

## KATLAMAJADE MAKSUMUSE, TEHNILISE LAHENDUSE JA TEGEVUSKULUDE EKSPERTHINNANG



Tallinn 2009-2010



## Sisukord

<b>EESSÕNA</b> .....	<b>4</b>
<b>KOKKUVÕTE</b> .....	<b>5</b>
<b>1. KATLAMAJA, KATLA JA SUITSUGAASIDE PESURI MAKSUMUSE, TEHNILISE LAHENDUSE JA TEGEVUSKULUDE KIRJELDUS</b> .....	<b>6</b>
1.1. KATLAMAJA.....	6
1.2. KATEL.....	7
1.3. SUITSUGAASIDE PESUR .....	8
1.4. SOOJUSVÕRGU PUMBAD.....	9
1.5. LISAKÜTUSE KASUTAMINE.....	10
1.6. KATLAMAJA TEGEVUSKULUD .....	11
1.6.1. Muutuvkulud.....	11
1.6.2. Püsikulud.....	14
<b>2. KATLAMAJA ÜHE 50 MW<sub>s</sub> VEEKUUMUTUSKATLAGA JA SUITSUGAASIDE PESURIGA ...</b>	<b>16</b>
2.1. KATLAMAJA.....	16
2.1.1. Investeeringu maksumus .....	16
2.1.2. Optimaalne kasutustundide arv.....	17
2.1.3. Kasutegur .....	17
2.1.4. Elektrienergia erikulu .....	17
2.1.5. Lisakütuse kasutamise vajadus.....	17
2.2. SUITSUGAASIDE PESUR .....	18
2.2.1. Investeeringu maksumus .....	18
2.2.2. Elektrienergia erikulu .....	18
2.3. TEGEVUSKULUD .....	19
2.4. KOKKUVÕTE .....	19
<b>3. KATLAMAJA ÜHE 35 MW<sub>s</sub> VEEKUUMUTUSKATLAGA JA SUITSUGAASIDE PESURIGA ...</b>	<b>21</b>
3.1. KATLAMAJA.....	21
3.1.1. Investeeringu maksumus .....	21
3.1.2. Optimaalne kasutustundide arv.....	22
3.1.3. Kasutegur .....	22
3.1.4. Elektrienergia erikulu .....	22
3.1.5. Lisakütuse kasutamise vajadus.....	22
3.2. SUITSUGAASIDE PESUR .....	23
3.2.1. Investeeringu maksumus .....	23
3.2.2. Elektrienergia erikulu .....	23
3.3. TEGEVUSKULUD .....	24
3.4. KOKKUVÕTE .....	24
<b>4. VEEKUUMUTUSKATELDEGA 50 MW<sub>s</sub> KOGUVÕIMSUSEGA JA SUITSUGAASIDE PESURIGA KATLAMAJA</b> .....	<b>26</b>
4.1. KATLAMAJA.....	26
4.1.1. Investeeringu maksumus .....	26
4.1.2. Optimaalne kasutustundide arv.....	26
4.1.3. Kasutegur.....	28



4.1.4.	<i>Elektrienergia erikulu</i>	28
4.1.5.	<i>Lisakütuse kasutamise vajadus</i>	28
4.2.	SUITSUGAASIDE PESUR	29
4.2.1.	<i>Investeeringu maksumus</i>	29
4.2.2.	<i>Elektrienergia erikulu</i>	29
4.3.	TEGEVUSKULUD	29
4.4.	KOKKUVÕTE	30
<b>5.</b>	<b>KATLAMAJA ÜHE 10 MW<sub>s</sub> VEEKUUMUTUSKATLAGA JA SUITSUGAASIDE PESURIGA ...</b>	<b>32</b>
5.1.	KATLAMAJA	32
5.1.1.	<i>Investeeringu maksumus</i>	32
5.1.2.	<i>Optimaalne kasutustundide arv</i>	33
5.1.3.	<i>Kasutegur</i>	33
5.1.4.	<i>Elektrienergia erikulu</i>	33
5.1.5.	<i>Lisakütuse kasutamise vajalikkus</i>	33
5.2.	SUITSUGAASIDE PESUR	34
5.2.1.	<i>Investeeringu maksumus</i>	34
5.2.2.	<i>Elektrienergia erikulu</i>	34
5.3.	TEGEVUSKULUD	34
5.4.	KOKKUVÕTE	34
	<b>JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD</b>	<b>36</b>

## LISA 1



## EESSÕNA

Käesoleva töö aruanne *Katlamajade maksumuse, tehnilise lahenduse ja tegevuskulude eksperthinnang* on tehtud 09.11.2009.a EV Konkurentsiameti (edaspidi KA) ja ÄF-Estivo AS vahel sõlmitud lepingu Nr 62/2009 alusel.

Vastavalt *Kaugkiiteseadusele* peab KA kooskõlastama elektri ja soojuse koostootmise protsessis toodetava soojuse hinna. Kuna toodetakse sama seadmega kaks erinevat toodet - soojus ja elekter, siis on oluline jagada kulud nende toodete vahel. Selleks on võimalik kasutada erinevaid meetodeid:

- kommerts- ehk alternatiivkatlamaja meetod,
- kulude jagamine proportsionaalselt soojuse ja elektri netotoodangule ehk proportsionaalse jagamise meetod,
- füüsikaline meetod,
- hübriidmeetod: kütuse- ja muutuvkulud vastavalt füüsikalisele ning püsikulud vastavalt toodangu proportsioonile.

KA koostanud vastava arvutusmudeli puitu ja turvast kasutavate koostootmisjaamade soojuse hinna arvutamiseks, mis baseerub kommerts- ehk alternatiivkatlamaja meetodil. Käesoleva töö eesmärgiks on anda arvutusmudelile algandmed, milliseid kasutada soojuse hinna arvutamiseks nn. alternatiivkatlamaja meetodil.

Töös antakse eksperthinnang puitu ja turvast kütusena kasutavate katlamajade investeeringute maksumuse, katla kasuteguri, tegevuskulude (tööjõud, hooldus-remont), elektri erikulu ja erinevate tehniliste lahenduste kohta.

Töö tegemisel on konsultant kasutatud oma varasematest eeluuringutest, tasuvusuuringutest, keskkonnamõjude hindamistest ja muudest töödest akumulpeerunud kogemust ning kirjandusest ja internetist kogutud infot. Andmete täiendamiseks ja kaasajastamiseks tegi konsultant järelepärimisi Euroopa juhtivatele seadmete tootjatele katlamajade, katelde ja suitsugaaside pesurite maksumuste ja muude tööülesandes mainitud näitajate kohta.

Nende andmete analüüsi, tehniliste ja majandusarvutuste põhjal on koostatud käesolev aruanne. Aruanne on vormistatud **32 leheküljel** ning sisaldab **7 joonist, 10 tabelit ja 1 lisa**.

Käesoleva töö tegid ÄF-Estivo AS energeetikaspetsialist, TTÜ doktorant, diplomeeritud soojustehnikainsener **Eduard Latõšov** ja vanemkonsultant volitatud soojustehnikainsener **Eimar Jõgisu** ärijuhi volitatud soojustehnikainseneri **Jüri Kleesmaa** juhendamisel.

Käesoleva töö tegemisel olid suureks abiks tellija esindajad. Töö tegijad tänavad hea koostöö eest Konkurentsiameti peadirektorit **Märt Otsa**, raudtee- ja energiateenistuse juhatajat **Küllil Haaba** ning raudtee- ja energiateenistuse juhataja asetäitjat **Mare Karotamme**.



## KOKKUVÕTE

Käeolevas töös *Katlamajade maksumuse, tehnilise lahenduse ja tegevuskulude eksperthinnang* on käsitletud erineva võimsusega turvast ja hakkpuitu kütuseks kasutatavate katlamajade maksumusi, tehnilisi lahendusi ja tegevuskulusid.

Katlamajade hinna ja tegevuskulude analüüsil on kasutatud konsultandi rahvusvahelisi kogemusi ja mitmetest katlaid valmistavatest ja paigaldavatest firmadest saadud infot: Metso (varem Noviter) ja Renewa (varem Putkimo) Soomest, KMW Energi Rootsist, HoSt Hollandist, Polytechnik Austriast, Andritz Saksamaalt, Tamult Eestist jt.

Katlamaja ühe 50 MW<sub>s</sub> võimsusega keevkiht veekatлага on maailmas vähe kasutatav lahendus. Selliste võimsuste puhul eelistatakse kasutada elektri ja soojuste koostootmist ja energeetilisi katlaid. Samal ajal on keevkihtkatla kasutegur mõne protsendi võrra kõrgem kui restkoldega katlal.

