttu on NO<sub>x</sub> kontsentratsioon suitsugaasis madal, alla 200 mg/Nm<sup>3</sup>[6].



### 6.2.2. Põlevkivi gaasistamine statsionaarses keevkihis ülerõhul

Põlevkivi keevkihtgaasistus ülerõhul on põlevkivi põletamise tehnika, mis oluliselt suurendab elektriijaama kasutegurit ja vähendab kahjulikke heitmeid atmosfääri.

Põlevkivi eeliseks on veel põlevkivi orgaanilise osa iseärasus – suur lendainete sisaldus ja väike lämmastiku sisaldus ning mineraalosa iseärasus – suur karbonaatide sisaldus. See lihtsustab põlevkivi keevkihtgaasistust ülerõhul ja vähendab vääveldioksiidi ( $\text{SO}_2$ ) ja lämmastikoksiidide ( $\text{NO}_x$ ) heiteid atmosfääri.

Põlevkivi keevkihtgaasistuse ülerõhul tehnoloogia puuduseks on see, et tehnoloogia kasutamine teeb oluliselt keerulisemaks elektriijaamade käitamise, kuna elektriijaama seadmetele lisanduvad keevkihtgaasistuse ülerõhul, õhu destilleerimise ja tehiskaaside puhastusseadmed. Samuti suurendab nende seadmete integreerimine elektriijaama skeemi elektriijaama investeeringuid ja vähendab töökindlust.

Veelgi keerulisemaks läheb elektriijaama käitamine, kui põlevkivi komplekseks kasutamiseks ja heidete vähendamiseks keskkonda asendatakse põlevkivi keevkihtgaasistuse ülerõhul tehiskaaside energeetilise kasutamise (põletamise) tehnoloogia energokeemilise tehnoloogiaga. Gaasistamise tehiskaaside väävelvesinik on keemiline tooraine väävli ja väävelhappe tootmiseks, alkaanid on keemiline tooraine vedelgaasi (propaan-butaan) tootmiseks, alkeenid on keemiline tooraine polüteeni, polüpropeeni, lavsaani ja sünteetilise kautšuki tootmiseks, vesinik ja süsinikoksiid on keemiline tooraine metanooli tootmiseks. Seega energokeemilise tehnoloogia rakendamisega väheneks oluliselt tehiskaaside jääkmaht ja koostis (gaasistamise gaaside jääkkoostis oleks sarnane maagaasi koostisele, kuna koosneks põhiliselt alkaanidest (metaanist ja etaanist)) ja oleks puhas kütus, mida on võimalik kasutada nii kateldes, kui ka gaasiturbiinides ja gaasi sisepõlemismootorites.

## 6.3. Põlevkivigaasi põletamise huvipakkuvad tehnoloogiad

### 6.3.1. Põlevkivigaasi põletamine sisepõlemismootoris

Põlevkivigaasi põletamine gaasi sisepõlemismootoris on põletamise tehnika, mis oluliselt suurendab elektriijaama kasutegurit ja vähendab kahjulikke heiteid atmosfääri.

Väävelvesiniku sisaldus põlevkivigaasis (uttegaasis) takistab selle põletamist sisepõlemismootoris (gaasiturbiinis). Väävelvesiniku eemaldamine gaasisegust (uttegaasist) on hästi tuntud ja tööstuslikult rakendatav protsess. Eemaldatud väävelvesinik on keemiline tooraine väävli ja väävelhappe tootmiseks [5].

Gaasi- ja auruturbiini kombineeritud protsessi binaarne skeem on väga kõrge kasuteguriga (kuni 60%) [72]. Sel juhul põletatakse kogu gaas gaasiturbiini põlemiskambris ning gaasiturbiinist väljuvad gaasid suunatakse utilisatsioonaurukatlasse, millest toodetud auru kasutatakse auruturbiinis.

Uttegaasi põletamise tehnika gaasi- ja auruturbiini kombineeritud protsessi binaarse skeemi seadmetega suurendab elektriijaama kasutegurit ja vähendab kahjulikke heiteid atmosfääri ca 2 korda võrreldes põlevkivi tolmpõletamisega.



## 7. Parima võimaliku tehnika järeldused

### Reguleerimisala

Käesoleva PVT-järeldustes on käsitletud kohaliku tahkekütuse, põlevkivi põletamist ainukütusena või koospõletamise režiimis. Euroopa Liidu tasemel vastab sellele direktiivi 2010/75/EL lisa 1 punkt 1.1 tegevus „*kütuste põletamine käitises summaarse nimisoojusvõimsusega vähemalt 50 MW<sub>th</sub> või rohkem*“. PVT-alusdokumendiks on suurte põletusseadmete PVT-viitedokument (LCP BREF). Samas tuleb arvesse võtta, et LCP BREF ei kajasta kohaliku kütusena põlevkivi.

### Põlevkivi

Põlevkivi on fossiilne peenkihiline pruuni värvi settelise päritoluga maavara. Põlevkivi koosneb orgaanilisest ja anorgaanilisest osast. Orgaanilise materjali ehk kerogeeni osatähtsus kõigub 10 – 50% vahemikus ja see on tekkinud enamasti vetikate või bakterite jäänustest. Orgaaniline aine Eesti põlevkivis on suhteliselt pehme ja mitteabrasiivne. Anorgaaniline osa koosneb erinevatest mineraalidest, millest tehnoloogilisest aspektist on olulisimad karbonaatsed mineraalid kaltsiit ja dolomiit (karbonaatide lagunemisel tekib CO<sub>2</sub>) ja püriidid (väävlisisalduse tõttu).

Eestis kaevandatavate maavarade hulgas on põlevkivil väljapaistev koht. Eesti on põlevkivi tööstuslikku kasutamist arendanud juba 90 aastat. Kuigi põlevkivil on madal kütteväärtus ja väga suur mineraalosa, st tuha osatähtsus, on viimase 60-ne aasta jooksul kasutatud põlevkivi peamiselt elektri tootmiseks. Paari möödunud aastakümne jooksul on jälle hakatud põlevkivi väärtustama rohkem toorainena. Seda kasutatakse põlevkiviõli tootmiseks ning keemia- ja ehitusmaterjalitööstuses.

Teise tegevusalana on käsitletud põlevkiviõli tootmise (direktiivi 2010/75/EL lisa 1 punkti 1.4b tegevusala) käigus tekkivate põlevkivigaaside kasutamist põletusseadmetes soojuse ja elektrienergia tootmiseks. Tegemist on mineraalõli ja gaasi rafineerimise sektorile (direktiivi 2010/75/EL lisa 1 punkti 1.2) sarnase tegevusega ja protsessidega, kuid põlevkivigaaside koostise ja omaduste ning põletusseadmete tehnoloogilise eripära tõttu ei ole otseselt kohaldatavad selle tegevusala PVT-viitedokumendi (REF BREF) järeldused.

### Põlevkivigaasid

Põlevkiviõli erinevate tootmistehnoloogiate kasutamise korral saadakse kahte erinevate omadustega põlevkivigaasi: madala kütteväärtusega generaatorgaasi (3–5 MJ/m<sup>3</sup>) ja kõrge kütteväärtusega uttegaasi (41–48 MJ/m<sup>3</sup>). Põlevkivigaasid sisaldavad väävelvesinikku, mida on generaatorgaasis 0,33–0,57% ja uttegaasis 2,04–2,53%.

Põlevkivigaaside kütteväärtus on muutlik ja oleneb gaasbensiini sisaldusest. Suvekuudel on põlevkivigaaside kütteväärtus kuni 30% võrra suurem, kuna elektrijaama jõuab rohkem gaasbensiini (talvisel ajal osa gaasbensiini kondenseerub transporditorustikus välja). Generaatorgaasi kütteväärtus on madal (3,3–4,6 MJ/m<sup>3</sup>), kuna gaas sisaldab kuni 80% mitte-põlevat ballastlämmastiku (N<sub>2</sub>) ja süsinikdioksiidi (CO<sub>2</sub>). Põlevkivi utmisel gaasilise soojuskandja meetodiga saadakse vajalik energia põlevkivi põletamisel tekkivate suitsugaaside soojusest.



Uttegaasi kõrge kütteväärtus tuleneb põlevkivi utmisest tahke soojuskandja meetodiga, kus soojuskandjaks on põlevkivi tuhk. Praegu kasutakse kahes Eesti põlevkivi elektrijaamas põlevkivigaaside põletamist koos põlevkiviga, mis vähendab vääveloksiidide sisaldust suitsugaasides. Vääveltrioksiidi vähenemisega suitsugaasides alaneb väävelhappe ( $H_2SO_4$ ) kastepunkti temperatuur, mis vähendab madaltemperatuuriliste küttepindade korrosiooni ja seega suurendab katla küttepindade töökindlust.

Põlevkivi ja põlevkivigaaside erilisuseks on järgnevad aspektid:

- Põlevkivi taandatud tuhasus (vt ptk 2.2.1) on ligikaudu kümme korda suurem teiste võrreldavate kütuste taandatud tuhasusest. Seetõttu on lendtuha kontsentratsioon põlevkivi suitsugaasides hinnanguliselt samavõrra suurem võrreldes teiste kütuste suitsugaasidega.
- Põlevkivi taandatud väävli sisaldus on üle viie korra suurem pruunsöe, kuni üheksa korda suurem kivisöe ja üle kahe korra suurem, kui väävlirikaste poolantratsiidi ja antratsiidi taandatud väävli sisaldusest.
- Põlevkivi taandatud karbonaatide ja kloori sisaldus on suurem võrreldes teiste kütustega, mille karbonaatide ja kloori sisaldus puudub või on marginaalne.
- Põlevkivi generaatorgaasi taandatud väävelvesiniku sisaldus on kuni poolteist korda suurem kõrgahjugaasist ning kuni seitse korda suurem kivisöe generaatorgaasist, mille tulemusena põlevkivi generaatorgaasi suitsugaasides on ka vääveldioksiidi kontsentratsioon vastavalt suurem.
- Põlevkivi generaatorgaasi taandatud süsihapegaasi sisaldus on kuni kaks korda suurem kõrgahjugaasist ning üle nelja korra suurem kivisöe generaatorgaasist.
- Põlevkivi generaatorgaasi taandatud lämmastiku sisaldus on kuni kolmandiku võrra suurem kõrgahjugaasist ning üle kahe korra suurem kivisöe generaatorgaasist.
- Põlevkivi uttegaasi taandatud väävelvesiniku sisaldus on üle kahe korra suurem koksigaasist ning kuni neli korda suurem rektifikatsiooni jääkgaasist.
- Põlevkivi uttegaasi põletamisel tekkivates suitsugaasides on vääveldioksiidi kontsentratsioon hinnanguliselt üle kahe korra suurem koksigaasi põletamisel tekkivate suitsugaaside vääveldioksiidi kontsentratsioonist ning kuni neli korda suurem rektifikatsiooni jääkgaasi suitsugaasides.
- Põlevkivi uttegaasi taandatud süsihapegaasi sisaldus on kolmandiku võrra suurem  $CO_2$  sisaldusest koksigaasist ning kuni kaheksa korda suurem rektifikatsiooni jääkgaasist.

Põlevkivi põletavate elektrijaamade erilisuseks on järgnevad aspektid:

- Madalam kasutegur – kõrgrõhu ja vaheülekuumendatud primaarauru turbiiniga põlevkivielektrijaama kasutegur on kuni 30%, kivisöel ülekriitilise rõhu ja ühe- või kahekordse vaheülekuumendusega primaarauruga elektrijaama kasutegur on kuni 40%.
- Suur põlevkivi kogus – põlevkivi põletava elektrijaama madalama kasuteguri ja põlevkivi madalama kütteväärtuse tõttu on kütuse erikulu põlevkivil ca 1,40 t/MWh (kivisöel 0,40 t/MWh).
- Suur põlevkivi tuha kogus – põlevkivi põletava elektrijaama madalama kasuteguri ja põlevkivi madalama kütteväärtuse ning suurema tuhasisalduse tõttu tekib põlevkivi põletamisel tuhka ca 0,70 t/MWh (kivisöe põlemisjääki 0,10 t/MWh).
- Suurem jahutusvee kulu – põlevkivi põletava elektrijaama madalama kasuteguri tõttu on jahutusvee kulu ca 1,5 korda suurem võrreldes kivisöega.





- Kõrgemad korstnad – ajal, mil suitsugaaside puhastamise seadmeid veel ei olnud, ehitati kõrged korstnad, et hajutada lendtuha (PM), vääveldioksiidi (SO<sub>2</sub>) ja lämmastikoksiidide (NO<sub>x</sub>) kõrge kontsentratsiooniga heidet.
- Püsikulud on suuremad võrreldes kivisütt põletavate jõujaamadega.

Põlevkivi energeetilise kasutamisega seotud tegevusi/protsesse reguleerivad ka teised PVT-viitedokumendid:

| <b>Põlevkivienergeetikas kasutatavad protsessid, tehnoloogiad, alamtegevused, mida reguleeritakse muu viitedokumendiga</b> | <b>PVT-viitedokument</b>       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Tahkekütuse (põlevkivi) vaheladustamine*                                                                                   | <i>Storage BREF (EFS BREF)</i> |
| Vedelkütuse vaheladustamine*                                                                                               | <i>Storage BREF (EFS BREF)</i> |
| Muude jääkgaaside kui suitsugaasid puhastamine                                                                             | <i>CWW BREF</i>                |
| Tootmisprotsessis tekkiva muu reovee kui suitsugaasidest saadava reovee puhastamine*                                       | <i>CWW BREF</i>                |
| Tööstuslikud jahutusprotsessid                                                                                             | <i>ICS BREF</i>                |
| Suured põletusseadmed**                                                                                                    | <i>LCP BREF</i>                |
| <b>„Horisontaalsed“ viitedokumendid</b>                                                                                    |                                |
| Üldise energiatõhususe saavutamine                                                                                         | <i>ENE BREF</i>                |
| Heite ja tarbimise seire                                                                                                   | <i>MON BREF</i>                |
| PVT-meetmete rakendamise majandusliku mõju ja keskkonnamõju terviklik arvestamine                                          | <i>ECM BREF</i>                |

\* Kuna käitised on integreeritud põlevkiviõli tootmisega, on teemat käsitletud põlevkiviõli tootmise PVT-kirjelduses, mistõttu

põlevkivienergeetika PVT-järelustes teemat ei käsitleta.