Keevkiht veekatлага katlamaja keskmiseks maksumuseks kujuneb 400-600 milj.EEK. 50% niiskusega kütuse kasutamisel on suitsugaaside pesuri optimaalseks võimsuseks 12 MW ja maksumuseks kujuneb 25-30 milj.EEK. Katla võimsuse valikul on oluline, et taandatud täistöötundide arv aastas oleks keskmiselt 4500 täistöötundi aastas.

Katlamaja ühe katлага võimsusega 35 MW<sub>s</sub> sarnaneb tehnilistelt näitajatelt eelmisega. Katlamaja keskmiseks maksumuseks kujuneb 320-450 milj. EEK. Suitsugaaside pesuri optimaalseks võimsuseks on 8 MW ja maksumuseks kujuneb 18,4-21,6 milj.EEK.

Kolme restkoldega katлага 2x20 MW + 1x10 MW katlamaja koguvõimsusega 50 MW<sub>s</sub> on tehniliselt otstarbekas lahendus töötamisel kaugkütte soojusvõrkudega. See võimaldab töötada kateldega optimaalsel režiimil ja reguleerida paindlikult soojuskoormust. Selliselt kujuneb mitme katлага katlamaja taandatud täistöötundide arv ca 1000 tundi suuremaks. Samuti on restkoldega katlad odavamad ja sellise katlamaja maksumuseks kujuneb 250-400 milj. EEK. Kui kütuseks kasutatava hakkpuidu niiskus on 45% on optimaalne kasutada suitsugaaside pesurit võimsusega 10 MW, millise maksumuseks kujuneb 22-26 milj. EEK.

Ühe 10 MW<sub>s</sub> võimsusega restkatлага katlamaja maksumuseks kujuneb 60-90 milj.EEK. Sellele katlale sobiva suitsugaaside pesuri võimsus on 2 MW ja maksumus 5-6 milj.EEK. Selline katlamaja on otstarbekas väiksema asula soojusvarustuseks.

Kuna firmad toodavad erinevate tehniliste omadustega sama võimsusega katlaid, oli käeolevas töös võimalik anda vaid eksperthinnang katlamajade maksumusele ja tegevuskuludele. Täpse hinna ja tegevuskulude hindamisel on vajalik teada tehnoloogiat, kasutatavat tehnikat, katlamaja teeninduse taset ja tellija nõudmisi katlamaja töökindlusele.



# 1. KATLAMAJA, KATLA JA SUITSUGAASIDE PESURI MAKSUMUSE, TEHNILISE LAHENDUSE JA TEGEVUSKULUDE KIRJELDUS

## 1.1. Katlamaja

Käesoleva töö raames eeldame, et tegemist on kaasaegse, automatiseeritud *katlamajaga* mis koosneb järgmistest põhikomponentidest:

- Katel/katlad;
- Kinnine kütuse ladu;
- Kütuse etteande süsteem;
- Suitsugaaside puhastusseadmed;
- Korsten;
- Elektriyaotusseadmed;
- Juhtimiskilp;
- Abiruumid;
- Automaatika seadmed;
- Katla ja soojusvõrgu lisavee ettevalmistussüsteem;
- Torustikud koos sulg ja reguleerimisseadmetega;
- Kontrollmõõteriistad;
- Kaugküttevõrgu soojusvaheti;
- Lisapõleti koos lisakütuse etteandesüsteemiga;
- Kaugküttevõrku väljastava soojuse kulumõõtja.

*Katlamaja investeringu maksumus* on summa, mis on vajalik katlamaja projekteerimiseks ja ehitamiseks kooskõlas Eestis kehtivate standardite, õigus- ja normatiivaktidega.

*Katlamaja projekteerimise ja ehitamise mahtu* kuuluvad seadmete ja materjalide hange, kõik vajalikud projekteerimis- ja ehitustööd, projektijuhtimisteenused, seadmete paigaldus, tööjõud, ühendustööd, seadistamised, kontrollid, katsetused, kooskõlastamised, personali väljaõpe, dokumentide komplekteerimine, lubade hankimine ja nende väljastamise tasu ning muud seadmed, tööd ja tasud, mis on vajalikud katlamaja ehitamiseks ja kasutusloa saamiseks.

Lähteülesande kohaselt käsitleme käesolevas töös kütusena *hakkpuitu ja turvast* kasutavaid katlamajasid.

Eeldame, et katlamaja on ühendatud olemasoleva kaugküttevõrguga läbi soojusvaheti. Selline lahendus on otstarbekas enamikel juhtudel, kuna ta väldib kaugküttevõrgu vee sattumist katlasse ja sellega seotud võimalikke probleeme.

*Katlamaja elektri erikulu* on elektri kulu katlamajas toodetud soojuse ühiku kohta ( $kWh_{el}/MWh_s$ ). Lähteülesande kohaselt arvestame, et katlamaja elektri erikulu ei sisalda suitsugaaside pesuri ja soojusvõrgu pumpade elektri tarvet.

*Katlamaja soojuslik kasutegur* näitab ajaühikus kütusega koldesse antud soojushulga (arvutatud kütuse alumise kütteväärtuse alusel) ja kasulikult kasutatava soojushulga suhet



(antud töös väljendatakse protsentides). Katlamaja soojusliku kasuteguri arvutamisel suitsugaaside pesuri soojusvõimsust ei arvesta.

*Katlamaja optimaalne kasutustundide arv.* Kuna biokütusel töötavad katlad on suhteliselt kallid, siis on enne investeringu tegemist oluline valida katel nii, et leida selle maksimaalset kasutamist. Samas, peab arvestama, et katla töökoormust pole otstarbekas lasta teatud piirist madalamale võrreldes nimikoormusega, kuna siis halveneb oluliselt kasutegur.

Võrreldes fossiilkütuse kateldegaga on biokütusel töötava katla ühikinvesteeringud suuremad, kütuse hind on aga odavam, siis peaks biokütust kasutava katla valima nii, et tema nimikoormuse kasutusajaks kujuneks 4000 – 5000 tundi aastas.

Eeltoodust järeldub, et biokütust kasutava katla võimsus tuleks valida kaugküttevõrgu tippkoormusest 40 – 50% madalam. Kokkuvõtlikult – biokütuse katlaid tuleks rakendada baaskoormuse katmiseks. Baaskoormus on ühtlase iseloomuga ja tagab katlale võimalikult suure nimivõimsuse kasutusaja. Katlaga, mille võimsus on umbes 50 – 60% maksimaalsest soojuskoormusest, on võimalik tavaliselt toota 80 – 90% kaugküttevõrgu aastasest soojusvajadusest.

## 1.2. Katel

Katel on seade, kus toimub kütuses sisalduva keemilise energia muundumine soojuseks ning selle edasiandmine veele, aurule ja põlemisõhule.

Katel on tihedalt integreeritud katlamaja teiste seadmetega, mille tõttu selle eristamine kogu katlamaja seadmetestikust on keeruline. Sõltuvalt katla tootjast või tarnijast, võivad oluliselt erineda katla põhi- ja abiseadmed ning juhtimissüsteemid.

Katla hulka kuuluvad järgmised koostisosad:

- *Kolle.* Koldes põleb kütus ja vabaneb soojus ning toimub soojuse ülekandmine soojust vastuvõtivatele küttepindadele.

*Keevkiht koldes* hõljuvad jahvatatud tahke kütuse osakesed põlemise ajal põlemisõhu tõusvas voos.

*Restkoldes* tahke kütuse osakesed põlevad vastavalt kütuse liigile, niiskusele ja katla võimsusele valitud restil.

- Tavaliselt katel kujutab tugevat kinnist torustike süsteemi, mida soojendatakse koldes kütuse põlemisel tekkinud kuumade gaasidega ja mis on ette nähtud määratud temperatuuriga ja rõhuga sooja vee (*veekatel*) või auru (*aurukatel*) saamiseks.

Kaasaaegse katla juurde kuulub ka õhuelsoojendi (soojusvaheti põlemisõhu eelsoojendamiseks lahkuvate suitsugaasidega) ja ökonomaiser (katla toitevee soojendamiseks). Kuuma õhu juhtimine koldesse soodustab kütuse ettevalmistamist tema süttimiseks, tõstab kütusekihi ja kolderuumi temperatuuri ning seega põlemise kindlust, parandab põlemisprotsessi.



- Tahke kütuse põlemisel on katel varustatud ka tahmapuhuritega küttepindade puhastamiseks.
- Katla armatuur ja kontrollmõõteriistad;
- Katla automaatika.

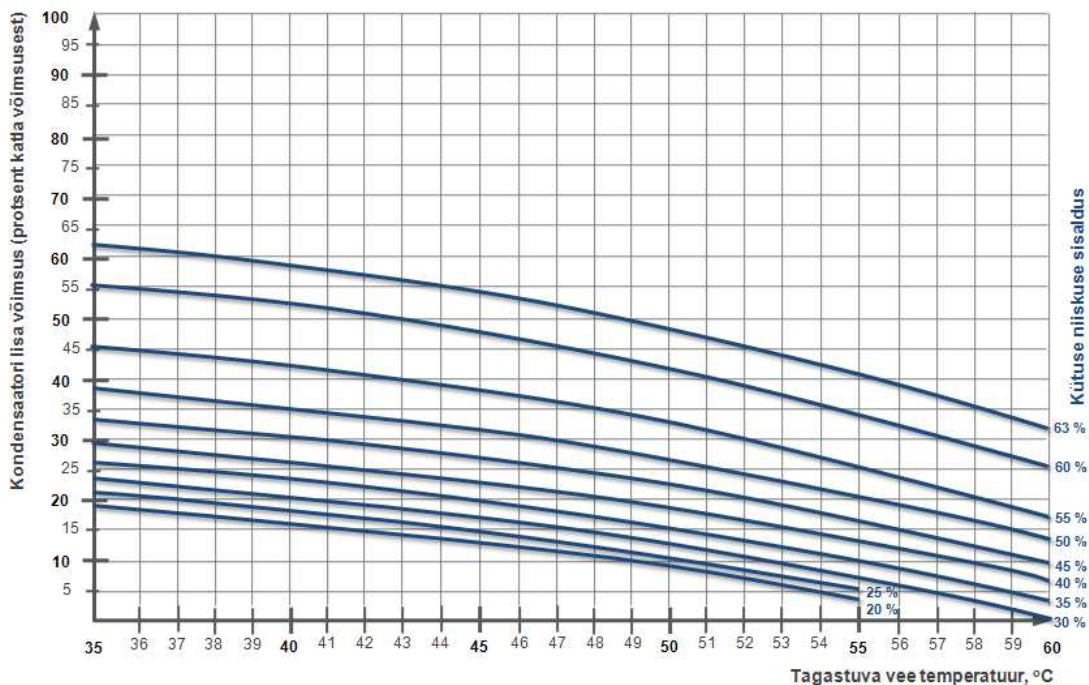
Katla hulka, ei kuulu kütuse etteandesüsteem (konveierid, söötjad jne), suitsugaaside puhastusseadmed ja suitsugaaside tõmbeventilaatorid, tuhaarastussüsteem väljaspool katelt, katla lisavee ettevalmistussüsteem, kaugküttevõrgu soojusvaheti ning katlavee, kaugkütte võrgu- ja lisavee pumbad.

### 1.3. Suitsugaaside pesur

Kütuse põlemisel kütuses sisalduv niiskus aurustub ja juhitakse koos suitsugaasidega korstnasse. Suitsugaaside pesuris (suitsugaaside kondensaator) jahutatakse lahkuvate suitsugaaside temperatuur allapoole kastepunkti ja saadakse kütuse põlemisel keemiliselt tekkinud veeauru või kütuses sisaldava vee aurustamiseks kulunud soojus kondenseerumissoojusena tagasi.

Suitsugaaside pesuri lisaefekt on seotud keskkonnaga: seade töötab samuti ka täiendava suitsugaaside puhastajana lendosakekest.

Olulisemad tegurid, mis mõjutavad suitsugaaside pesuri võimsuse valikut on kütuse niiskus ja tagastatava kaugküttevee temperatuur. Nende tegurite koosmõju kondensaatori soojusvõimsusele on toodud joonisel 1.1.



**Joonis 1.1. Suitsugaaside kondensaatori võimsus sõltuvalt tagastuva kaugküttevee temperatuurist ja kasutatava kütuse niiskusest**





Graafik võimaldab valida katlale sobiva suitsugaaside pesuri sõltuvalt kütuse liigist, kütuse niiskusest ja tagastuva soojusvõrgu vee temperatuurist. Kui kasutatava hakkpuidu niiskus on 50% on suitsugaaside pesuriga võimalik saada lisavõimsust:

- Tagastuva võrguvee temperatuuril 40<sup>0</sup>C 36%
- Tagastuva võrguvee temperatuuril 45<sup>0</sup>C 32%
- Tagastuva võrguvee temperatuuril 50<sup>0</sup>C 27%
- Tagastuva võrguvee temperatuuril 55<sup>0</sup>C 20%

Mida suurem on kütuse niiskus, seda rohkem on võimalik saada täiendavat soojust suitsugaaside pesuriga.

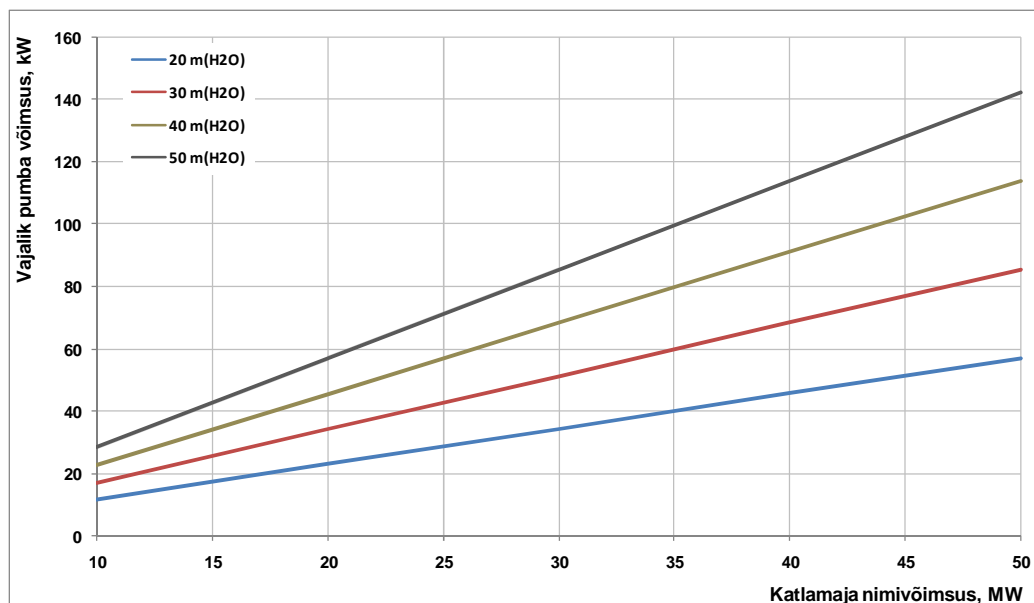
Suitsugaaside pesur tõstab biokütuse katlamaja soojuslikku kasutegurit. Sellega väheneb kütuse kulu vajaliku soojushulga tootmiseks.

Suitsugaaside pesuri paigaldamine on õige niisket kütust kasutavatele katlamajadele ning on majanduslikult ja keskkonnakaitseliselt kasulik.

#### 1.4. Soojusvõrgu pumbad

Soojusvõrgu pumba valik sõltub nii katlamaja soojuslikust võimsusest, kaugkütte vee temperatuurigraafikust kui ka katlamaja hüdraulilisest takistusest ja soojusvõrgu konfiguratsioonist.

Joonisel 1.2. on toodud mõned orienteeruvad pumba võimsused sõltuvalt soojusvõrgu ja/või katlamaja hüdraulilisest takistusest ja katlamaja soojuslikust võimsusest. Nomogramm on koostatud eeldusel, et kaugküttevõrgu temperatuurigraafik on 55/110°C ja pumbaseadme üldine kasutegur on 75%. Nomogramm ei arvesta pumba reservvõimsust.



**Joonis 1.2. Orienteeruv pumba võimsuse sõltuvus hüdraulilisest takistusest ja katlamaja soojuslikust nimivõimsusest**



Järgnevates peatükkides katlamaja võrguvee ringluspumpade valikul eeldame, et:

- Soojusvõrgu temperatuuri graafik on 55/110°C;
- Pumba poolt arendatav rõhk on 40 m(H<sub>2</sub>O);
- Pumba kasutegur töötamisel nimikoormusel on 75%;
- Pumba valikul ei arvesta reservvõimsust;
- Kaugküttevee pumpamiseks arvestatakse kahe maksimaalsele pumpamiskoormusele ette nähtud pumbaga (üks töötab, teine reservis);
- Pumpad varustatakse sagedusmuunduritega;
- Pumpade maksumuse hinnang sisaldab kogu ringluspumpade süsteemi (pumbad, sagedusmuundurid, juhtimisautomaatika jm).

### 1.5. Lisakütuse kasutamine

Kohalikul kütustel töötavates kateldes kasutakse lisakütust katla üleskütmiseks ja vajadusel pideva põlemisprotsessi tagamiseks. Lisakütuseks on maagaas või kütteõli (tavaliselt kerge kütteõli).