\*\*LCP BREF-i raamistikku on kasutatud kui eeskju käesoleva PVT-kirjelduse kujundamisel

Osa tegevusi nagu tuha ladestamine ja muud jäätmekäitlustegevused, mis on direktiivi 2010/75/EL Lisas 1 nimetatud, jäävad käesoleva dokumendi reguleerimisalast välja. Samuti ei käsitleta käesolevas dokumendis põlevkivi kaevandamist ja rikastamist. See tegevus kuulub kaevandusjäätmete PVT-viitedokumendi reguleerimisalasse.

Käesolevates PVT-järelustes nimetatud parim võimalik tehnika ning selle rakendamisest tulenevad PVT SHT-d ja energiaefektiivsus (PVT SET) on kohaldatavad suurtele põletusseadmetele (käitised summaarse nimisoojusvõimsusega vähemalt 50 MW<sub>th</sub> tööstusheite seaduse § 71 lõikes 3 sätestatud liitmisreeglit arvestades).

PVT-järelustes loetletud ja kirjeldatud meetmed ei ole normatiivsed ega ammendavad. Käitaja võib kasutada teisi meetmeid, mis tagavad vähemalt samaväärse keskkonnakaitse taseme.

## Olulised mõisted

**Uus käitis** - käitis, sh olemasoleva käitise oluliselt muudetud osa, mille projekteerimist alustatakse pärast käesoleva PVT-kirjelduse alusel koostatud PVT järeluste avaldamise kuupäeva. Viimasel juhul rakenduvad uuele käitisele esitatavad nõuded mitte tervele käitisele vaid oluliselt muudetud osale.

**Olemasolev käitis** – käitis, mis ei ole *uus käitis*.





## Kaalutlused PVT järeltööde rakendamisel

Ptk 7.1 on loetletud üldised PVT-järeltööd, millele lisaks võivad rakenduda kütusepõhised PVT-järeltööd, mis on käsitletud ptk 7.2 (põlevkivi), ptk 7.3 (põlevkivigaaside) ja ptk 7.4 (mitme kütuse kasutamisel).

Kui ei ole märgitud teisiti, võib üldisi PVT-järeltööde rakendada kõigile kütistele sõltumata energia tootmiseks kasutatavast meetodist ja kütusest ning sellest kas kütis on uus või olemasolev. Sel juhul kasutatakse PVT-s „üldiselt rakendatav“.

Kui kütusepõhine PVT-järeltöö võimaldab kasutada ühte või mitut loetletud meetmetest ja täiendavalt viidatakse ptk 7.1 PVT-järeltöös toodud meetmetele (või ka teistes kütusepõhistes järeltöös toodud meetmetele), siis valitakse kasutatav meede kõikide rakenduvate meetmete seast.

Asjakohaselt on määratud PVT SHT ja PVT SET.

Kui ei ole märgitud teisiti, rakenduvad PVT-järeltööd ja nendega seotud PVT SHT tavapärasel käitamistingimustel.

## PVT-ga saavutatav heitetase (PVT SHT)

PVT SHT on määratletud primaarmeetmete ja sekundaarmeetmete kombinatsiooni kasutamisega. Kui primaarsete meetmete rakendamisega ei ole tagatud PVT-ga saavutatav saastetase, tuleb kasutada puhastusseadmeid.

Üldiselt arvestatakse põletusseadme kõikide osade jaoks PVT-ga seotud saavutatavaid saastetasemeid kogu põletusseadme **kütus(t)e soojussisendi** järgi. PVT SHT tasemed võivad olla soojussisendi järgi arvutatud võimsuse järgi rühmitatud.

Kui mõni ühisesse korstnasse eraldi suitsukäiguga ühendatud üksus töötab vähem kui 1500 tundi aastas, võib seda üksust käsitleda eraldi muudest põletusseadmetest, tingimusel et selle üksuse suitsukäigul on eraldi seiresüsteem.

Üldiselt ei rakendu PVT SHT nõuded põletusseadmetele, mis töötavad vähem kui 1500 tundi aastas. Lisaks ei rakendu PVT SHT nõuded põletusseadme piiratud tööea korral tööstusheite seaduse § 167 mõistes ja tingimustel.

Kui PVT SHT määratlemisel kasutatakse arvvärtusi, siis on need reeglina väljendatud vahemikuna (nt PVT SHT ülemine ja alumine tase), mitte üksikväärtusena. Vahemike määramine võib olla tingitud erinevustest sama tüüpi kütiste tegevuses (nt erinevused kasutatavate kütuste kvaliteedis, erinevused kütise tehnilises projektis, ehitistes, suuruses ja võimsuses), mis võivad mõjutada PVT-meetmete rakendamise keskkonnakaitselist tulemuslikkust.

PVT SHT, mille alusel kehtestatakse keskkonnakompleksloa menetlemisel kütisele heite piirväärtused (HPV), on seotud teatud keskmistamisperioodiga (igal konkreetsel juhul tuuakse välja, kas tegemist on päeva-, kuukeskmiste jm näitajatega) ja käesolevas PVT-kirjelduses väljendatud järgmiselt:



Heidet välisõhku kirjeldatakse, kui heites oleva saasteaine massi kuivade heitgaaside ruumala kohta standardsetel tingimustel, ühikuteks  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  või  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ .

PVT SHT väärtused on kirjeldatud füüsikalistel normaaltingimustel ( $273,15\text{ K}$  e  $0^\circ\text{C}$ ,  $101,3\text{ kPa}$ ) ning teisendatud hapnikusisalduse võrdlustasemele 6 mahuprotsenti tahke kütuse, sh segus muude kütustega ja 3 mahuprotsenti gaas- ja vedelkütuse korral.

Valem heite kontsentratsiooni teisendamiseks hapnikusisalduse võrdlustasemele:

$$E_R = \frac{21 - O_R}{21 - O_M} \times E_M$$

kus:

$E_R$  ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ): heite kontsentratsioon, mis on korrigeeritud vastavaks hapnikusisalduse võrdlustasemele  $O_R$ ;

$O_R$  (mahu%): hapnikusisalduse võrdlustase;

$E_M$  ( $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ): heite kontsentratsioon vastavalt mõõdetud hapnikusisaldusele  $O_M$ ;

$O_M$  (mahu%): mõõdetud hapnikusisaldus.

Keskmistamisperioodid on määratletud järgmiselt:

- päevakeskmise – pidevmõõtmistega 24 tunni vältel saadud kehtivate 1 tunni keskmiste keskmine väärtus;
- kuukeskmise – pidevmõõtmistega 1 kuu vältel saadud kehtivate 1 tunni keskmiste keskmine väärtus;
- aastakeskmise – pidevmõõtmistega 1 aasta vältel saadud kehtivate 1 tunni keskmiste keskmine väärtus;
- mõõteperioodi keskmine – kolme vähemalt 30 minutise kestusega järjestikuse mõõtmise keskmine väärtus; juhul kui mõne parameetri määramisel ei ole 30 minutiline mõõteperiood proovivõtu või analüütiliste piirangute tõttu asjakohane, rakendatakse proovivõtu sobivat kestust.

Heidet vette kirjeldatakse kui heites oleva saasteaine massi heitvee ruumala kohta, ühikuteks  $\text{g}/\text{l}$ ,  $\text{mg}/\text{l}$  või  $\mu\text{g}/\text{l}$ . Kui ei ole märgitud teisiti, on PVT SHT arvestatud 24 tunni jooksul võetud vooluhulgaga proportsioonis oleva liitproovi keskmise väärtuse suhtes. Proovivõtuaajaga proportsioonis olevaid liitproove võib kasutada piisavalt püsiva vooluhulga korral.

### **Parima võimaliku tehnikaga saavutatav energiaefektiivsuse tase (PVT SET)**

PVT SET (ka kasutegur) on põletusüksuse neto energiaväljundi ja kütusega sisestatud energiakoguse suhe. Neto energiaväljund määratakse põletusüksusele tervikuna koos lisaseadmetega (nt suitsugaaside puhastussüsteemid) ja täiskoormusel töötamisel. PVT SET ühikuks on protsent. Kütusega sisestatud energiakogus määratakse alumise kütteväärtuse järgi.

Elektri ja soojuse koostootmisseadmetel eristatakse:

- **neto elektrilist kasutegurit** (efektiivsust) üksustel, mis toodavad ainult elektrit;
- **neto kogukasutegurit** (kütuse kasutamise efektiivsust) üksustel, mis töötavad täiskoormusel ja on seadistatud maksimaalsele soojuse tootmisele ning üle jäävast energiast toodetakse elektrit.



## 7.1. Üldised PVT-järeldused

### 7.1.1. Keskkonnajuhtimissüsteemid

**PVT nr 1.** PVT on kõigile järgnevalt loetletud tunnustele vastava keskkonnajuhtimissüsteemi (KKJS) rakendamine ja järgimine:

1. Juhtkonna, sealhulgas tippjuhtkonna pühendumus.
2. Käitise keskkonnapoliitika määratlemine, mis hõlmab juhtkonna kohustumise süsteemi pidevaks täiustamiseks.
3. Vajalike protseduuride sätestamine, eesmärkide ja sihtide kavandamine ja seadmine ning nende sidusus investeringutega ja finantsplaneerimisega.
4. Protseduuride elluviimine, pöörates erilist tähelepanu:
  - käitise struktuurile ja vastutuse jaotusele;
  - personali värbamisele, väljaõppele, teadlikkusele ja pädevusele;
  - suhtlusele;
  - töötajate kaasatusele;
  - dokumentatsioonile;
  - protsesside kontrollimise toimivusele/mõjususele;
  - kavandatud regulaarsele hooldamisprogrammile;
  - ettevalmistusele hädaolukordades tegutsemiseks;
  - ettevaatusabinõudele, mis tagavad vastavuse keskkonna-alase seadusandlusega.
5. Tegutsemise tulemuslikkuse kontroll ja korrigeerivad tegevused, pöörates erilist tähelepanu:
  - seirele ja mõõtmistele (vaata heiteseire viitedokumenti, st REF ROM);
  - korrigeerivatele ja ennetavatele tegevustele;
  - tõendusdokumentide ohjele;
  - sõltumatule (lähtudes praktilistest kaalutlustest) sise- ja välisauditeerimisele eesmärgiga kindlaks määrata kas KKJS vastab kavandatule, on korrektselt ellu viidud ja tegevuses hoitud või ei.
6. Juhtkonnapoolne KKJS ülevaatus, et veenduda selle jätkuvas sobivuses, piisavuses ja mõjususes.
7. Puhtamate tehnoloogiate arengusuundade jälgimine.
8. Käitise kavandamisel ja kogu käitamistsükli vältel tegevuse lõpetamise keskkonnamõjudega arvestamine, sh rakendades meetmeid nagu:
  - maa-aluste rajatiste vältimine;
  - lammutamist hõlbustavate omaduste lisamine;
  - kergelt puhastatavate pinnakatete valimine;
  - kasutada seadmete järjestamist-paigutamist, mis minimeerib kemikaalide peetust (süsteemi jäämist) ja hõlbustab drenimist või puhastamist;
  - paindlike, sõltumatult toimivate seadmete kavandamine, mis võimaldavad etapiviisilist sulgemist-tegevuse lõpetamist;
  - biolagunevate ja taaskasutatavate materjalide kasutamine, kus see on võimalik.
9. Regulaarse sektoripõhise võrdlemise rakendamine.



Põletusseadmete valdkonnas tuleb arvestada ka täiendavate teemade kajastamisega KKJS-s. Juhul kui käitise, kui terviku KKJS väljatöötamisel, üle vaatamisel või täiendamisel annab käitaja hinnangu, et mõni punktis 10–16 toodud teemadest ei ole käitises asjakohane, tuleb vastav järeldus kirjalikult põhjendada:

10. Kütuste kvaliteedi tagamise/kontrolli programm, et kindlustada kõikide kasutatavate kütuste karakteristikute määramine ja kontroll (vt PVT nr 6).
11. Kava õhku- ja vetteheite vähendamiseks tavapärasest erinevate käitamistingimuste korral, sh käivitamisel ja seiskamisel (vt PVT nr 7 ja 10).
12. Jäätmekava, mis tagab jäätmete tekke vältimise ja vähendamise, ringluskasutuseks ettevalmistamise, taaskasutamise või muul viisil ringlussevõtu (vt PVT nr 19).
13. Kontrollimatute ja plaaniväliste heidete keskkonna- ja ohutuse juhtimise süsteem, mis võimaldab neid tuvastada, kavandada vältimist ja muul viisil ohjamist, iseäranis:
  - heide pinnasesse ja põhjavette kütuste, lisaainete, kõrvaltoodete ja jäätmete käitlemisel ja ladustamisel;
  - arvestada isekuumenemise ja –süttimise riski kütuste ladustamisel ja käitlemisel.
14. Tolmu hajusheite vältimise, või kui see ei ole teostatav, vähendamise kava kütuste, põlemisjääkide ja lisaainete laadimisel, ladustamisel ja muul käitlemisel.
15. Mürä ohjamise plaan, kui võib eeldada või esineb mürähäiringuid tundlikel aladel, sealhulgas:
  - mürataseme mõõtmiste läbiviimine käitise piiril;
  - müra vähendamise meetmete rakendamine;
  - kava (*protocol*) mürakaebuste vähendamiseks koos asjakohaste tegevuste ja ajakavaga;
  - varem esinenud juhtumite analüüsimine, sh põhjused, rakendatud leevendusmeetmed ja mõjutatud osapoolte teavitamine.
16. Halvasti lõhnavaid aineid sisaldavate kütuste põletamisel või koospõletamisel lõhna vähendamise kava koostamine, milles sisalduvad:
  - lõhna seiremeetmed;
  - kui vajalik, siis lõhna vähendavate tegevuste kavandamine häiriva lõhna kõrvaldamiseks või vähendamiseks;
  - tegevusjuhised lõhnahäiringu juhtumite registreerimiseks ja asjakohaste meetmete rakendamiseks, sh tegevuste ajakava koostamiseks;
  - varem esinenud juhtumite analüüsimine, sh põhjused, rakendatud leevendusmeetmed ja mõjutatud osapoolte teavitamine.

**Rakendatavus:** KKJS ulatus (nt detailsus) ja selle olemus (nt standardiseeritud või mitte-standardiseeritud) on üldiselt seotud käitise tegevuse iseloomu, mastaabi ja keerukusega ning erinevate keskkonna mõjutegurite olulisusega, mida see käitis avaldada võib.

### 7.1.2. Seire korraldus

Seire korraldamisel tuleb üldreeglina kasutada EN standardeid. Kui EN standardid puuduvad, on PVT-ks ISO, riiklikud või teised rahvusvahelised standardid ja juhendid, samuti õigusaktide asjakohased nõuded, mis tagavad samaväärse teadusliku kvaliteediga tulemused.



### **PVT nr 2. Energeetilise efektiivsuse määramine**

PVT on põletusseadme üksuste elektritootmise netokasuteguri või üldise kütusekasutuse kasuteguri või neto mehhaanilise energeetilise kasuteguri kindlaksmääramine tehes katsetused täiskoormusel töötamisel<sup>59</sup> pärast üksusele kasutusloa saamist ja pärast iga muudatust, mis võib oluliselt eeltoodud parameetreid muuta. Seejuures tuleb lähtuda EN standarditest. Kui need ei ole kättesaadavad, on PVT-ks ISO, riiklikud või teised rahvusvahelised standardid, mis tagavad samaväärsed teadusliku kvaliteediga tulemused.

### **PVT nr 3. Protsessi võtmeparameetrite seiretingimused**

PVT on protsessi võtmeparameetrite seire, millest sõltuvad heited õhku ja vette. Heitgaaside vooluhulka, hapnikusisaldust, temperatuuri, rõhku ja veeauru sisaldust seiratakse perioodiliselt või pidevalt sõltuvalt välisõhku suunatavates heitgaasides sisalduvate saasteainete seire iseloomust. Suitsugaaside märgpuhastusest tekkiva reovee vooluhulka, pH-d ja temperatuuri seiratakse pidevalt.

Rakendatavus: Veeauru pidevseire heitgaasides ei ole vajalik, kui saasteainete pidevseirel võetavad proovid kuivatatakse enne analüüsimist.

### **PVT nr 4. Õhkuheite seiretingimused**

**PVT nr 4-1.** PVT on peamiste saasteainete pidevseire. SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, CO ja tahkete osakeste õhkuheite pidevseire toimub vastavalt EN standarditele EN 15267-1, EN 15267-2, EN 15267-3 ja EN 14181, tahkete osakeste puhul täiendavalt EN 13284-1 ja EN 13284-2. Võrdlusmõõtmise läbiviimisel võib kasutada muid asjakohaseid meetodeid, mis tagavad samaväärsed teadusliku kvaliteediga tulemused.

Rakendatavus:

1. Vähem kui 1500 tundi aastas töötavate < 100 MW<sub>th</sub> põletusseadmete õhkuheite seiresagedust võib vähendada kuni 1 korrani poolaastas, seejuures kohalduvad SO<sub>2</sub> ja NO<sub>x</sub> puhul standardid EN 14791, CO puhul EN 15058, tahketel osakatel EN 13284-1.
2. Lämmastikoksiidide heite vähendamiseks SCR või SNCR kasutamisel tuleb pidevalt seirata ammoniaagi heidet (EN 15267-1, EN 15267-2, EN 15267-3 ja EN 14181),
3. Vähem kui 1500 tundi aastas töötavate < 100 MW<sub>th</sub> põletusseadmete õhkuheite seiresagedust võib vähendada kuni 1 korrani poolaastas. SCR kasutamisel võib NH<sub>3</sub> seire sagedust vähendada kuni 1 korrani aastas, kui heide on osutunud piisavalt stabiilseks.
4. SCR kasutamisel lämmastikoksiidide heite vähendamiseks seiratakse vääveltrioksiidi (SO<sub>3</sub>) heidet 1 kord aastas. EN standard puudub.

**PVT nr 4-2.** Tahkekütuste kasutamisel seiratakse minimaalse nõutava seiresagedusega perioodiliselt järgmisi saasteaineid:

1. N<sub>2</sub>O tsirkuleeriva keevkihiga kateldest; seiresagedus 1 kord aastas, kohaldub standard EN 21258; tehakse 2 mõõtmisseeriat, üks põletamisseadme töötamisel > 70 % koormusega, teine < 70 % koormusega.
2. HCl 1 kord 3 kuu tagant, kohaldub standard EN 1911. Vähem kui 1500 tundi aastas töötavate < 100 MW<sub>th</sub> põletusseadmetel seire sagedust võib vähendada kuni 1 korrani poolaastas. Kui heide on osutunud piisavalt stabiilseks, võib seirevajaduse siduda

<sup>59</sup> Rakendatavus: koostootmisjaamade puhul, kus tehnilistel põhjustel ei saa soojuse tootmise osa täiskoormusega töötamisel mõõtmistega kontrollida, asendatakse katsetamine arvutustega, kasutades täiskoormusel töötamise parameetreid.



kütuse karakteristikute olulise muutusega, kuid mitte harvemini kui 1 kord aastas, välja arvatud tahke biomassi ja/või turba kasutamisel mil HCl sisaldust seiratakse vähemalt 1 kord poolaastas.

3. HF 1 kord aastas, EN standard puudub. Täiendav seire on vajalik, kui kütuse karakteristikud muutuvad oluliselt.
4. Raskmetallide, välja arvatud elavhõbe, seiret tehakse vähemalt 1 kord aastas, kohaldub standard EN 14385. Seiratakse Cu, Zn, Pb, As, Cr, Mn, V ja Cd. Seiratavate metallide nimekiri ja seiresagedus sõltub tahkekütuses sisalduvatest raskmetallidest ja asjakohasest hinnangust heite võimalikkusele (sh arvestades suitsugaaside töötlemise meetodeid), kuid igal juhul tuleb mõõtmised korraldada, kui kütuse karakteristikud oluliselt muutuvad.
5. Käesolevate PVT-järelduste jõustumise järgselt teha vähemalt 1 elavhõbeda mõõteseria heitgaasides, kui põletusseadme Hg heite kohta varasemad andmed puuduvad. Täiendav seire on vajalik, kui kütuse karakteristikud muutuvad oluliselt.

**PVT nr 4-3.** Põlevkivigaaside kasutamisel tuleb seirata summaarseid lenduvaid orgaanilisi ühendeid (TVOC) vähemalt 1 kord aastas, kui põlevkivigaaside osakaal põletatud kütusesegus ületab 50%. Täiendav seire on vajalik, kui põlevkivigaaside karakteristikud muutuvad oluliselt. Kohaldub standard EN 12619.

#### **PVT nr 5. Vetteheite seiretingimused suitsugaaside puhastamisel**

PVT on seirata suitsugaaside puhastusseadmetelt tekkivat vetteheidet vähemalt 1 kord kuus. Seiratavad parameetrid ja rakendatav EN standard:

1. Summaarne orgaaniline süsinik (TOC, EN 1484) või keemiline hapnikutarve (KHT, EN standard puudub);
2. Summaarne heljum (TSS, EN 872);
3. Fluoriidid ( $F^-$ , EN ISO 10304-1);
4. Sulfaadid ( $SO_4^{2-}$ , EN ISO 10304-1);
5. Sulfiidid, kergesti vabanevad ( $S^{2-}$ , EN standard puudub);
6. Sulfitid ( $SO_3^{2-}$ , EN ISO 10304-3);
7. Raskmetallid: As, Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn (olemas erinevad EN standardid, nt EN ISO 11885 või EN ISO 17294-2), Hg (olemas erinevad EN standardid, nt EN ISO 12846 või EN ISO 17852)
8. Kloriidid ( $Cl^-$ , olemas erinevad EN standardid, nt EN ISO 10304-1 või EN ISO 15682);
9. Üldlämmastik (EN 12260).

#### **PVT nr 6. Kütuse karakteristikute määramine/kvaliteedi kontroll**

**PVT nr 6-1.** Vähemalt kord kuus mõõdetakse kasutatavate kütuste põlemisprotsessi mõjutavaid parameetreid, s.o tahkekütustel vähemalt kütteväärtust, niiskusesisaldust ja tuhasust, põlevkivigaasidel vähemalt kütteväärtust (lähtudes selle määramisel põlevkivibensiini sisaldusest või muudest asjakohastest meetoditest) ja väävelvesiniku sisaldust.

**PVT nr 6-2.** Kütuse esmakordsel kasutuselevõtul või kui on põhjust eeldada kütuse karakteristikute olulist muutust (nt põlevkivi kasutuselevõtt uuest maardlast), tuleb teha kütuse karakteristikute põhjalik mõõtmine, kui vastav teave ei ole eelnevalt kättesaadav (nt põlevkivi puhul maardla geoloogiliste uuringute käigus saadud teave). Kontrollitavad parameetrid on järgmised:





1. Põlevkivis alumine kütteväärtus, niiskus, lenduv osa, tuhasisaldus, seotud süsinik, elementaarkoostis - C, H, N, O, S, Br, Cl, F, raskmetallidest As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Ni, Pb, Sb, Tl, V, Zn;
2. Biomassis ja turbas alumine kütteväärtus, niiskus, tuhasisaldus, elementaarkoostis - C, Cl, F, N, S, K, Na, raskmetallidest AS, Cd, Cr, Cu, Hg, Pb, Zn;
3. Põlevkivigaasides alumine kütteväärtus, metaani, teiste süsivesinike ( $C_xH_y$ ),  $CO_2$ ,  $H_2$ ,  $N_2$ , summaarsete väävliühendite ja  $H_2S$  sisaldus.

**PVT nr 6-3.** PVT on kütuse kvaliteedi kontrolli programmi koostamine põlemisprotsessi efektiivsuse tagamiseks ja saasteainete õhkuheite vähendamiseks. See hõlmab kütuse kvaliteedi sobivuse hindamist ja otstarbekuse korral tööparameetrite ümberseadistamist.

Rakendatavus: kui põletusseadmete projektiga ette nähtud kütuste kvaliteedinäitajad erinevad olulisel määral kasutatavate kütuste kvaliteedinäitajatest.

#### **PVT nr 7.** Seire tavapärastest erinevates käitamistingimustes

PVT on asjakohaselt seirata õhku- ja vetteheidet tavapärasest erinevate käitamistingimuste ajal, seda kas otsese heite mõõtmiste või surrogaatparameetrite seire kaudu, kui on tõendatud, et see annab otseste mõõtmistega võrreldes samaväärse või parema kvaliteedi. Käivitamis- ja sulgemisperioodi heiteid saab iseloomustada detailsete heite mõõtmistega tehnoloogilise käivitamise-seiskamise ajal. Saadud tulemused võetakse aluseks järgnevate käivitamiste-sulgemiste iseloomustamiseks. Käivitamisel-seiskamisel ainult kaubanduslike gaasiliste ja vedelkütuste kasutamisel tuleb mõõtmised teha vähemalt üks kord 5 aasta jooksul, muude kütuste kasutamisel vähemalt 1 kord aastas.

#### **7.1.3. Üldised meetmed põlemisprotsessi ja keskkonnanäitajate osas**

**PVT nr 8.** Põletusseadmete üldiste keskkonnanäitajate parendamiseks ja CO ning põlemata ainete õhkuheite vähendamiseks, on PVT optimaalse põlemise kindlustamine kasutades ühte või mitut alljärgnevatest meetmetest:

**Üldiselt rakendatavad** (olemasolevatele ja uutele põletusseadmetele):

1. Kütuste segamine – segatakse erineva kvaliteediga sama tüüpi kütust (nt biomassi).
2. Põletussüsteemi hooldus – regulaarne planeeritud hooldus vastavalt tehnika tarnija soovitudele.

**Rakendatavad uutele põletusseadmetele:**

3. Kütuste valik – ette näha puhtamate kütuste kasutamine, mis sisaldavad vähem saasteaineid.
4. Edasiarendatud põlemisprotsessi kontrollsüsteemid.
5. Põletusseadmestiku hea tehniline lahendus – ahjude, põlemiskambrite jms heal tasemel projekteerimine.

**PVT nr 9.** Normaalistes käitamistingimustes õhkuheite vähendamiseks on PVT tagada asjakohase projekteerimise, käitamise ja hoolduse kaudu, et heite puhastussüsteemid on kasutuses optimaalse võimsusega ja rakendatavusega.