Keevkiht- ja restkolded projekteeritakse vastavalt etteantud puidu/turba niiskusele. Üldjuhul katla töötamisel ettenähtud kütuse niiskusega lisakütust ei vajata. Erandiks on kõrge niiskuse sisaldusega kütused (üle 55-65%), kus pidev lisakütuse kasutamine on vajalik püsiva põlemisprotsessi tagamiseks.

Ajutine lisakütuse kasutamise vajadus võib olla tingitud ka biokütuse etteande süsteemi rikkest, kus vea kõrvaldamise/uurimise käigus koormuse hoidmiseks kasutakse lisakütust.

Katla üleskütmise režiim erinevatest soojuslikest seisunditest on määratud katla tootja juhistes. Üleskütmise kestus, lisapõletite võimsus ja nende töörežiim on määratud katla valmistaja juhendiga ja sellest sõltub üleskütmisel kasutava lisakütuse kogus.

*Keevkihtkoldega katelde* üleskütmise peamiseks eesmärgiks on tõsta kandva kihi temperatuur (liiv või mõni muu peeneteraline inertmaterjal) kütuse süttimistemperatuurini.

Üleskütmise kiirus on määratud katla tootja juhistes ja arvestab katla komponentide soojuslikku paisumist. Keevkihtkatla kriitilisemad kohad on müüritis kandva kihi piirkonnas (ohutu üleskütmise kiirus kuni 50-100°C tunnis) ja aurukatla puhul ka trummel (temperatuuri tõus trumlis kuni 50°C tunnis).

Keevkihtkatla käivitamiseks külmast olekust kulub tavaliselt 8-12 tundi, sõltuvalt katla tüübist (veekatel või aurukatel), kütusest ning üleskütmise süsteemi konstruktsioonist ja võimsusest.

Lisapõletite süsteemi võimsus on tavaliselt 20-40% katla nimivõimsusest.

Keevkihtkatla eeliseks on kandva kihi suhteliselt suur soojusmahtuvus. See võimaldab käivitada 1-1,5 päeva seisnud katelt kas lisakütuseta või selle väikese kuluga.



Restkoldega katla üleskütmisega saavutatakse olukord, mis on vajalik tahke biokütuse süttimiseeliseks kuivamiseks ja pürolüüsiks (protsessid, mis tarbivad soojust) ning kütuse süttimiseks ja põlemiseks. Turba ja puidu süttimistemperatuur restkoldega katlas on vahemikus 350-600°C sõltudes tingimustest. Samas, biokütuste normaalseks süttimiseks ja põlemiseks peab kolde soovituslik temperatuur olema niiske kütuste korral mitte alla 800°C.

Restkoldega veesoojenduskatelde lisakütuse põletite võimsus on tavaliselt 10-30% katla nimivõimsusest. Käivitamine külmast seisakust võtab keskmiselt 4-6 tundi.

## 1.6. Katlamaja tegevuskulud

Katlamaja tegevuskulude analüüsil jaotame neid püsi- ja muutuvkuludeks. Nende kulude klassifitseerimisel võib leida mitmeid erilahendusi. Järgmistes peatükkides (ptk 1.6.1 ja 1.6.2) käsitleme kulusid, mida kasutame katlamaja tegevuskulude hindamisel.

### 1.6.1. Muutuvkulud

Muutuvkulud on taandatud soojuse tootmismahule. Käesolevas töös arvestame, et muutuvkulu sisaldab soojuse tootmise mahuga otseselt seotud kulusid (keskkonnamaksud, vesi/kanalisatsioon, kemikaalid, tuha käitlus, seadmete elekter, katlamaja käivitamiseks vajalik kütus jm).

Katlamaja muutuvkulud ei arvesta soojuse tootmiseks vajaliku kütuse maksumust.

#### 1.6.1.1. Keskkonnamaksud

Puidu ja turba põletamisel eraldub süsinikoksiide, lämmastikoksiide, lenduvaid orgaanilisi ühendeid, raskmetalle ja vähesel määral vääveldioksiidi. Turba puhul on väävli- ja lämmastikoksiidide sisaldus kõrgem kui puidu põletamisel.

Puidu kui taastuvkütuse põletamisel ei võeta arvesse kasvuhoonegaaside heitkogustes CO<sub>2</sub> heitkogust.

Kuigi turvas on bioloogilise päritoluga, ei loeta seda Euroopa Liidus seaduste järgi taastuvaks biokütuseks, vaid aeglaselt taastuvaks bioloogilise päritoluga kütuseks, mille põletamisel tekkinud CO<sub>2</sub> võetakse kasvuhoonegaasina arvele nagu fossiilse päritoluga kütustelgi.

**Tabel 1.1. Keskkonnatasud saasteainete välisõhku viimisel aastatel 2009...2015**

Saasteaine	Keskkonnatasud EEK/t						
	2009	2010	2011	2012	2013	2015	2015
Süsinikdioksiid, CO <sub>2</sub>	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3	31,3
Vääveldioksiid, SO <sub>2</sub>	474	616	798	1036	1347	1751	2276
Lämmastikoksiidid, NO <sub>x</sub>	1087	1195	1307	1438	1582	1740	1914
Süsinikoksiid, CO	68	74,8	82,3	90,5	99,5	109,5	120,5
Tahked osakesed	474	616	801	1041	1353	1759	2287
Lenduvad orgaanilised ühendid, LOÜ	1087	1195	1307	1438	1582	1740	1914
Raskemetallid	17297	19027	19217	19409	19603	19799	19997



Põletusseadmetest välisõhku eralduvad saasteainete heitkogused maksustatakse *Keskkonnatasude seaduse* (vastu võetud 7.12.2005. a, avaldatud ([RT I 2005, 67, 512](#)), jõustunud 1.01.2006) alusel saastetasuga. 18. juunil 2009 on Riigikogu vastu võtnud *Keskkonnatasude seaduse* muudatused, mis sisaldab keskkonnatasude määrasid saasteainete välisõhku viimisel aastateks 2010...2015 (vt tabel 1.1).

Põletusseadmetest välisõhku eralduvate saasteainete heitkogused määratakse arvutuslikult vastavalt keskkonnaministri 2. augusti 2004.a. määrusele nr. 99, mis arvestab saasteainete heitkoguste arvutamiseks kütuste omadusi ja põlemistingimusi arvesse võtvaid eriheitmeid (vt tabel 1.2).

**Tabel 1.2. Saasteainete eriheitmeid kütuste põletamisel**

Saasteaine	Ühik	Saasteainete eriheitmed		
		Puitkütus		Turvas
		Multitsüklon	Suitsugaaside kondensaator*	
Süsinikdioksiid, CO <sub>2</sub>	tC/TJ <sup>1</sup>			28,9
Vääveldioksiid, SO <sub>2</sub>	g/GJ	10	8	200
Lämmastikoksiidid,	g/GJ	100	100	300
Süsinikoksiid, CO	g/GJ	1200	1200	1200
Tahked osakesed	g/GJ	240	38	220
Lenduvad orgaanilised ühendid, LOÜ	g/GJ	48	48	100
Raskemetallid	mg/G	112,8	22,56	249

<sup>\*)</sup> – saasteainete eriheitmeid arvestades suitsugaaside täiendavat puhastamist

<sup>1)</sup> – süsiniku eriheitmeid

Puitkütuse ja turba põletamisel lisandub veel tasu tuha ladestamise eest prügilasse (vt ptk.1.6.1.2).

**Arvestades tabelis 1.1. ja 1.2 toodud Keskkonnatasude määrasid aastaks 2010 ning puit- ja turbakütuste saasteainete eriheitmeid arvutame saastetasud puitkütuse ja turba põletamisel (katlamaja aasta keskmine kasutegur 85%):**

- 1 MWh soojuse tootmisel puitkütusega 1,5 EEK/MWh;
- 1 MWh soojuse tootmisel turbakütusega on 16,8 EEK/MWh.

Nagu näeme, on turbakütuse kasutamisel saastetasu oluliselt suurem kui hakkpuidu kasutamisel. See mõjutab muutuvkulude osa erinevate kütuste kasutamisel.

#### 1.6.1.2. Tuhk

Hakkpuidu tuhasisaldus kuivaines on üldjuhul alla 1%. Puidu põletamisel tekkiv tuhk on klassifitseeritud kui mitte ohtlik tavajääde ning see tuleb ladestada nõuete kohaselt prügilasse.

Turba tuhasisaldus on 4-10%, mis teeb oluliseks katla optimaalse töörežiimi ja suitsugaaside puhastusseadmete kasutamise. See vähendab tahkete osakeste sattumist välisõhku. Turba põletamisel tekkiv tuhk ei ole klassifitseeritud ohtlikuks jäätmeteks ning tuleb ladestada nõuetekohaselt prügilasse, kuna praegu ei ole veel kasutusel alternatiivseid tuha käitlusviise.