**PVT nr 10.** Vähendamaks saasteainete heidet õhku või vette on tavapärasest erinevates käitamistingimustes PVT koostada ja rakendada keskkonnajuhtimissüsteemi osana kava õhku-





või vetteheite vähendamiseks tavapärasest erinevate käitamistingimuste korral (vt PVT nr 1 punkt 11), mis on proportsionaalne tekkida võiva heitega ja sisaldab järgmisi elemente:

1. Süsteemide asjakohane projekteerimine, mis eeldatavalt põhjustavad tavapärasest erinevate käitamistingimuste korral heite õhku, vette või pinnasesse, nt põletusseadme käivitamise ja sulgemise tsüklite madalam koormus võrreldes tavapärase töörežiimiga (rakendatav ainult uutele seadmetele);
2. Nende süsteemide jaoks ennetava hoolduse plaani koostamine ja rakendamine;
3. Tavapärasest erinevate käitamistingimuste korral tekkiva heite ja seda põhjustanud tingimuste analüüs ja registreerimine, vajadusel parandusmeetmete rakendamine (st kõik äkkheite juhud registreeritakse, tuuakse välja tekkepõhjused);
4. Tavapärasest erinevate käitamistingimuste juhtude ja nende korral tekkiva heite perioodiline analüüs (nt juhtude sagedus, kestus, heitkoguse mõõtmine/hindamine), vajadusel parandusmeetmete rakendamine (st eesmärgiks on äkkheite tekkega seotud sündmuste ennetamine).

#### 7.1.4. Energiaefektiivsus

**PVT nr 11.** Põlemisprotsessi energeetilise efektiivsuse suurendamisel on PVT kasutada ühte või mitut alljärgnevatest meetmetest:

**Üldiselt rakendatavad** (olemasolevatele ja uutele põletusseadmetele):

1. Protsessi parameetrite optimeerimine – töötamine kõrgeima võimaliku temperatuuri ja rõhuga gaasi või auruga, arvestades piirangutega, mis tulenevad nt NO<sub>x</sub> heite kontrolli vajadustest või nõuetest väljastatava energia karakteristikutele.
2. Aurutsükli optimeerimine.
3. Põlemisõhu eelsoojendamine - kasutades osa suitsugaaside soojustagastusest saadud energiat. Rakendatavust võib piirata vajadus hoida NO<sub>x</sub> heidet kontrolli all.
4. Auruturbiini moderniseerimine – erinevad tehnikad nagu keskrõhu auru temperatuuri ja rõhu tõstmine, madalrõhu turbiini lisamine, labade geomeetria modifitseerimine. Rakendatavust võib piirata auru nõudlus või selle parameetrid või põletusseadme piiratud eluiga.
5. Heide jahutustorni kaudu – suitsugaasid suunatakse jahutustorni.  
Rakendatavus: saab kasutada ainult FGD puhul, kui on vajalik suitsugaasi taassoojendamine enne väljutamist ja kui põletusseade kasutab jahutustorni.
6. Märg korsten – kasutatakse heitgaaside ärajuhtimisel tingimusi, kus veeaurud kondenseeruvad korstnas ja see asendab gaas-gaas soojendit pärast suitsugaaside märja puhastuse (WFGD) rakendamist.  
Rakendatavus: kaitistes, kus on kasutuses suitsugaaside märgpuhastus (WFGD).
7. Kütuse eelsoojendamine – kasutades suitsugaaside soojustagastusest saadud energiat. Rakendatavus: üldiselt rakendatav, kuid tuleb arvestada katla ehitusest ja NO<sub>x</sub> heite kontrolli vajadusest tulenevaid piiranguid.
8. Põlemisprotsessi optimeerimine.
9. Soojuse akumulatsioon  
Rakendatavus: ainult CHP; rakendatavus on piiratud väikese soojuskoormusega seadmetel ja väikese soojusenergia vajadusega piirkonnas.



10. Soojuskadude minimeerimine – jääksoojuse kadude vähendamine, nt šlaki kaudu ja kiirguspindade isoleerimisega.  
Rakendatavus: ainult tahkekütust kasutatavatel seadmetel.
11. Energiatarbe minimeerimine – võtta kasutusele väiksema energiatarbega seadmed, nt suurema energeetilise kasuteguriga toitevee pumbad.
12. Suitsugaaside kondenseerimine.  
Rakendatavus: ainult CHP ja kui on piisav nõudlus madala temperatuuriga soojusele.

#### **Rakendatavad uutele põletusseadmetele:**

1. Kasutusele võtta superkriitilised ja ultra-superkriitilised auru parameetrid.  
Rakendatavus: ainult uutel seadmetel võimsusega  $\geq 600 \text{ MW}_{\text{th}}$  ja tööajaga üle 4000 tunni aastas; ei ole rakendatav, kui on vaja toota madala temperatuuriga ja/või rõhuga auru tööstusettevõtetele; ei ole rakendatav koostootmisjaamades; biomassi põletamisel võib rakendatavus olla piiratud kõrgtemperatuurse korrosiooni tõttu.
2. Elektri- ja soojusenergia koostootmine. Soojust saadakse peamiselt auru jahutussüsteemist, soojustagastuseks on lisavõimalusi suitsugaasidest, resti jahutamisest ja tsirkuleerivast keevkihist.  
Rakendatavus: sõltub soojusenergia vajadusest piirkonnas (tööstuse, kaugkütte olemasolu).
3. Toitevee eelsoojendamine kasutades soojustagastusest saadavat energiat.  
Rakendatavus: ainult aurukateldel, ei rakendu veekateldele.
4. Edasiarendatud põlemisprotsessi kontrollsüsteemid.
5. Kütuste eelkuivatamine – biomassi ja turba kasutamisel tuleb arvestada isesüttimise võimalusest tingitud piiranguid.
6. Kaasaegsete materjalide kasutamine – kõrgematele temperatuuridele ja rõhkudele vastupidavamate materjalide kasutamine.

#### **7.1.5. Õhkuheite vähendamine sekundaarmedetmetega**

**PVT nr 12.** Olemasolevates põletusseadmetest on  $\text{NO}_x$  heite vähendamiseks PVT OFA (*overfire air*) kasutamine koos tertsiaarse õhu lisamisega gaaside ja lendtuha järelpõletamisel. Uutel seadmetel on OFA PVT kombinatsioonis teiste tehnikatega.

**PVT nr 13.**  $\text{NO}_x$  saastetaseme alandamiseks on PVT kasutada ühte või mitut alljärgnevatest meetmetest:

1. Selektiivne katalüütiline taandamine (SCR).  
Rakendatavus: SCR ei ole üldiselt rakendatav seadmetele, mille võimsus on alla  $100 \text{ MW}_{\text{th}}$  ning  $< 500$  tundi aastas töötavatele seadmetele võimsusega alla  $300 \text{ MW}_{\text{th}}$ . Samuti võivad tekkida tehnilised ja majanduslikud probleemid SCR paigaldamisega olemasolevatele seadmetele, mille tööaeg on 500-1500 tundi aastas ning üle  $300 \text{ MW}_{\text{th}}$  võimsusega piiratud tööajaga olemasolevatele seadmetele. Rakendatavus on piiratud ka suitsugaaside suhteliselt kõrge tahkete osakeste sisalduse tõttu, kuna SCR on nende suhtes tundlik. Rakendamine koos ESP-ga mõjutab süsteemi kasutegurit, kuna SCR toimimiseks on vaja suitsugaasid uuesti üles soojendada.



2. Selektiivne mittekatalüütiline taandamine (SNCR).

Rakendatavus: võib olla piiratud suure ristlõike pindalaga kateldel, mis takistab  $\text{NH}_3$  ja  $\text{NO}_x$  homogeenset segunemist, samuti seadmetel mis töötavad alla 1500 tunni aastas väga varieeruva koormusega.

3.  $\text{SNO}_x$  kombineeritud tehnika.

Rakendatavus: juhtumipõhine sõltuvalt kütuste omadustest ja põlemisprotsessist. Saab rakendada ainult suitsugaaside suurtel mahtkiirustel (ligikaudu alates 800 000  $\text{Nm}^3/\text{h}$ ) ja kui on vajalik nii  $\text{SO}_2$  kui  $\text{NO}_2$  saastetasemete alandamine.

**PVT nr 14.** Selleks et vähendada ammoniaagi õhkuheidet SCR ja/või SNCR kasutamisel  $\text{NO}_x$  heite vähendamiseks, on PVT optimeerida nende seadmete projektnäitajad ja käitamist (nt rakendada optimeeritud reagenti koguse ja  $\text{NO}_x$  kontsentratsiooni suhet, homogeenset reagenti jaotust ja optimeeritud reagenti tilkade suurust).

Nii SCR kui SNCR kasutamisele kohaldub ammoniaagi heite PVT SHT 5-15  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  kuukeskmisena, aastakeskmisena 3-10  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ . Madalamad väärtused on saavutatavad SCR ja ülemised väärtused SNCR puhul, kui ei kasutata suitsugaaside märgpuhastust. Kui katlad kasutavad kütusena ka biomassi ja töötavad varieeruva koormusega, on aastakeskmise PVT SHT ülemine väärtus kuni 15  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ .

#### 7.1.6. Veekasutus ja heide vette

**PVT nr 15.** Uutel põletusseadmetel on PVT vee kasutamise ja ärajuhitava saastunud heitvee mahu vähendamiseks ühe või mõlema tehnika rakendamine:

1. Erinevate protsesside jääkvee (nt jahutusvesi, kondensaatvesi), sh sademevee taaskasutamine mõnel muul eesmärgil, kui see on tehniliselt võimalik. Taaskasutamist piiravad vett vastuvõtva protsessi nõuded vee kvaliteedile ja käitise veebilanss.  
Rakendatavus: ei ole rakendatav jahutussüsteemidest tekkivale reoveele, kui see sisaldab veetöötluskemikaale või kõrges kontsentratsioonis soolasid.
2. Koldetuha kuivärastus. Tahkekütusekatla kuiv koldetuhk eemaldatakse mehhaanilise konveiersüsteemiga ja jahutatakse õhu või veega suletud tsükli. Jahutamisel ja transpordil ei kasutata vett otseses kontaktis tuhaga.

**PVT nr 16.** Käitises tekkiva saastunud vee koguse ja saasteainete vetteheite vähendamiseks on PVT erinevate vete segunemise vältimine ja nende eraldi puhastamine, sõltuvalt saasteainete sisaldusest.

Rakendatavus: uutes käitistes, olemasolevate puhul võib tähendada täielikku ümberehitamist.

**PVT nr 17.** Suitsugaaside puhastusseadmetelt tekkiva vetteheite vähendamisel on PVT kasutada ühte või mitut alljärgnevatest meetmetest:

#### Primaarmed

1. Optimaalse põlemise tagamine (vt PVT nr 8) ja heite puhastussüsteemide kasutamine optimaalse võimsusega (vt PVT nr 9). Muuhulgas vähendab biolagunevate orgaanilise ühendite teket, SCR või SNCR kasutamisel ka ammoniaagi teket.



### Sekundaarmedmed

2. Adsorbeerimine aktiivsöele, vähendab orgaaniliste ühendite ja elavhõbeda heidet.
3. Aeroobne bioloogiline puhastamine, vähendab biolagunevate orgaaniliste ühendite ja ammoniumiooni heidet.  
Rakendatavus: üldiselt rakendatav biolagunevatele orgaanilistele ühenditele, ammoniumioonidele ei tarvitse rakendada reovee kloriidide kõrgel sisaldusel (ca 10 g/l).
4. Anoksiline või anaeroobne bioloogiline puhastamine, vähendab elavhõbeda, nitraatide ja nitritite heidet.
5. Koaguleerimine ja flokuleerimine, vähendab heljumi heidet.
6. Kristalliseerimine, vähendab raskmetallide, sulfaatide ja fluoriidide heidet.
7. Floteerimine, vähendab heljumi ja naftasaaduste heidet.
8. Ioonvahetus, vähendab raskmetallide heidet.
9. Neutraliseerimine, vähendab hapete ja leeliste heidet.
10. Oksüdeerimine, vähendab sulfiidide ja sulfitite heidet.
11. Sadestamine, vähendab raskmetallide, sulfaatide ja fluoriidide heidet.
12. Setitamine, vähendab heljumi heidet.
13. Eemaldamine (*stripping*), vähendab ammoniaagi heidet.

Kasutatav puhastustehnoloogia peab tagama, et käitistest juhitakse suublasse suitsugaaside puhastamisest tekkinud heitvett, mis vastab järgmistele PVT SHT väärtustele, välja arvatud juhul, kui õigusaktiga on kehtestatud rangemad väärtused:

### Rakendatavad ainult suitsugaaside märgpuhastusel

1. Summaarne orgaaniline süsinik (TOC) 20–60 mg/l või keemiline hapnikutarve (KHT) 60–150 mg/l, heitest arvestatakse maha võetavas vees sisalduv saaste.
2. Fluoriidid (F) 10–25 mg/l.
3. Sulfaadid ( $\text{SO}_4^{2-}$ ) 1,3–2,0 g/l, piirväärtus ei rakendu heite korral merre või soolakasse pinnavette.
4. Sulfiidid, kergesti vabanevad ( $\text{S}^{2-}$ ) 0,1–0,2 mg/l.
5. Sulfitid ( $\text{SO}_3^{2-}$ ) 1–20 mg/l.

### Rakendatavad muudele suitsugaaside puhastitele

1. Summaarne heljum (TSS) 10–30 mg/l.
2. As 10–50 µg/l.
3. Cd 2–5 µg/l.
4. Cr 10–50 µg/l.
5. Cu 10–50 µg/l.
6. Hg 0,2–3 µg/l.
7. Ni 10–50 µg/l.
8. Pb 10–20 µg/l.
9. Zn 50–200 µg/l.