Tuha koguste arvutamisel lähtume puitkütuse keskmisest tarbimisaine tuhasisaldusest 0,5-1% ja turba tuhasisaldusest 4-10%.

Arvestame, et tuha ladustamiseks seotud kulu on 600-750 EEK/t. Kulu koosneb prügila ladustamistasust (näiteks 2010.a. Tallinna prügila kinnitatud ladustamistasu on 588 EEK/t, Torma prügila 660 EEK/t ja Uikala prügila 714,3 EEK/t) ja kuludest tuha transportimiseks prügilasse.

**Tuha käitlustasu toodud tingimustel on:**

- **1 MWh soojuse tootmisel puitkütusega 1,6-3,1 EEK/MWh;**
- **1 MWh soojuse tootmisel turbakütusega 11,1-27,8 EEK/MWh.**

Kulud põlemisel tekkiva tuha ladestamisele moodustavad nimetamisväärse osa katlamaja muutuvkuludest. Kõrgema tuhasisalduse tõttu on turba kasutamisel kütusena tuha käitlemis- kulud oluliselt suuremad kui hakkpuiduga kütmisel.

### 1.6.1.3. Vesi ja kanalisatsioon

Vee kulu on peamiselt seotud katla veekontuuris ja kaugküttevõrgus esinevate veekadude kompenseerimisega. Lisavee vajadus sõltub soojusvõrgu (torustik, sulgarmatuur) tehnilisest seisust, soojusvõrgu pikkusest ja sellega ühendatud tarbijatest (avatud sooja vee tarbimine jm).

Kaasaaegse kaugküttevõrgu veekaod tavaliselt ei ületa 1% kaugküttetorustikus tsirkuleerivast veest, jäädes 0,5-1% piiris.

Tsirkuleeriva vee kogus sõltub omakorda kaugküttepiirkonna temperatuurigraafikust. Näiteks, kaugküttepiirkonnas temperatuurigraafikuga 130/55°C on ühe MWh soojuse edastamiseks vaja 11,5 m<sup>3</sup> vett, ja 75/45°C graafiku korral ~30 m<sup>3</sup> vett.

Arvestame, et lisavee ettevalmistamiseks vajaliku toorvee keskmiseks hinnaks on 15 EEK/m<sup>3</sup> (näiteks, Tallinna vesi 15,14 EEK/m<sup>3</sup>, Tartu Vesi 9,15 EEK/m<sup>3</sup>, Viimsi vesi hind juriidilistele isikutele 28,72 EEK/m<sup>3</sup>). Veekadude suhtes kanalisatsiooni tasu ei rakenda.

Lisaks toorvee hinnale arvestame ka vee keemilist ettevalmistust, milline sisaldab kemikaalide ja materjalide maksumust.

Soojusvõrgu ja katlamaja töö tagamiseks vigastusteta ja ökonoomsuse languseta, mida põhjustavad veepuhastus-, soojusenergeetika- ja soojusvõrguseadmete sisepindade korrosioon, katlakivi ja/või sadestused soojusülekanne pindadel, on katlamajas lisavee ettevalmistamiseks keemiline veepuhastus, mis tavaliselt kujutab endast vee pehmemdamise süsteemi.

Lisavee keemiliseks ettevalmistamiseks ja katlavee töötlemiseks kasutatavate materjalide ja kemikaalide hulka katlamajades kuuluvad:

- ioniit (kaugkütte katlamajas tavaliselt kationiit) toorvee pehmemdamiseks. Kulud ioniidile on ~1 EEK valmistatava pehmemdatud vee 1 m<sup>3</sup> kohta;



- keedusool kationiidi regenereerimiseks. Kulud soolale on ~ 1,5 EEK/m<sup>3</sup> pehmendatud vee kohta;
- trinaatriumfosfaat, kulud millele on ~ 1,6 EEK/m<sup>3</sup> katlavee kohta.

***Keemiliselt ettevalmistatud lisavee taandatud maksumus katlamajast väljastatud 1 MWh soojuse kohta on 1,1-5,5 EEK/MWh<sub>s</sub>.***

Suitsugaaside pesuris eraldub hinnanguliselt 0,2-0,25 m<sup>3</sup> vett väljastava 1 MWh<sub>s</sub> kohta eeldusel, et kasutava puit- ja/või turbakütuse niiskus on 50% ja kondensaator töötab täiskoormusel.

***Suitsugaaside pesuris kondenseerunud vee kanalisatsiooni (arvestame, et kanalisatsiooni juhitud vee hind on 15 EEK/m<sup>3</sup>) ärajuhtimise maksumus on 3-4 EEK/MWh<sub>s</sub>.***

Üks säästlikumatest variantidest on kasutada suitsugaaside pesuris kondenseerunud vett pärast täiendavat puhastamist torveena lisavee ettevalmistamisel.

### **1.6.2. Püsikulud**

*Püsikulud* ei sõltu oluliselt katlamaja soojuse toodangust (seadmete perioodiline hooldus ja remont, katlamaja territooriumi ja hoonete korrashoid, katlamaja teenindava personaali palk, sidekulud, kindlustus, bürookulud, lähetused, koolitused, kulud erinevatele konsultatsiooni-teenustele jne). Katlamaja püsikulud ei sisalda põhivara kulumit.

Püsikuludest kõige määratletavam osa on palgakulu (ptk. 1.6.2.1). Ülejäänud püsikulud erinevad oluliselt sõltuvalt konkreetsest katlamajast ja aastast. Näiteks, remondi ja hooldustööde maksumused sõltuvad konkreetsel aastal läbi viidud planeeritud tööde mahust (jooksev remont, keskmine remont, kapitaalremont) ning planeerimata töödest (avariiremont), mistõttu võivad erinevatel aastatel kordades erineda.

***Eeluuringu ja eksperthinnangute tegemisel aastane keskmine püsikulude tase hinnatakse protsendina katlamaja maksumusest. Ühe katlaga puidukütusel töötavate 35-50 MW<sub>s</sub> katlamajade korral selleks väärtuseks on 2,5-3%. Mitme katlaga 50 MW<sub>s</sub> katlamaja ja ühe 10 MW<sub>s</sub> katlaga katlamaja püsikulude tase on 3,5-4% katlamaja maksumusest.***

Püsikulude tase katlamajas oleneb katlamaja käidu korraldusest ja spetsialiseeritud hooldustööde firmade kasutamisest. Sellest oleneb ka hooldustööde kvaliteet, tööde tegemise sagedus ja kulud katlamaja hooldusele.

#### **1.6.2.1. Palgakulu**

Katlamaja tööpersonali vajadus sõltub katlamaja automatiseerimise tasemest ning katlamaja ja hooldus- ja/või remonditöid pakutava ettevõtte vahelise lepingu tingimustest (teostatavate tööde maht jm) ja tööpersonali kvalifikatsioonist.

Kaasaegse biokütustel töötava 35-50 MW katlamaja personali koosseisu kuuluvad vähemalt:

- Katlamaja juhataja;
- Kontorijuhataja/raamatupidaja;



- Tootmisjuht;
- Lukksepp;
- Elektrik;
- Automaatik;
- Keemik;
- Katlamaja operaatorid (2 inimest vahetusel, 5 vahetust).

Kaasaaegse biokütustel töötava 10 MW katlamaja personali koosseisu kuuluvad vähemalt:

- Katlamaja juhataja;
- Kontorijuhataja/raamatupidaja;
- Elektrik/automaatik/lukksepp;
- Katlamaja operaatorid (1 inimene vahetusel, 5 vahetust).

50 MW katlamaja personali vajadus on 15-20 inimest, 35 MW katlamaja 14-17 inimest ja 10 MW katlamajas 7-8 inimest.

Edasistes analüüsid eeldame, et katlamaja töötajate keskmine bruto kuupalk on 15 000-20 000 EEK, ehk kuu palgakulu (bruto kuupalk, sotsiaalmaks, töötuskindlustusmaks) ühe töötaja kohta on 20 000 – 27 000 EEK kuus. Arvestame, et katlamaja töötab nimi-koormusele taandatud 4500 töötundi ja keskmise kasuteguriga 85%.

***50 MW katlamaja taandatud palgakulu väljastatud MWh<sub>s</sub> kohta on 16-29 EEK/MWh<sub>s</sub>.***

***35 MW katlamaja taandatud palgakulu väljastatud MWh<sub>s</sub> kohta on 21-35 EEK/MWh<sub>s</sub>.***

***10 MW katlamaja taandatud palgakulu väljastatud MWh<sub>s</sub> kohta on 37-58 EEK/MWh<sub>s</sub>.***

Katlamaja palgakulud olenevad katlamaja käidu korraldusest, millest sõltub ka töötajate arv. Samuti olenevad palgakulud katlamaja asukohast, palgatasemest antud piirkonnas ja kvalifitseeritud tööjõu olemasolust kohapeal.