Heitvee juhtimisel ühiskanalisatsiooni tuleb järgida heitvee ärajuhtimise lepingus ja õigusaktidega kehtestatud piirväärtusi.

**PVT nr 18.** Kui põlevkivienergeetika käitisel on ühine reovee kogumise või heitvee ärajuhtimise süsteem põlevkiviõli tootmisega, kohalduvad muu reovee, kui suitsugaaside



puhastusseadmetelt tekkiva vetteheite käitluse üldisele korraldusele põlevkiviõli tootmise PVT-kirjelduse PVT-meetmed.

#### 7.1.7. Muud üldised PVT-meetmed

**PVT nr 19.** Põlemisprotsessis ja/või heidete vähendamisel tekkivate jäätmete kõrvaldamise vajaduse vähendamisel on PVT rakendada meetmeid prioriteetsuse järjekorras ja elutsükli-põhist mõtteviisi arvestades (sh on rakendatavus seotud turu või nõudluse olemasoluga), mis tagavad jäätmete tekke vältimise, sh tekkivate ainevoogude käsitlemise kõrvalsaadustena, võimaldavad protsessi tagasisuunamist, ringlusvõttu, korduv- ja taaskasutamist.

Meetmete näiteks on SCR ja SNCR protsessi katalüsaatorite taaskasutamine, tahkekütuste põletamisel tekkivate süsinikurikaste jääkide segamine kütusega, kipsi saamine kõrvalsaadusele vastava kvaliteediga, muude tahkete jäätmete taaskasutamine ehitussektoris.

**PVT nr 20.** Mürahäiringu vähendamiseks on PVT kasutada ühte või mitut alljärgnevatest meetmetest:

**Üldiselt rakendatavad** (olemasolevatele ja uutele põletusseadmetele):

1. Meetmed käitamisel nagu:

- seadmete asjakohane ülevaatus ja hooldus;
- võimalusel mürarikaste seadmete ruumides uste ja akende sulgemine;
- seadmeid käitab kogunud personal;
- võimalusel vältida mürarikkaid tegevusi öisel ajal;
- mürarikaste hooldustööde ajal mürakontrolli meetmete rakendamine.

2. Madala müratasemega seadmete paigaldamine (kompressorid, pumbad, jms). Rakendatav uue seadme soetamisel või vana seadme väljavahetamisel.

3. Mürakontrolli seadmete kasutamine, sh:

- mürasummutid;
- vibratsiooni ja/või heliisolatsiooni kasutamine;
- vibratsiooni tekitavate seadmete vundamentide eraldamine hoone muudest konstruktsioonidest;
- mürarikaste seadmete paigutamine müra tõkestavasse konteinerisse;
- müratõkete kasutamine.

Rakendatavus olemasolevates ettevõtetes võib olla piiratud ruumipuuduse tõttu.

**Rakendatavad uutele põletusseadmetele:**

1. Mürarikaste seadmete ja müratundlike objektide asukohavalik, paigutades müra allika tundlikest aladest kaugemale, samuti kasutades muid ehitisi müratõketena.

2. Müra leviku tõkestamiseks kavandada kaitsemüüre, -valle jms.



## 7.2. PVT-järeldused põlevkivi kasutamisel kütusena

Siin peatükis toodud meetmed rakenduvad põlevkivi kasutamisel kütusena täiendavalt ptk 7.1 toodud üldistele PVT-järeldustele.

### 7.2.1. Põlemisprotsessi keskkonnanäitajad, energiaefektiivsus

**PVT nr 21.** Põletusseadmete üldiste keskkonnanäitajate parendamiseks on põlevkivi põletamisel lisaks PVT nr 8 toodud meetmetele ühe või mitme alljärgneva meetme kasutamine:

1. Integreeritud põlemisprotsessi rakendamine, mis tagab katla kõrge efektiivsuse ja hõlmab  $\text{NO}_x$  taseme vähendamise primaarmetmetega nagu õhu ja kütuse mitmeastmeline põletamine ja madala  $\text{NO}_x$  tekkega põletid. Seda võimaldavateks tehnoloogiateks või meetoditeks on tolmpõletamine, keevkihis põletamine ja liikuva restiga kolle.
2. Vee sissepritse koldesse, mis ühtlustab kolde temperatuurigradienti ja parandab  $\text{SO}_x$  ning ka  $\text{NO}_x$  sidumist.

**PVT nr 22.** PVT on põletusseadmete energeetilise efektiivsuse määramine vastavalt PVT nr 2 tingimustele. Olemasolevatele põlevkivielektriijaamadele PVT SET taset ei kehtestata. Uute jaamade puhul on neto elektriline kasutegur 36,5–40 % või neto kogukasutegur 75–97%.

### 7.2.2. Saasteainete õhkuheite vähendamine

**PVT nr 23.**  $\text{NO}_x$  heite vähendamiseks, seejuures piirates CO ja  $\text{N}_2\text{O}$  õhkuheidet, on PVT lisaks ptk 7.1 loetletud üldistele meetmetele, kasutada ühte või mitut alljärgnevatest meetmetest, sh PVT nr 21 meetmed:

1. Katelde töö optimeerimine. Põlemisprotsessi hoitakse kateldes võimalikult stabiilsena ning vajadusel reguleeritakse liigõhutegurit, et vähendada  $\text{NO}_x$  ühendite teket.
2. Madala  $\text{NO}_x$  tekkega põletite kasutamine.

**$\text{NO}_x$  PVT SHT põlevkivi põletamisel, ümber arvatuna 6 %  $\text{O}_2$  sisaldusele heitgaasides:**

#### Tolmpõletus

Uutel tolmpõletuskateldel on PVT SHT väärtused:

- < 100  $\text{MW}_{\text{th}}$ : aastakeskmise 100–150  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ , päevakeskmise 155–200  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ,
- 100–300  $\text{MW}_{\text{th}}$ : aastakeskmise 50–100  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ , päevakeskmise 80–130  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ ;
- > 300  $\text{MW}_{\text{th}}$  aastakeskmise 50–85  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ , päevakeskmise 80–125  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ .

Kõik olemasolevad tolmpõletuse plokid on üle 300  $\text{MW}_{\text{th}}$  võimsusega. Olemasolevate tolmpõletusseadmete päevakeskmise  $\text{NO}_x$  PVT-SHT on kuni 220  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ , aastakeskmise kuni 200  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ .

#### Keevkihtpõletus

Kõik olemasolevad CFB plokid on üle 300  $\text{MW}_{\text{th}}$  võimsusega. Olemasolevatel CFB põletusseadmetel on  $\text{NO}_x$  PVT SHT väärtused <70–200  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  päevakeskmistena, mis vastab aastakeskmisele vahemikule <85–175  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ .



Uutel põletusseadmetel on  $\text{NO}_x$  PVT SHT 50–85  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  aastakeskmisena ja 80–125  $\text{mg}/\text{Nm}^3$  päevakeskmisena.

**PVT nr 24.** Süsinikmonooksiidi heite vähendamiseks on PVT põlemisprotsessi operatiivne kontrollimine. PVT SHT väärtusi ei määrata.

**PVT nr 25.** Tahkete osakeste ja raskmetallide heite vähendamiseks on PVT kasutada ühte või mitut alljärgnevatest üldkohalduvatest meetmetest, sh nende omavahelisi kombinatsioone:

**Üldiselt rakendatavad** (olemasolevatele ja uutele põletusseadmetele):

1. Elektrifilter (ESP), olemasolevatel seadmetel võib rakendatavust piirata ruumipuudus;
2. Kottfilter;
3. Sorbendi sissepritse (katla koldesse või kihti), tehnikat kasutatakse peamiselt  $\text{SO}_x$ , HCl ja/või HF kontrollimiseks;
4. Suitsugaaside kuivpuhastus või poolkuiv puhastus, tehnikat kasutatakse peamiselt  $\text{SO}_x$ , HCl ja/või HF kontrollimiseks;
5. Märghpuhastus – rakendatavus on piiratud juhul, kui puhastamisega kaasnevaid jäätmeid (nt kõrge sooladesisaldusega vesi) ei saa taaskasutada või nõuetekohaselt kõrvaldada, olemasolevatel seadmetel võib rakendatavust piirata ruumipuudus; tehnikat kasutatakse peamiselt  $\text{SO}_x$ , HCl ja/või HF kontrollimiseks;

#### **Rakendatavad olemasolevatele põletusseadmetele**

6. Tsüklonite kasutamine kombinatsioonis muude puhastusseadmetega.

**Tahkete osakeste PVT SHT põlevkivi põletamisel ümber arvutatuna 6 %  $\text{O}_2$  sisaldusele heitgaasides:**

Sõltumata katla tüübist on olemasolevate põlevkivikateldega elektrijaamadel tahkete osakeste aastakeskmise PVT SHT kuni 20  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ . PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on < 1500 tundi aastas.

Uutele põletusseadmetele on aastakeskmise PVT SHT kuni 10  $\text{mg}/\text{Nm}^3$ .

**Tahkete osakeste koostises olevatele raskmetallidele PVT SHT väärtusi ei määrata.**

**PVT nr 26.** Eeldatavalt on uutel seadmetel elavhõbeda PVT SHT 1–5  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ , olemasolevatel 1–10  $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ . PVT SHT täpsustatakse PVT meetme nr 4-4 kirjeldatud Hg seireandmete laekumise järgselt.

Kui osutub vajalikuks elavhõbeda heite vähendamine, on spetsiifiliseks PVT-meetmeks süsiniksorbendi kasutamine, kui see on tehniliselt võimalik.

Rakendatavus: piiratud suitsugaaside suhteliselt kõrge tahkete osakeste sisalduse tõttu, kuna süsiniksorbendi pind ummistub; olemasolevas käitisel võib erinevate filtrite järjestikust rakendamist takistada ruumipuudus.

**PVT nr 27.**  $\text{SO}_x$ , HCl ja HF heite vähendamiseks on PVT kasutada ühte või mitut alljärgnevatest üldkohalduvatest meetmetest:





**Üldiselt rakendatavad** (olemasolevatele ja uutele põletusseadmetele):

1. Kütuse valik – madala väävli, kloori või fluorisisaldusega kütuse valik; rakendatavus piiratud kütuse kättesaadavusega, sh juhul kui põletatakse väga spetsiifilisi kohalikke kütuseid.
2. Katlasse sorbendi sisestamine (koldesse või kihti).
3. Suitsukäiku kuiva sorbendi sisestamine (DSI) – saab kasutada HCl ja HF taseme vähendamiseks, kui ei rakendata spetsiifilisi FGD puhastustehnikaid.
4. Tsirkuleeriva keevkihiga (CFB) kuivskraber.
5. Kuivpihustusega absorber (*Spray-dry absorber*, SDA);
6. Poolkuiv desulfureerimine, nt NID tehnika;
7. Kombineeritud tehnikad  $\text{NO}_x$  ja  $\text{SO}_x$  vähendamiseks. Rakendatavus on juhtumipõhine sõltuvalt kasutatava kütuse omadustest ja põlemisprotsessist.
8. Märskraber – kasutatav HCl ja HF kontsentratsiooni vähendamiseks, kui ei rakendata muid spetsiifilisi suitsugaaside puhastamismeetmeid.
9. Suitsugaaside märgväävliärastuse (Wet FGD) järgse gaas-gaas soojendi asendamine – asendavad seadmed nt multi-toru soojusekstraktor, suitsugaaside juhtimine jahutustorni või märga korstnasse.

Rakendatavus: ainult siis, kui gaas-gaas soojendi on vaja väljavahetada.

**Rakendatavad uutele põletusseadmetele:**

10. Suitsugaaside märgväävliärastus (Wet FGD). Rakendatavus võib olla tehniliselt ja majanduslikult piiratud põletusseadmetel võimsusega  $< 300 \text{ MW}_{\text{th}}$ .
11. Mereveega FGD (rakendatavus sama, mis Wet FGD).

**$\text{SO}_2$  PVT SHT põlevkivi põletamisel ümber arvutatuna 6 %  $\text{O}_2$  sisaldusele heitgaasides:**

Keevkihtpõletus

Olemasolevatel CFB katlaid kasutatavatel elektrijaamadel, kui kütusena kasutatakse ainult põlevkivi, on aastakeskmise PVT SHT kuni  $250 \text{ mg/Nm}^3$ , päevakeskmist ei kehtestata. Rakendatavus: PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on  $< 1500$  tundi aastas.

Uutel põletusseadmetel on PVT SHT maksimaalselt  $200 \text{ mg/Nm}^3$ .

Tolmpõletus

Olemasolevatel põletusseadmetel kasutatakse aastakeskmise heite ülemise piiri määramisel arvutusvalemit lähtudes väävli kogusest katla sisendis, ümberarvutatuna  $\text{SO}_2$ -ks:  $S_{\text{KS}} \times 0,05$ . PVT SHT on  $440\text{--}520 \text{ mg/Nm}^3$ .

Rakendatavus: PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on  $< 1500$  tundi aastas.

Uutel põletusseadmetel on PVT SHT maksimaalselt  $200 \text{ mg/Nm}^3$ .

**Vesinikklooriidi ja vesinikfluoriidi PVT SHT põlevkivi põletamisel ümber arvutatuna 6 %  $\text{O}_2$  sisaldusele heitgaasides:**

Olemasolevatel põletusseadmetel on HCl aastakeskmise PVT SHT  $30 \text{ mg/Nm}^3$ , päevakeskmist ei määrata.



Rakendatavus: PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on  $< 1500$  tundi aastas.