## 2. KATLAMAJA ÜHE 50 MW<sub>s</sub> VEEKUUMUTUSKATLAGA JA SUITSUGAASIDE PESURIGA

### 2.1. Katlamaja

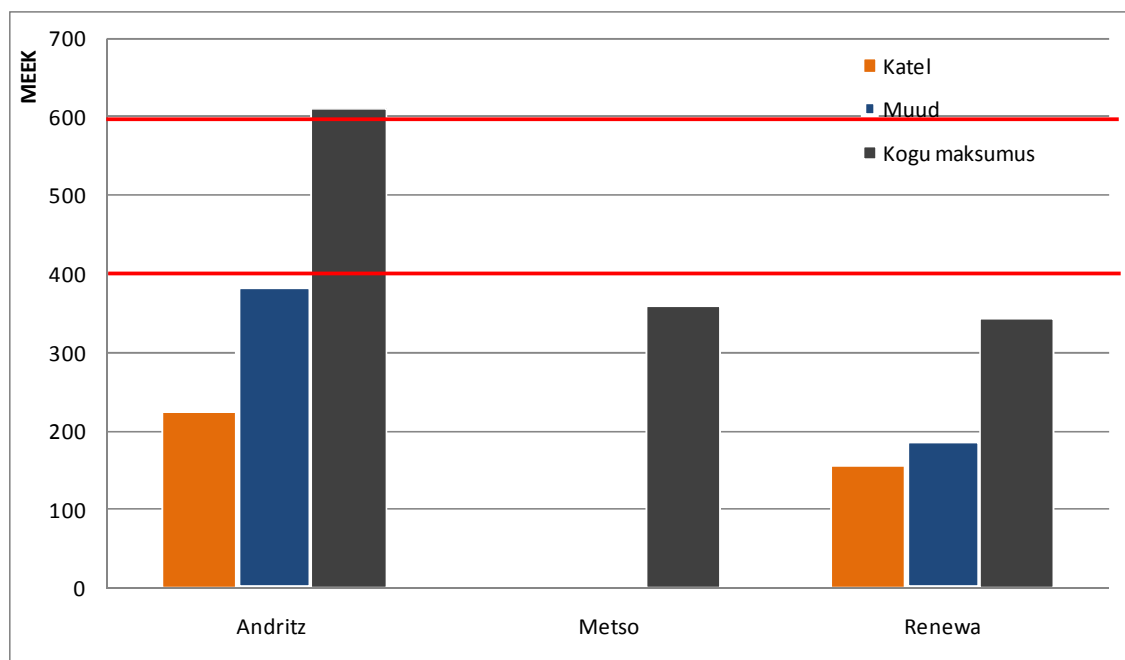
50 MW<sub>s</sub> keevkihtkoldega veekuuumutuskatlad toodavad mitmed firmad, kuid selliste katelde kasutus ei ole väga levinud. Põhjuseks on, et tavaliselt üle 15-20 MW<sub>s</sub> võimsusega kaugküttepiirkondades lahendatakse soojusvarustus elektri ja soojuse koostootmise baasil, kasutades ülekuumendusega energeetilisi aurukatlad.

Vastavalt töö ülesandele vaatleme keevkihttehnoloogial põhineva veekatлага katlamaja.

#### 2.1.1. Investeeringu maksumus

Ühe 50 MW<sub>s</sub> keevkihtkoldega hakkepuitu või turvast kütuseks kasutava katлага katlamaja hinnanguline maksumus on **400-600 MEEK (8-12 MEEK/MW<sub>s</sub>)**, kus katla maksumuseks on **150-300 MEEK (3-6 MEEK/MW<sub>s</sub>)**.

Konsultandi pikaajaliste kogemuste, katlatootjate seas läbiviidud küsitluse ning kirjandusest saadud andmete töötlemise käigus selgus, et enamik pakutavatest suure soojusvõimsusega (üle 30 MW<sub>s</sub>) ehitatud katlamaja lahendusest põhinevad madalrõhuga aurukateldel. Nende maksumused asuvad pakutud investeeringu maksumuse vahemiku ülemise piiri lähedal.



Joonis 2.1 – 50 MW<sub>s</sub> keevkihtkatлага katlamaja maksumused

Joonisel 2.1 toodud Metso (Noviteri) ja Renewa (Putkima) katlamajade maksumused ei sisalda inseneriteenuseid (projekteerimine, hanked, ehituse juhtimine) ja omaniku järelevalvet, mis hinnanguliselt moodustab 10-15% katlamaja kogumaksumusest.





Metso pakkumine ei sisalda vundamentide valamist ja töid väljaspool katlamaja. Lisades Metso ja Renewa hindadele pakkumuses puuduvad osad saame katlamaja üldmaksumuseks 400-450 milj. EEK.

Joonisel näidatud Andritzi maksumuse hinnang tugineb ühe 75 MW keevkihtkatlaga Eestis ehitava koostootmisjaama maksumuse interpoleerimisel ja kohandamisel ühe 50 MW keevkihtkatlaga katlamaja lahendustele. Selle lahenduse maksumus sisaldab katlamaja ehitamiseks kõike vajalikke investeeringuid.

Selliselt kujuneb ühe keevkihtkatlaga 50 MW<sub>s</sub> võimsusega katlamaja keskmiseks maksumuseks 400-600 milj. EEK.

Vastavalt ptk. 1.4 eeldame, et kaugküttevee tsirkulatsioonipumpade süsteem koosneb kahest **110-120 kW** elektrilise võimsusega pumbast, sagedusmuunduritest, juhtimisautomaatikast ja vajalikust sulgemisarmatuurist. Tsirkulatsioonipumpade süsteemi hinnanguliseks maksumuseks on **1-1,5 MEEK**. Maksumuse määravad eelkõige valitud pumpade tüüp ning automaatika tase.

### ***2.1.2. Optimaalne kasutustundide arv***

Etteantud võimsusega katlamaja peaks olema ehitatud kaugkütte piirkonnas, mille koormusgraafik võimaldaks katlamajal töötada nimikoormusele taandatud **4000-5000** töötundi aastas. Alla 4000 nimikoormusele taandatud töötundide arvu puhul on otstarbekas kasutada ühte väiksemat või mitut erineva võimsusega katelt.

Aastaringelt püsiva arvestatava soojuse vajadusega tarbija(te) (tööstustarbijate) olemasolul kaugkütte piirkonnas on katlamaja optimaalne kasutustundide arv suurem.

### ***2.1.3. Kasutegur***

Kaasaaegse biokütustel töötava keevkihtkoldega 50 MW<sub>s</sub> soojusliku võimsusega katlamaja keskmine soojuslik kasutegur nimikoormusel on piirides **85-90%**.

### ***2.1.4. Elektrienergia erikulu***

Keevkihtkatlaga katlamaja peamiseks elektrikuluks on kütuse etteande seadmed, keevkihti moodustavad põlemisõhu ventilaatorid ja suitsugaaside retsirkulatsiooniseadmed. 50 MW<sub>s</sub> keevkihtkatlaga katlamaja hinnanguline elektri erikulu on **20-25 kW<sub>el</sub>/MW<sub>s</sub>**, ehk **1-1,25 MW<sub>el</sub>**.

### ***2.1.5. Lisakütuse kasutamise vajadus***

Keevkihtkoldega katla üleskütmise eesmärgiks on kuumutada keevkihi inertmaterjali kütuse süttimistemperatuurini. Külmast olekust keevkihtkatla üleskütmiseks kuulub 8-12 tundi. Üleskütmisspõletite võimsus on tavaliselt 20-40% katla nimivõimsusest.

Kaasaaegsete keevkihtkatelde planeeritud pikaajaliste seisakute arv on 1-2 seisakut aastas. Arvestades võimalikke mitteplaneeritud seisakuid eeldame, et keevkihtkatla külmast olekust üleskütmise vajadus on ~4 korda aastas.



50 MW<sub>s</sub> keevkihtkoldega katla üheks üleskütmiseks läheb ca **80-240 MWh** lisakütust, ehk **320-960 MWh aastas**. Samas, nimikoormusele taandatud 4500 töötuni juures 50 MW<sub>s</sub> katel tarbib ~260 000 MWh biokütust aastas. **Seega ka oluliselt suuremate seisakute arvu korral (10 seisakut) lisakütuse osakaal kütuse bilansis jääb olematuks, moodustades alla protsenti katlamaja kogu kütuse tarbimisest.**

Juhul, kui katlamajas kasutakse kõrge niiskuse sisaldusega (üle 55%) biokütust, võib lisakütuse kasutamine olla suurem.

## 2.2. Suitsugaaside pesur

Kasutades keskmiselt  $W^t = 50\%$  niiskusega biokütust ning eeldades, et tagastava kaugkütte vee temperatuur on keskmiselt  $t_{tagastav} = 50-55^\circ\text{C}$ , siis optimaalseks suitsugaaside pesuri võimsuseks kujuneb ~20-25% katla nominaalsest soojuslikust võimsusest, mis moodustab ~10-14 MW.

Lepingus mainitud 18 MW nominaalvõimsusega suitsugaaside pesuri paigaldus on tehniliselt otstarbekas suurema niiskusesisalduse ja/või väiksema tagastava kaugküttevee temperatuuri korral (vt. ptk 1.3). Näiteks,  $W^t = 55\%$  ja  $t_{tagastav} \sim 45^\circ\text{C}$ , või  $W^t = 60\%$  ja  $t_{tagastav} \sim 55^\circ\text{C}$ . Kuna kütuse niiskus võib muutuda suurtes piirides, võib 50 MW<sub>s</sub> katlale paigaldada 18 MW<sub>s</sub> suitsugaaside pesuri, milline töötab maksimumkoormusel kõrge niiskussisaldusega kütuse korral. Optimaalne on 50 MW<sub>s</sub> katlal kasutada suitsugaaside pesurit võimsusega 12 MW<sub>s</sub>.

Järgmistes peatükkides (ptk 2.2.1 ja 2.2.2) vaatleme **12 MWs ja 18 MWs nimivõimsusega** suitsugaaside pesurite investeringute maksumust ja elektrienergia erikulu.

### 2.2.1. Investeeringu maksumus

18 MW<sub>s</sub> nominaalse võimsusega suitsugaaside pesuri investeeringu hinnanguliseks maksumuseks on **35-40 MEEK** ehk ühikmaksumusega **1,9-2,2 MEEK/MW<sub>s</sub>**.

12 MW<sub>s</sub> nominaalse võimsusega suitsugaaside pesuri investeeringu hinnanguliseks maksumuseks on **25-30 MEEK** ehk ühikmaksumusega **2,1-2,5 MEEK/MW<sub>s</sub>**.

### 2.2.2. Elektrienergia erikulu

18 MW<sub>s</sub> suitsugaaside pesuri elektrienergia erikulu hinnatakse tasemel ~3-5 kW<sub>el</sub>/MW<sub>s</sub>, mis moodustab keskmiselt 54-90 kW<sub>el</sub> kondensaatori töötamisel nimikoormusel.

12 MW<sub>s</sub> suitsugaaside pesuri elektrienergia erikulu hinnatakse tasemel ~4-6 kW<sub>el</sub>/MW<sub>s</sub>, mis moodustab keskmiselt 48-72 kW<sub>el</sub> kondensaatori töötamisel nimikoormusel.

### 2.3. Tegevuskulud

Tegevuskulude komponentide hinnang tugineb peatükis 1.6 käsitletud tegevuskulude jaotusele ja analüüsile. Katlamaja tegevuskulude komponentide detailsemad sõltuvused kasutavast kütusest on toodud peatükis 2.4.

50 MW<sub>s</sub> võimsusega hakkpuitu ja/või turvast kütuseks kasutava katlamaja tegevuskulud hinnatakse järgmisel tasemel:

- Püsikulud **10-18 MEEK** aastal
- Muutuvkulud **24-79 EEK/MWh**
- Nimikoormusele taandatud 4500 töötundiga aastas 50 MW<sub>s</sub> katlamaja hinnangulised tegevuskulud on **68-159 EEK/MWh**.
- 

### 2.4. Kokkuvõte

Tabelis 2.1 ja 2.2 on toodud 50 MW<sub>s</sub> katlamaja, katla, suitsugaaside pesuri ja ringluspumpade süsteemi maksumuste ja muude tehnilises ülesandes mainitud tegurite hinnangulised väärtused ning katlamaja tegevuskulude komponentide hinnangulised väärtused.

**Tabel 2.1 Katlamaja, katla, suitsugaaside pesuri ja ringluspumpade süsteemi maksumuste ja muude tegurite hinnangulised väärtused**

KATLAMAJA									
Soojuslik võimsus	Kasutegur	Optimaalne kasutustundide arv <sup>1</sup>	Katlamaja maksumus		Katla maksumus		Elektrikulu		Lisakütuse kasutamine
MW	%	h aastas	MEEK/MW <sub>s</sub>	MEEK	MEEK/MW <sub>s</sub>	MEEK	kW <sub>el</sub> /MW <sub>s</sub>	MW <sub>el</sub>	MWh aastas
50	85-90	4000-5000	8-12	400-600	3-6	150-300	20-25	1-1,25	320-960

<sup>1</sup>- katlamaja nimikoormusele taandatud kasutustundide arv

SUITSUGAASIDE PESUR				
Soojuslik võimsus	Maksumus		Elektrikulu	
MW	MEEK/MW <sub>s</sub>	MEEK	kW <sub>el</sub> /MW <sub>s</sub>	MW <sub>el</sub>
18	1,9-2,2	35-40	3-5	54-90
12	2,1-2,5	25-30	4-6	48-72

RINGLUSPUMPADE SÜSTEEM		
Elektriline nimivõimsus	Effektiivsus nimikoormusel	Maksumus
kW	%	MEEK
110-120	65-80	1-1,5

Tabel 2.2 – Katlamaja tegevuskulude komponentide hinnangulised väärtused

MUUTUVKULUD						
Kütus	Puit		Turvas		Puit/turvas	
Osa %	100		100		50/50	
	EEK/MWh min	EEK/MWh maks	EEK/MWh min	EEK/MWh maks	EEK/MWh min	EEK/MWh maks
Keskkonnamaksud	1,5	1,5	16,8	16,8	9,2	9,2
Tuha käitletus	1,6	3,1	11,1	27,8	6,3	15,5
Elektrikulu	20	25	20	25	20	25
Vesi, kanalisatsioon, kemikaalid	1,1	5,5	1,1	5,5	1,1	5,5
Lisakütus	0,2	3,7	0,2	3,7	0,2	3,7
<b>Kokku</b>	<b>24</b>	<b>39</b>	<b>49</b>	<b>79</b>	<b>37</b>	<b>59</b>
PÜSIKULUD						
	EEK/MWh min	EEK/MWh maks				
Palgakulu	16	29				
Remondi- ja hoolduskulud, muud kulud	28	51				
<b>Kokku</b>	<b>44</b>	<b>80</b>				

Katlamaja tegevuskulude muutuvkulude osa sõltub kõige rohkem kasutatavast kütusest. Hakkpuidu kasutamisel on keskkonnatasud ja kulud tuha utiliseerimisele oluliselt väiksemad kui turba kasutamisel kütusena.

Püsikulude osa sõltub katlamaja käidu korraldusest ja optimaalse variandi korral võib arvestada keskmisega hinnaga eeltoodust.

### 3. KATLAMAJA ÜHE 35 MW<sub>s</sub> VEEKUUMUTUSKATLAGA JA SUITSUGAASIDE PESURIGA

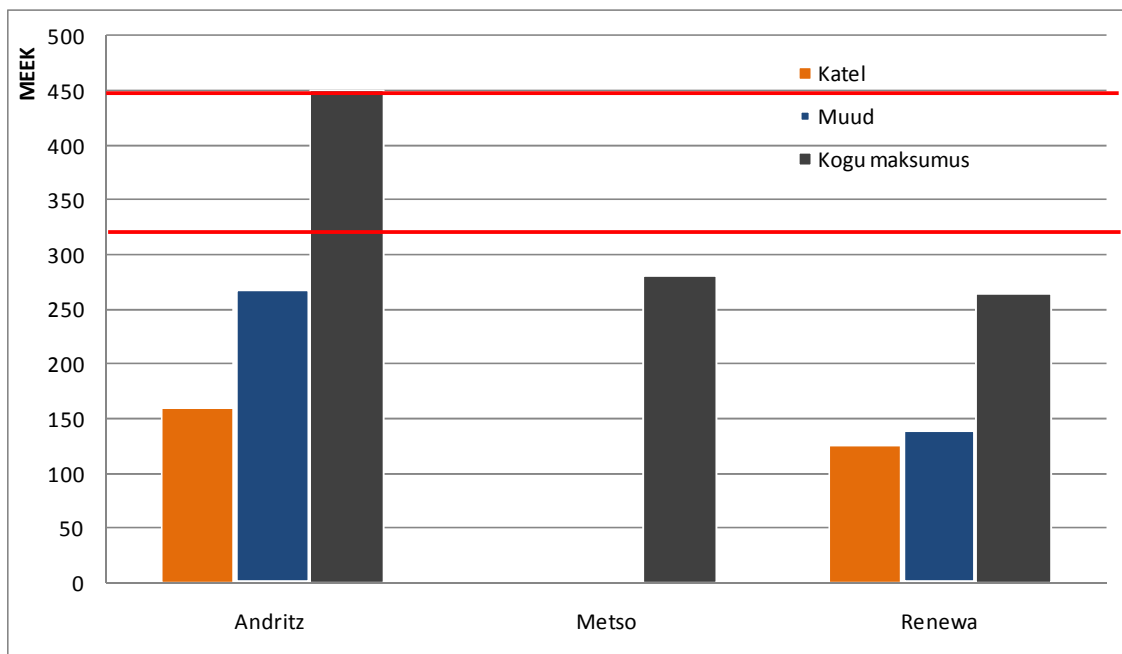
#### 3.1. Katlamaja

Vastavalt töö ülesandele vaatleme keevkihttehnoloogial põhineva katlaga 35 MW<sub>s</sub> katlamaja.