Uute põletusseadmete aastakeskmise HCl PVT SHT on  $15 \text{ mg/Nm}^3$ , päevakeskmist ei määrata.

NID rakendamisel on HCl aastakeskmise PVT SHT  $2,5\text{--}5 \text{ mg/Nm}^3$ .

HF osas PVT SHT ei määrata.

### 7.2.3. Põlevkivi ladustamine ja käitlemine

**PVT nr 28.** PVT meetmed põlevkivi ladustamisel ja käitlemisel on määratletud põlevkiviõli tootmise PVT-kirjeldusega. Sellega ei piirata käitajate õigust valida EFS BREF-st muid asjakohaseid lahendusi.

## 7.3. PVT-järeldused põlevkivigaaside kasutamisel kütusena

Siin peatükis toodud meetmed rakenduvad põlevkivigaaside kasutamisel kütusena täiendavalt ptk 7.1 toodud üldistele PVT-järeldustele. Põlevkivigaaside põletamist koos muude kütustega käsitletakse ptk 7.4.

### 7.3.1. Energiaefektiivsus

**PVT nr 29.** PVT on põletusseadmete energeetilise efektiivsuse määramine vastavalt PVT nr 2 tingimustele. Olemasolevatele põletusseadmetele PVT SET taset ei määrata. Uute jaamade puhul on neto elektriline kasutegur  $36\text{--}42,5\%$  või neto kogukasutegur  $50\text{--}84\%$ .

### 7.3.2. Saasteainete õhkuheite vähendamine

**PVT nr 30.**  $\text{NO}_x$  heite vähendamiseks, seejuures piirates CO õhkuheidet, on PVT lisaks ptk 7.1 loetletud üldistele meetmetele, kasutada ühte või mitut alljärgnevatest meetmetest:

**Üldiselt rakendatavad** (olemasolevatele ja uutele põletusseadmetele):

1. Mitmeastmeline põlemine: rakendatakse põlemisõhu astmelisust ja kütuse põletamise astmelisust.

Rakendatavus: kütuse mitmeastmelisel põletamisel võib vaja minna spetsiaalseid põleteid.

2. Põlemisprotsessi optimeerimine.

**Rakendatavad uutele põletusseadmetele:**

3. Suitsugaaside retsirkuleerimine

Rakendatavus: vajalik spetsiaalpõletite kasutamine .

4. Madala  $\text{NO}_x$  tekkega põletite kasutamine.

Rakendatavus: tuleb arvestada, et sellised põletid ei suuda põletada väävlirikast gaasi, st rakendamise eelduseks on põlevkivigaasidest  $\text{H}_2\text{S}$  eraldamise seadme olemasolu.



**NO<sub>x</sub> PVT SHT põlevkivigaaside põletamisel ümber arvutatuna 3 % O<sub>2</sub> sisaldusele heitgaasides:**

Olemasolevatel seadmetel kuukeskmise kuni 450 mg/Nm<sup>3</sup>.

Rakendatavus: PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on < 1500 tundi aastas.

Uutel põletusseadmetel kuukeskmise kuni 300 mg/Nm<sup>3</sup>.

Süsinikmonoksiidile PVT SHT piirväärtusi ei määrata.

**PVT nr 31.** SO<sub>x</sub> õhkuheite vähendamiseks on PVT lisaks PVT nr 27 loetletud SO<sub>2</sub> heite vähendamise meetmetele kasutada ühte või mitut alljärgnevatest meetmetest:

1. Mitteregeneratiivne märgpuhastus - rakendatavus on piiratud juhul, kui puhastamisega kaasnevaid jäätmeid (nt kõrge sooladesisaldusega vesi) ei saa taaskasutada või nõuetekohaselt kõrvaldada.

Rakendatavus: olemasolevatel seadmetel võib rakendamist piirata ruumipuudus.

2. Regeneratiivne märgpuhastus (väävel töödeldakse kõrvaltooteks).

Rakendatavus: piiratud, kui kõrvaltootena saadavaid väävliühendeid ei õnnestu müüa; olemasolevates käitistes on piiravaks teguriks ka olemasolevate väävli töötlemisseadmete võimsus, samuti ruumipuudus.

3. SNO<sub>x</sub> kombineeritud tehnika.

Rakendatavus: – saab kasutada ainult suitsugaaside suurtel mahtkiirustel (ligikaudu alates 800 000 Nm<sup>3</sup>/h) ja kui on vajalik nii SO<sub>2</sub> kui NO<sub>2</sub> saastetasemete alandamine.

**SO<sub>x</sub> PVT SHT põlevkivigaaside põletamisel ümber arvutatuna 3 % O<sub>2</sub> sisaldusele heitgaasides:**

Olemasolevatel seadmetel kuukeskmise kuni 800 mg/Nm<sup>3</sup>.

Rakendatavus: PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on < 1500 tundi aastas.

Uutel põletusseadmetel kuukeskmise kuni 600 mg/Nm<sup>3</sup>.

**PVT nr 32.** SO<sub>x</sub> õhkuheite vähendamisel kuiv- või poolkuivmeetodite kasutamisel tekkida võivate tahkete osakeste heite vähendamiseks on PVT kasutada ühte või mitut PVT nr 25 loetletud meetmetest.

**Tahkete osakeste heite PVT SHT põlevkivigaaside põletamisel ümber arvutatuna 3 % O<sub>2</sub> sisaldusele heitgaasides:**

Olemasolevatel seadmetel kuukeskmise kuni 50 mg/Nm<sup>3</sup>.

Rakendatavus: PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on < 1500 tundi aastas.

Uutel põletusseadmetel kuukeskmise PVT SHT kuni 30 mg/Nm<sup>3</sup>.



## 7.4. PVT-järeldused põlevkivi ja põlevkivigaaside kasutamisel koos muude kütustega

Mitme kütuse põletamisena käsitletakse põlevkivi ja põlevkivigaaside koospõletamist, samuti koospõletamist muude kütustega (nt põlevkivi koos biomassiga, põlevkivigaasi koos maagaasiga jne). Siin peatükis toodud meetmed rakenduvad täiendavalt ptk 7.1 toodud üldistele PVT-järeldustele.

### 7.4.1. Põlevkivi koospõletamine muude tahkete kütustega

**PVT nr 33.** Põlevkivi koospõletamisel muude tahkete kütustega rakenduvad ptk 7.2 toodud PVT-meetmed ja PVT SET. Samuti rakenduvad ptk 7.2 toodud PVT SHT, välja arvatud siinkohal toodud erisused:

**NO<sub>x</sub> PVT SHT põlevkivi põletamisel koos muude kütustega ümber arvutatuna 6 % O<sub>2</sub> sisaldusele heitgaasides:**

Olemasolevad põletusseadmed kõikide katlatüüpide korral

Olemasolevate põletusseadmete päevakeskmise PVT SHT on kuni 220 mg/Nm<sup>3</sup>, aastakeskmise kuni 200 mg/Nm<sup>3</sup>.

Rakendatavus: PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on < 1500 tundi aastas.

**SO<sub>2</sub> PVT SHT põlevkivi põletamisel koos muude kütustega ümber arvutatuna 6% O<sub>2</sub> sisaldusele heitgaasides:**

Olemasolevad põletusseadmed kõikide katlatüüpide korral

Olemasolevatel põletusseadmetel kasutatakse aastakeskmise heite ülemise piiri määramisel arvutusvalemit lähtudes väävli kogusest katla sisendis, ümberarvutatuna SO<sub>2</sub>-ks:  $S_{KS} \times 0,05$ . PVT SHT on kuni 440–520 mg/Nm<sup>3</sup>.

Rakendatavus: PVT SHT ei rakendu seadmetele, mille tööaeg on < 1500 tundi aastas.

### 7.4.2. Põlevkivigaaside koospõletamine muude kütustega

**PVT nr 34.** Põlevkivigaaside koospõletamisel muude kütustega rakenduvad ptk 7.2 ja 7.3 toodud PVT meetmed. Samuti rakenduvad ptk 7.3 toodud PVT SET ja PVT SHT.



## Kasutatud materjalid

1. ÄF-Consulting AS. Eesti Põlevkiviõli tootmise parim võimalik tehnika. Tallinn, 2013.
2. Integrated Pollution Prevention and Control (IPPC) Reference Document on Best Available Techniques (BAT) for Large Combustion Plants (LCP), July 2006.
3. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Refining of Mineral Oil and Gas, 2015.
4. Sepp, M., Tammiksaar, E., Pae, T. Piiludes põlevkivitööstuse hälli II, Eesti Loodus, nr 12, 2014.
5. Aarna, A. Põlevkivi. Tallinn: Valgus, 1989, 144 lk.
6. Ots, A. Põlevkivi põletustehnika, Tallinn, 2004.
7. Konist, A. Põlevkiviõli tootmisel tekkiva uttegaasi kasutusvõimaluste uuring, Tallinn, 2014.
8. Rooks, I. Esimesest Eesti Põlevkivitööstusest Kiviterini. 2004, Kohtla-Järve: AS Viru Keemia Grupp / OÜ Mark & Partnerid. 131 lk.
9. <https://www.energia.ee/uudised/-/news/2016/01/18/auvere-elektrijaama-juhtimine-laks-ule-eesti-energiale>
10. Valgma, I. Kaevandamine ja keskkond. Mäeinstituut 2012.
11. Maa-amet. Eesti Vabariigi 2015. aasta maavaravarude koondbilansid, Tallinn 2016
12. Блохин, А. И., Зарецкий, М.И., Стельмах, Г.П., Фрайман, Г.Б. Энерготехнологическая переработка топлив твердым теплоносителем, Энергопрогресс, Москва, 2006.
13. Väli, E., Valgma, I., Reinsalu, E. Usage of Estonian Oil Shale. Oil Shale, 2008, Vol. 25, No 2 Special, pp. 101-114.
14. Keskkonnaministeerium. Põlevkivi kasutamise riiklik arengukava 2016-2030, Tallinn, 2016.
15. Keskkonnaministeerium. Eesti kliimapoliitika põhialused aastani 2050, Tallinn, 2016.
16. Кузнецов, Д. Энерготехнологическое использование горючих сланцев, Энергия, 1978.
17. Корпенко, Е., Мессерле, В., Перегудов, В. Основные этапы совершенствования способов сжигания твёрдых топлив и их наиболее перспективные современные направления, Теплоэнергетика, 12/2003.
18. Рыжкин, В. Тепловые электрические станции, Энергия, 1967.
19. Joseph, G., Singer, P. Combustion Fossil Power, ABB, 1991.
20. Веселовский, О., Шнейберг, Я. Энергетическая техника и её развитие, Высшая школа, 1978.
21. Стырикович, М. Парогенераторы электростанций, Энергия, 1966.
22. Martins, A. Tahkekütuste põletamise tehnoloogiatest, Energia teataja, 3, 1998.
23. Irak, A., Veide, H. Aurukatlad, Tallinn, 1974.
24. Veski, A. Katelseadmed, Tallinn, 1991.
25. Hein, K. Viiskümmend aastat Eesti energiasüsteemi, Tallinn, 1991.
26. Mikk, I. Soojustehnika käsiraamat, Tallinn, 1977.
27. Лундквист, Р. Технология сжигания в циркулирующем кипящем слое, Электрические станции, 10/2002.
28. Вихрев, Ю. Разработка и освоение котлов большой мощности с циркулирующим кипящим слоем, Энергетик, 7/2004.
29. Саламов, А. Котлы с циркулирующим кипящим слоем, Теплоэнергетика, 6/2007.
30. Котлер, В. Специальные топки энергетических котлов, Энергоатомиздат, 1990.



31. Меелак, Х., Отс, А. Тепловая эффективность топок пылесланцевых парогенераторов при различных способах очистки, Влияние минеральной части энергетических топлив на условия работы парогенераторов, т.3, Таллинн, 1974.
32. Arro, H., Prikk, A., Kasemetsa, J. Circulating Fluidized Bed Technology-Test Combustion of Estonian Oil Shale, Oil Shale, 14/3, Special, 1997.
33. Ориспя, Й. Описание работы и управления установкой, Основной документ / Эстонский блок 08, Foster Wheeler, 05.12.2002.
34. АКІ. Котёл 1, Руководство по эксплуатации эстонского блока 08, Foster Wheeler, 11.12.2002.
35. Нешумаев, Д., Отс, А., Парве, Т., Пиху, Т., Пламус, К., Прикк, А. Особенности сжигания прибалтийских горючих сланцев в котлах с ЦКС, Электрические станции, 8/2010.
36. Эпик, И. Влияние минеральной части сланцев на условия работы котлоагрегата, Таллин, 1961.
37. Кикас, В. Минеральная часть горючего сланца-кекрсита и её использование, Горючие сланцы, 5/1, 1988.
38. Стырикович, М. Парогенераторы электростанций, Энергия, 1966.
39. Тагер, А. Влияние высокотемпературного топочного процесса и высокой степени шлакоулавливания на свойства минерального уноса и отложений при сжигании прибалтийского сланца, Горение твёрдого топлива, т.1, Новосибирск, 1969.
40. Тагер, А. Сжигание прибалтийского сланца с жидким шлакоудалением и получением цемента из минеральной части топлива, Тр. 1 Симпозиума ООН по разработке и использованию запасов горючих сланцев, Таллинн, 1970.
41. Реконструкция котлов ТП-17 и ТП-101 для сжигания товарного сланца с жидким шлакоудалением и получением энергошлака, Эскизный проект, ОРГЭНЕРГОСТРОЙ, 1976.
42. <http://www.vattenfall.com/ccs>
43. Рыжкин, В. Тепловые электрические станции, Энергия, 1967.
44. Спейшер, В. Обезвреживание промышленных выбросов дожиганием, Энергия, 1986.
45. Спейшер, В., Горбаненко, А. Повышение эффективности использования газа и мазута в энергетических установках, Энергоатомиздат, 1991.
46. Ведрученко, В. Обезвреживание вредных выбросов методом огневого дожигания в неэкранированных топках котлов и печей, Промышленная энергетика, 8/2008.
47. Родионов, А., Клушин, В., Торочешников, Н. Техника защиты окружающей среды, Химия, 1989.
48. Ахмедов, Р. Основы регулирования топочных процессов, Энергия, 1977.
49. Усман, Ю., Енякин, Ю., Абрютин, А., и др. Газомазутные топочные устройства с подовым расположением горелок, Сер.1. Тепловые электростанции, теплофикация и тепловые сети, Информэнего 7/1984.
50. Осинцев, К., Осинцев, В., Сухарев, М., и др. Сжигание природного газа в слабо-экранированной топке котла Бабкок-Вилькокс с подовыми щелевыми горелками, Электрические станции, 6/2010.
51. Ахмедов, Р. Основы регулирования топочных процессов, Энергия, 1977.
52. ÅF-Consulting AS. Kiviõli Keemiatööstuse OÜ Soojuselektrijaama piirvõimsuse fikseerimine kuni 50 MW<sub>th</sub>. Tallinn, 2012.
53. ÅF-Consulting AS. VKG Energia OÜ katelde tööanalüüs ja täiendava katla vajaduse määramine. Tallinn, 2014.
54. Arro, H., Prikk, A., Pihu, T. Põlevkivi utmisest ning saadava õli ja gaasi põletamisest elektrijaamades, Keskkonnatehnika 4/2006.





55. Fukasawa, K. Low cost, retrofit FGD systems. In: IEA Coal Research, The Clean Coal Centre, Perspectives, Sept., 1997, 1-15.
56. Euroopa Parlamendi ja Nõukogu direktiiv 2010/75/EL, 24. november 2010, tööstusheidete kohta (saastuse kompleksne vältimine ja kontroll).
57. Komisjoni rakendusotsus, 10. veebruar 2012, millega kehtestatakse eeskirjad Euroopa Parlamendi ja nõukogu direktiivis 2010/75/EL (tööstusheidete kohta) osutatud andmete kogumist ning PVT-viitedokumentide väljatöötamist ning nende kvaliteedi tagamist käsitlevate suuniste kohta.
58. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. Eelnõu 03.10.2016, ENMAK 2030+ Eesti energiamajanduse arengukava aastani 2030, Tallinn, 2016.
59. Kleesmaa, J., Latõšov, E., Karolin, R. Primary method for reduction of SO<sub>2</sub> and its impact for CO<sub>2</sub> in pulverized oil shale fired boilers at Narva Power Plant, Oil Shale, 28/2, 2011.
60. Karolin, R., Latõšov, E., Kleesmaa, J. Primary method for reduction of SO<sub>2</sub> emission in pulverized oil shale-fired boilers at Narva Power Plants: Test 1 – water injection after superheater, Oil Shale, 33/4, 2016.
61. Пеккер Я.Л. Теплотехнические расчёты по приведенным характеристикам топлива. М Энергия 1977.
62. ÄF-Consulting AS. Анализ результатов исследования и испытаний по уменьшению выбросов диоксида серы (SO<sub>2</sub>) увлажнением пылевоздушной смеси и вторичного воздуха на корпусе котла 3К-А Эстонской ЭС на химический состав уходящих газов, Отчёт, Tallinn, 2011.
63. Тепловой расчёт котельных агрегатов (нормативный метод). М. Энергия 1973.
64. Флаксерман Ю.Н. Диаграммы расчёта горения топлив СССР. Госэнергоиздат 1971.
65. Siirde, A., Roos, I., Martins, A. Estimation of carbon emission factors for the Estonian shale oil industry, Oil Shale, 28/1S, 2011.
66. [http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/Codified\\_version\\_of\\_standard\\_text29\\_08\\_12.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/Codified_version_of_standard_text29_08_12.pdf)
67. ÄF-Consulting AS. Kiviõli Keemiatööstuse OÜ Soojuselektrijaama kuiva aditiivse desulfureerimise meetodi teostatavuse riskianalüüs. Tallinn, 2015.
68. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector, July 2016.
69. Euroopa Komisjoni teatis, 23. oktoober 2014, Kliima- ja energiapoliitika raamistik 2030.
70. Tallinna Tehnikaülikool. NID väävlipuhastusseadmega seonduvate küsimuste lahendamine ja kontrollmõõtmise korraldamine. Tallinn, 2011.
71. Hotta, A., Parkkonen, R., Hiltunen, M., Arro, H., Loosaar, J., Parve, T., Pihu, T., Prikk, A., Tiikma, T. Experience of Estonian oil shale combustion based on CFB technology at Narva power plants. Oil Shale, 2005, Vol. 22, No. 4 Special.
72. Farmer, R., Fulton, K. Design 60% net efficiency in Frame 7/9 H steam cooled CCGT. Gas Turbine World, 1995. No. 3.
73. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ. Välisõhu kvaliteedi, lõhnaäiringu ja saasteainete heitkoguste hindamine Ida-Virumaal Sillamäe linnas ja Vaivara piirkonnas. Tallinn, 2014.
74. Eesti Keskkonnauuringute Keskus OÜ. Välisõhu kvaliteedi, lõhnaäiringu ning saasteainete heitkoguste hindamine Kohtla-Järve linnas Järve linnaosa piirkonnas. Tallinn, 2016.





## Lisad

### Lisa 1. Täiendav informatsioon põlevkivi põletusviiside kohta.

Käesolevas lisas on kirjeldatud põlevkivi energeetilise kasutamise meetodeid, tehnoloogilisi protsesse, tehnoloogiaid ja tehnilisi lahendusi vastavalt peatükis 2 toodud hierarhiale ning jaotatuna eraldi tahkekütuste ja gaaskütuste põletamise kohta.

#### **Tahkekütuste põletamise meetodid, tehnoloogilised protsessid, tehnoloogiad ja tehnilised lahendused**

Saja aastase põlevkivi tööstusliku põletamise arendamise perioodi jooksul on põlevkivi põletamisel ära katsetatud kõik teadaolevad tahkekütuse kiht- ja tolmpõletamise meetodid, nende tehnoloogilised protsessid, tehnoloogiad ja tehnilised lahendused. Kõik kiht- ja tolmpõletamise meetodite tehnoloogilised protsessid, tehnoloogiad ja tehnilised lahendused ei ole jäänud kasutusele. Alljärgnevalt on kirjeldatud neid tehnoloogiaid ja tehnilisi lahendusi, mis ei ole kasutusele jäänud või ei ole erinevatel põhjustel veel kasutusele võetud.

#### ***Kihtpõletamise katlad***

##### **Kihtpõletus tihekihis liikumatu restiga liikumatu või liikuva kütuse kihiga**

Kihtpõletus tihekihis liikumatu restiga gaasitoru katlad, mis tootsid küllastunud auru, olid kasutusel juba 18. sajandil. Auru ülekuumendusega katlad levisid 19. sajandil [20]. Konstruktsiooni kohaselt võib liikumatu rest olla varb- või plaatrest. Kiht võib olla liikumatu või liikuv (so konstruktsiooni kohaselt kald- või roopimisplaadiga) [20, 21]. Liikumatul restil on põlevkivi tükid kuni 50 mm läbimõõduga, millest puhutakse läbi õhk [22]. Esimestes põlevkivi põletuskateldes olid kasutusel kihtpõletusega tihekihis liikumatu restiga katlad, mis aga oma piiratud aurutootlikkuse tõttu (kuni 10 t/h) ei leidnud kasutamist elektrijaamades [6, 23, 24].

##### **Kihtpõletuskatlad liikuva restiga**

Kihtpõletuskatlad liikuva restiga arenesid edukalt 19. saj teisel poolel kuni 20.saj 50-ndate aastateni ja hakkasid seejärel järk-järgult kaotama energeetikas oma tähtsust seoses soojus- elektrijaamade üleminekuga tolmpõletamise tehnoloogiale [26]. Kihtpõletus liikuva trepp- või Krull-Lomšakovi ja Ilmarise restiga keskrõhu põlevkivi aurukatlad olid suurema aurutootlikkusega (kuni 50 t/h), kuid nende ülekuumendatud auru rõhk ja temperatuur olid suhteliselt madalad (ülekuumendatud auru rõhk kuni 40 bari ja temperatuur kuni 440°C), mistõttu nad kaotasid tänapäeva energeetikas oma tähtsuse [6, 23, 24, 26]. Kihtpõletus liikuva restiga põlevkivi katlad on madala vääveldioksiidi sidumisastme tõttu tulevikus perspektiivitud (kihtpõletus tihekihis tehnoloogia puuduseks on puudulikud kontakteerumise tingimused koldes tekkivates gaasides sisalduva vääveldioksiidi (SO<sub>2</sub>) ja kihis sisalduva kaltsiumoksiidiga (CaO)).



Eestis on täna kasutusel kaks Krull-Lomšakovi liikuva restiga keskrõhu põlevkivi katelt TS-35/40 aurutootlikkusega 35 t/h. Täpsemalt on täna kasutuses olevaid liikuva restiga kihtpõletuskatlaid ja nende parameetreid käsitletud aruande peatükis 2.

### Statsionaarne keevkihtpõletus

Põlevkivi statsionaarset keevkihtpõletust on uuritud Eesti Teaduste Akadeemia Energeetika Instituudi katseseadmel ja väikese soojusvõimsusega katlamajade kateldel. Põlevkivi statsionaarsel keevkihtpõletusel põletatakse ettevalmistatud põlevkivi, mis sisaldab osakesi läbimõõduga 0,8 kuni 5 mm. Võrreldes kihtpõletamise tihekihi restiga on kolde all asuv rest tunduvalt väiksema vaba ristlõike pindalaga. Väiksema vaba ristlõike pindalaga restil toimub põlevkivi osakeste nn keemine, kui põlevkivi osakesi läbiva õhu kiirus on piisavalt suur ja õhu dünaamiline rõhujõud põlevkivi osakestele tasakaalustab nende raskusjõu. Põlevkivi orgaanilise osa iseärasus – suur lendainete sisaldus – raskendab selle keevkihtpõletamist, sest osakeste kiire eraldumine ja intensiivne keevkihtpõletamine kihis, ning kihipealses ruumis raskendab põlemistemperatuuride hoidmist vajalikes piirides (800–900°C). Põlemistemperatuuride vajalikes piirides hoidmiseks on asetatud otse keevkihti soojusvahetuspinnad (vee eelsoojendus, vee aurustamine või auru ülekuumendus).

Põlevkivi keevkihtpõletamine vajab põlevkivi põhjalikku ettevalmistamist, et väikesi osakesi läbimõõduga alla 0,125 mm oleks võimalikult vähe. Põlevkivi peenendamisel tekib aga ainult kuni 50% keevkihtpõletamise protsessi jaoks sobivat jämefraktsiooni, läbimõõduga 0,8 kuni 5 mm, mis gaasistub ja põleb kihis. Põlevkivi keevkihtpõletusel sõltub kihi pinnaühiku soojusootlikkus seda läbiva õhu kiirusest, mida oluliselt tõsta ei ole võimalik ja suure võimsusega energeetiliste katelde resti pind kujuneb väga suureks. Seega, põlevkivi statsionaarne keevkihtpõletus oma piiratud soojusvõimsuse tõttu (kuni 25 MW<sub>th</sub>) on tänapäeva energeetikas tähtsuse kaotanud. Eestis põlevkivi statsionaarse keevkihtpõletus katlaid ei ole, kuid on katsetatud leekkeevkihi põletamisega katlaid [6, 22].

### Tsirkuleeriv keevkihtpõletus

Kuna statsionaarne keevkihtpõletus ei võimaldanud suurendada katelde soojusvõimsust, siis 1970.-ndatel aastatel alustati uue tahkekütuste keevkihtpõletuse tsirkuleerivas keevkihis tehnoloogia väljatöötamisega. Juba 1980.-ndatel aastatel katsetati esimesi pilootseadmeid ja 1990.-ndatel valmistati elektrijaamadele esimesi katlaid võimsusega kuni 110 MW<sub>e</sub>.

Esimese põlvkonna (*conventional disain*) keevkihtpõletus tsirkuleerivas keevkihis kateldes kasutati tuha tsirkuleerimiseks tsükloneid, mis olid kompensatorite abil eraldatud koldest. Selle konstruktsiooni puuduseks oli kompensatorite ja tsüklonite sisemüüritise kulumine, mis tekitas koldegaaside lekkeid ja katelde sundseiskamist. Teise põlvkonna (*compact disain*) keevkihtpõletus tsirkuleerivas keevkihis kateldes tuha tsirkuleerimise separaatorid integreeriti koldesse ja üheaegselt rakendati (Intrex) tsirkuleeriva tuha – ülekuumendatud auru soojusvaheteid, mis olid sisse ehitatud tsirkuleeriva tuha trakti [27, 28, 29].

Keevkihtpõletus tsirkuleerivas keevkihis katlaid klassifitseeritakse veel tsirkuleeriva tuha temperatuuri järgi [30]. Kõrgtemperatuurilised – tsirkuleeriva tuha temperatuuriga 800–900°C ja madaltemperatuurilised – tsirkuleeriva tuha temperatuuriga 300–400°C. Keevkihtpõletus tsirkuleerivas keevkihis madaltemperatuurilise tsirkuleeriva tuhaga katlaid, nimetusega Zirkofloid, on tootnud saksa firma Deutsche Babcock. Nende katelde eelis on tsüklonites, mis



paigaldatakse peale konvektiivküttepindu suitsugaaside temperatuuri piirkonnas 300–400°C. See võimaldab valmistada tsükcloneid terasest keraamilise kulumiskindla kattega, võrreldes kõrgtemperatuuriliste tsüklonitega, mis valmistatakse kõrgtemperatuurilise paksu ja raske müürituskattekihiga. Kõrgtemperatuuriline raske müürituskattekiht piirab katelde sissekütmisel temperatuuri tõstmise kiirust kuni 50°C/h ja seega pikendab katla sissekütmise aega ning katla manööverdamise võimalusi. Samuti on madaltemperatuurilise tsüklonitega katelde elektri omatarve (18 kW/MW<sub>th</sub>) väiksem võrreldes kõrgtemperatuuriliste tsüklonitega (26 kW/MW<sub>th</sub>), kuna kihi kiirus (3–5 m/s versus 6–8 m/s) ja kolde ristlõike soojuskoormus (5 MW/m<sup>2</sup> versus 7 MW/m<sup>2</sup>) on väiksemad.

Tsirkuleeriva keevkihiga katelde, milles toimub madaltemperatuuriline tuhaga tsirkuleerimine, puuduseks on küttepindade, mis paiknevad enne tsükcloneid, kulumise oht tuha suure kontsentratsiooni tõttu [31]. Tuginedes tahkekütuste tsirkuleerivas keevkihis põletamise olemusele, katelde käitamiskogemustele ja läbiviidud uuringutele, töötas firma Foster Wheeler välja tsirkuleeriva keevkihiga katla konstruktsiooni põlevkivil töötavale 215 MW<sub>e</sub> võimsusega energiaplokile, millel on kaks katelt (duubelplokk) [33, 34] (joonis 2.2). Põhjalikumalt on täna kasutusel olevaid tsirkuleeriva keevkihiga katlaid käsitletud aruande peatükis 2.

### ***Tolmpõletamise katlad***

#### **Tahkekütuste tolmpõletus tahkešlakkärastusega katlad**

Kihtpõletuse põlevkivi katelde madala kolde soojusliku efektiivsuse (kuni 1,1 MW/m<sup>2</sup>) tõttu, mis piiras põlevkivi katelde aurutootlikkuse kuni 50 t/h, võeti suurte aurutootlikkusega katelidel kasutusele tolmpõletamise tahkešlakkärastusega kolded [36]. Esimesed elektrijaamades tahkešlakkärastusega tolmpõletuse katlad võeti kasutusele 1949. ja 1951. aastal. Keskmise aurutootlikkusega keskrõhu tolmpõletuskatlad tahkešlakkärastusega (Relay-Stoker, Buckau, TsKTI-BKZ-75-39F, BKZ-75-39 Fsl) olid esialgselt (välja arvatud BKZ-75-39 Fsl katel, mis oli projekteeritud põlevkivile) ette nähtud kivi- ja pruunsöe põletamiseks. Nende katelde töö käigus ilmnemiseid põlevkivi tolmpõletuskatla küttepindade saastumise, kulumise, korrosiooni, tuhasaastest puhastamise, tuha ärastamise, lendtuha püüdmise, ülekuumendi auru temperatuuri automaatreguleerimise küttepindade muutuval saastumisel ja soojusülekanne spetsiifilised probleemid. Katelde maksimaalne auru tootlikkus oli madal, kuni 60% projektvõimsusest. Samuti katelde töökindlus oli madal ja avariiremontide sagedus suur. Paarisaja töötunni järel vajasisid katlad jooksvat remonti. Esile kerkinud probleemide lahendamine vajab teadusuuringute läbiviimist. Teadusuuringute tulemuste järjepidev rakendamine võimaldas järkjärgult tõsta keskrõhu katelde käitusvõimalust ja luua kõrgrõhu põlevkivikateltele projekteerimise lähtealused [37]. Tänapäeval on Eestis kasutusel mitmeid tahkešlakkärastusega tolmpõletuskatlaid (nt BKZ-75-39 Fsl, TP-67, TP-101). Detailsemalt on neid käsitletud aruande peatükis 2.



### **Tahkekütuste tolmpõletus vedelšlakkärastusega katlad**

Tolmpõletus vedelšlakkärastusega võimaldab koldest horisontaaltsüklonitega ärastada vedelšlakina üle 90% šlaki, mis vähendab lendtuha kogust kuni 10 korda võrreldes tolmpõletus tahkešlakkärastusega. Lendtuha koguse vähenemine vähendab küttepindade saastumist, kulumist, korrosiooni ja lihtsustab suitsugaaside puhastamist lendtuhast. Samuti suurendab tolmpõletus vedelšlakkärastusega katla kasutegurit, kuna liigõhutegur väheneb tavalisest 1,25 kuni 1,05. Lisaks vähendab tolmpõletus vedelšlakkärastusega forsseeritud tsüklonkolletega katelde vajalikku pindala kuni 15% ja ruumala kuni 20%. Tolmpõletuse vedelšlakkärastusega puuduseks on suur soojuse kadu vedelšlakiga, mis alandab katla kasutegurit [30, 38]. Tahkekütuste tolmpõletus vedelšlakkärastusega tehnoloogia väljatöötamisega ja põletusseadmete konstrueerimisega tegelevad mitmed katlaehituse firmad. Tahkekütuste tolmpõletus vedelšlakkärastusega katlaid kasutakse mitmete riikide elektrijaamades.



## LISA 2

### Mitmekütusepõletusseadmete arvutuslikud heite piirväärtused

Tööstusheite direktiivi artikkel 40-ne ja V lisa 1. ja 2. osas sätestatakse, et põletusseadmetes, milles omatarbeks kasutatakse nafta rafineerimisel tekkivaid destilleerimis- või ümbertöötlemisjääke, kas üksinda või koos teiste kütustega, tuleb samaaegselt vähemalt kahte liiki kütuse kasutamisel määrata heite piirväärtused vastava arvutusskeemiga. Seda arvutusskeemi on võimalik kasutada ka muudel juhtudel, kuid tegemist ei ole nafta rafineerimise õigusliku regulatsiooni rakendamisega põlevkivienergeetikas vaid võimaliku meetodiga erinevate kütuste koospõletamisel tekkivaid heite piirväärtuste prognoosimisel.

Mitmekütuse põletusseadmete puhul, milles samaaegselt kasutatakse vähemalt kahte liiki kütust, saab määrata heite piirväärtused ( $C_a$ ) järgmise arvutusskeemi alusel:

1. Registreerides igale üksikule kütusele vastava heite piirväärtuse ja saasteaine heite piirväärtuse, mis vastab kogu põletusseadme summaarsele nimisoojusvõimsusele, nagu on sätestatud tööstusheite direktiivi V lisa 1. ja 2. osas;
2. Määra kindlaks kütusele taandatud heite piirväärtused, mis saadakse punktis 1 osutatud iga üksiku heite piirväärtuse korrutamise teel eraldi iga kütuse nimisoojusvõimsusega, ning korrutis jagatakse kõigi kütuste soojusvõimsuste summaga;
3. Liites iga kütuse kohta arvutatud heite piirväärtused.

$$C_a = C_1 + C_2 + \dots + C_n, \text{ kus}$$

$$C_{1\dots n} = \frac{Q_{1\dots n} \times M_{1\dots n} \times C_{1\dots n}}{Q_1 \times M_1 + Q_2 \times M_2 + Q_n \times M_n}$$

$Q$  = iga kütuse kütteväärtus (MJ/kg)

$M$  = iga kütuse kogus (kg/h)

$C_{1\dots n}$  = iga kütuse heite piirväärtus, lähtudes determineeriva kütuse hapniku sisaldusest (ka siin on determineeriva kütuse mõiste rakendamine tinglik ja ei ole põlevkivienergeetikale õiguslikult siduv).

Järgnevalt on arvutatud heite piirväärtused põlevkivi ja biokütuse ning põlevkivi ja põlevkivigaasi koospõletamiseks nii tolmpõletuskateldele kui ka keevkihtpõletus-kateldele. Kajastatud on olukorrad, kus:

- kütuste soojussisendi järgi on 50% põlevkivi ja 50% biokütust;
- kütuste soojussisendi järgi on 50% põlevkivi ja 50% põlevkivigaasi.

Prognostilised heite piirväärtused on arvutatud võttes kütuse standarditud  $O_2$  sisalduseks 6 %.

**Tabel L.1. Tolmpõletuse mitmekütuse põletusseadmete NO<sub>x</sub> heite piirväärtused põlevkivi ja biokütuse koospõletamisel.**

| Põlevkivi + hakkpuit     | Aastakeskmise |              | päevakeskmise |              |
|--------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Võimsus                  | uued          | olemasolevad | uued          | olemasolevad |
| < 100 MW <sub>th</sub>   | 150,0         | -            | 200,0         | 287,5        |
| 100–300 MW <sub>th</sub> | 120,0         | -            | 165,0         | 210,0        |
| > 300 MW <sub>th</sub>   | 112,5         | -            | 137,5         | 182,5        |

**Tabel L.2. Tolmpõletuse mitmekütuse põletusseadmete SO<sub>x</sub> heite piirväärtused põlevkivi ja biokütuse koospõletamisel.**

| Põlevkivi + hakkpuit     | Aastakeskmise |              | päevakeskmise |              |
|--------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Võimsus                  | uued          | olemasolevad | uued          | olemasolevad |
| < 100 MW <sub>th</sub>   | 135,0         | 310,0        | -             | -            |
| 100–300 MW <sub>th</sub> | 125,0         | 295,0        | -             | -            |
| > 300 MW <sub>th</sub>   | 117,5         | 285,0        | -             | -            |

**Tabel L.3. Keevkihtpõletuse mitmekütuse põletusseadmete NO<sub>x</sub> heite piirväärtused põlevkivi ja biokütuse koospõletamisel.**

| Põlevkivi + hakkpuit     | Aastakeskmise |              | päevakeskmise |              |
|--------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Võimsus                  | uued          | olemasolevad | uued          | olemasolevad |
| < 100 MW <sub>th</sub>   | 117,5         | 200,0        | 162,5         | 237,5        |
| 100–300 MW <sub>th</sub> | 112,5         | 177,5        | 162,5         | 210,0        |
| > 300 MW <sub>th</sub>   | 112,5         | 162,5        | 137,5         | 182,5        |

**Tabel L.4. Keevkihtpõletuse mitmekütuse põletusseadmete SO<sub>x</sub> heite piirväärtused põlevkivi ja biokütuse koospõletamisel**

| Põlevkivi + hakkpuit     | Aastakeskmise |              | päevakeskmise |              |
|--------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Võimsus                  | uued          | olemasolevad | uued          | olemasolevad |
| < 100 MW <sub>th</sub>   | 135,0         | 175,0        | -             | -            |
| 100–300 MW <sub>th</sub> | 125,0         | 160,0        | -             | -            |
| > 300 MW <sub>th</sub>   | 117,5         | 150,0        | -             | -            |

**Tabel L.5. Tolmpõletuse mitmekütuse põletusseadmete NO<sub>x</sub> heite piirväärtused põlevkivi ja põlevkivigaasi koospõletamisel**

| Põlevkivi + põlevkivigaas | Aastakeskmise |              | päevakeskmise |              |
|---------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Võimsus                   | uued          | olemasolevad | uued          | olemasolevad |
| < 100 MW <sub>th</sub>    | 200,0         | -            | 183,3         | 233,3        |
| 100–300 MW <sub>th</sub>  | 175,0         | -            | 148,3         | 183,3        |
| > 300 MW <sub>th</sub>    | 167,5         | -            | 145,8         | 183,3        |

**Tabel L.6. Tolmpõletuse mitmekütuse põletusseadmete SO<sub>x</sub> heite piirväärtused põlevkivi ja põlevkivigaasi koospõletamisel**

| Põlevkivi + põlevkivigaas | Aastakeskmise |              | päevakeskmise |              |
|---------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Võimsus                   | uued          | olemasolevad | uued          | olemasolevad |
| < 100 MW <sub>th</sub>    | 350,0         | 593,3        | -             | -            |
| 100–300 MW <sub>th</sub>  | 350,0         | 593,3        | -             | -            |
| > 300 MW <sub>th</sub>    | 350,0         | 593,3        | -             | -            |



**Tabel L.7. Keevkihtpõletuse mitmekütuse põletusseadmete NO<sub>x</sub> heite piirväärtused põlevkivi ja põlevkivigaasi koospõletamisel**

| Põlevkivi + põlevkivigaas<br>50% | Aastakeskmise |              | päevakeskmise |              |
|----------------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Võimsus                          | uued          | olemasolevad | uued          | olemasolevad |
| < 100 MW <sub>th</sub>           | 167,5         | 275,0        | 145,8         | 183,3        |
| 100–300 MW <sub>th</sub>         | 167,5         | 275,0        | 145,8         | 183,3        |
| > 300 MW <sub>th</sub>           | 167,5         | 275,0        | 145,8         | 183,3        |

**Tabel L.8. Keevkihtpõletuse mitmekütuse põletusseadmete SO<sub>x</sub> heite piirväärtused põlevkivi ja põlevkivigaasi koospõletamisel**

| Põlevkivi + põlevkivigaas | Aastakeskmise |              | päevakeskmise |              |
|---------------------------|---------------|--------------|---------------|--------------|
| Võimsus                   | uued          | olemasolevad | uued          | olemasolevad |
| < 100 MW <sub>th</sub>    | 350           | 458,3        | -             | -            |
| 100–300 MW <sub>th</sub>  | 350           | 458,3        | -             | -            |
| > 300 MW <sub>th</sub>    | 350           | 458,3        | -             | -            |