##### 3.1.1. Investeeringu maksumus

Ühe 35 MW<sub>s</sub> keevkihtkoldega hakkepuitu või turvast kütuseks kasutava katlaga katlamaja investeeringute hinnanguline maksumus on **320-450 MEEK (9-13 MEEK/MW<sub>s</sub>)**, kus katla maksumuseks on **120-220 MEEK (3,4-6,3 MEEK/MW<sub>s</sub>)**.

Konsultandi pikaajaliste kogemuste, katlatootjate seas läbiviidud küsitluse ning kirjandusest saadud andmete töötlemise käigus selgus, et enamik pakutavatest suure soojusvõimsusega (üle 30 MW<sub>s</sub>) ehitatud katlamaja lahendusest põhinevad madalrõhuga aurukateldel. Nende maksumused asuvad pakutud investeeringu maksumuse vahemiku ülemise piiri lähedal.



**Joonis 3.1 – 35 MW<sub>s</sub> keevkihtkatlaga katlamaja maksumused**

Joonisel 3.1 toodud Metso ja Renewa katlamajade maksumused ei sisalda inseneriteenuseid (projekteerimine, hanked, ehituse juhtimine) ja omaniku järelevalvet, mis hinnanguliselt moodustab 10-15% katlamaja kogumaksumusest.

Metso pakkumine ei sisalda vundamentide valamist ja töid väljaspool katlamaja. Lisades Metso ja Renewa hindadele pakkumuses puuduvad osad saame katlamaja üldmaksumuseks 320-350 milj. EEK.



Joonisel näidatud Andritzi maksumuse hinnang tugineb ühe 75 MW keevkihtkatlaga Eestis ehitava koostootmisjaama maksumuse interpoleerimisel ja kohandamisel ühe 35 MW keevkihtkatlaga katlamaja lahendustele. Selle lahenduse maksumus sisaldab katlamaja ehitamiseks kõike vajalikke investeeringuid.

Sellisel kujuneb ühe keevkihtkatlaga 50 MW<sub>s</sub> võimsusega katlamaja keskmiseks maksumuseks 320-450 milj. EEK.

Vastavalt ptk. 1.4 eeldame, et kaugküttevee tsirkulatsioonipumpade süsteem koosneb kahest ~80 kW elektrilise võimsusega pumbast, sagedusmuunduritest, juhtimisautomaatikast ja vajalikust sulgemisarmatuurist. Tsirkulatsioonipumpade süsteemi hinnanguliseks maksumuseks on **0,8-1,2 MEEK**.

### ***3.1.2. Optimaalne kasutustundide arv***

35 MW<sub>s</sub> biokütustel töötav katlamaja tuleb ehitada kaugkütte piirkonda, mille koormusgraafik võimaldaks katlamajal töötada nimikoormusele taandatud **4000-5000** täistöötundi aastas. Alla 4000 nimikoormusele taandatud töötundide arvu puhul on otstarbekas kasutada ühte väiksemat või mitut erineva võimsusega katelt.

Aastaringselt püsiva arvestatava soojuse vajadusega tarbija(te) (tööstustarbijate) olemasolul kaugkütte piirkonnas on katlamaja optimaalne kasutustundide arv suurem.

### ***3.1.3. Kasutegur***

Kaasaegse biokütustel töötava keevkihtkoldega 35 MW<sub>s</sub> katlamaja soojuslik nimikasutegur on piirides **85-90%**.

### ***3.1.4. Elektrienergia erikulu***

Keevkihtkatlaga katlamaja peamiseks elektrikuluks on keevkihi moodustavad põlemisõhu ventilaatorid ja suitsugaaside retsirkulatsiooniseadmed. 35 MW<sub>s</sub> keevkihtkatlaga katlamaja elektri erikulu on **25-30 kW<sub>el</sub>/MW<sub>s</sub> ehk ühikvõimsusega 0,85-1 MW<sub>el</sub>**.

### ***3.1.5. Lisakütuse kasutamise vajadus***

Keevkihtkoldega katla üleskütmise eesmärgiks on kuumutada keevkihi inertmaterjali kütuse süttimistemperatuurini. Külmast olekust keevkihtkatla üleskütmiseks kuulub 8-12 tundi. Üleskütmise põletite võimsus on tavaliselt 20-40% katla nimivõimsusest.

Kaasaegsete keevkihtkatelde planeeritud pikaajaliste seisakute arv on 1-2 seisakut aastas. Arvestades võimalikke mitteplaneeritud seisakuid eeldame, et keevkihtkatla külmast olekust üleskütmise vajadus on ~4 korda aastas.



35 MW<sub>s</sub> keevkihtkoldega katla üheks üleskütmiseks läheb ca **60-170 MWh** lisakütust, ehk **240-670 MWh aastas**. Samas, nimikoormusele taandatud 4500 töötundide juures vaadeldav katel tarbib ~175 000 MWh biokütust aastas.

***Lisakütuse osakaal kütuse bilansis jääb olematuks. Ka suuremate ja seisakute arvu korral (10 seisakut) lisakütuse osakaal moodustab <1%.***

Juhul, kui katlamajas kasutakse kõrge niiskuse sisaldusega (üle 55%) biokütust, võib vajadus lisakütuse kasutamiseks olla suurem.

## 3.2. Suitsugaaside pesur

Kasutades keskmiselt  $W^f = 50\%$  niiskusega biokütust, ning eeldades et tagastuva kaugkütte vee temperatuur on keskmiselt  $t_{tagastav} = 50-55^\circ\text{C}$ , siis optimaalseks suitsugaaside pesuri võimsuseks kujuneb ~20-25% katla nominaalsest soojuslikust võimsusest. 35 MW<sub>s</sub> võimsusega hakkpuitu ja turvast kütuseks kasutava katlamaja korral see moodustab ~7-9 MW.

Lepingus mainitud 12 MW nominaalvõimsusega suitsugaaside pesuri paigaldus on tehniliselt otstarbekas suurema niiskusesisalduse ja/või väiksema tagastava kaugküttevee temperatuuri korral (vt. ptk 1.3). Näiteks,  $W^f = 55\%$  ja  $t_{tagastav} \sim 45^\circ\text{C}$ , või  $W^f = 60\%$  ja  $t_{tagastav} \sim 55^\circ\text{C}$ . Kuna kütuse niiskus võib muutuda suurtes piirides võib 35 MW<sub>s</sub> katlale paigaldada 12 MW<sub>s</sub> suitsugaaside pesuri, milline töötab nimivõimsusel suurema niiskussisaldusega kütuse kasutamisel. Optimaalne on 35 MW<sub>s</sub> katlale paigaldada suitsugaaside pesur võimsusega 8 MW<sub>s</sub>.

Järgmistes peatükkides (ptk 3.2.1 ja 3.2.2) vaatleme **8 MW<sub>s</sub> ja 12 MW<sub>s</sub>** nimivõimsusega suitsugaaside pesuri investeeringu maksumust ja elektrienergia erikulu.

### 3.2.1. Investeeringu maksumus

12 MW<sub>s</sub> nominaalse võimsusega suitsugaaside pesuri investeeringu hinnanguliseks maksumuseks on **25-30 MEEK** ehk ühikmaksumusega **2,1-2,5 MEEK/MW<sub>s</sub>**.

8 MW<sub>s</sub> suitsugaaside pesuri investeeringu hinnanguliseks maksumuseks on **18,4-21,6 MEEK** (ühikmaksumus **2,3-2,7 MEEK/MW<sub>s</sub>**).

### 3.2.2. Elektrienergia erikulu

12 MW<sub>s</sub> suitsugaaside pesuri elektrienergia erikulu hinnatakse tasemel ~4-6 kW<sub>el</sub>/MW<sub>s</sub>, mis moodustab keskmiselt 48-72 kW<sub>el</sub> kondensaatori töötamisel nimikoormusel.

8 MW<sub>s</sub> suitsugaaside pesuri elektrienergia erikulu hinnatakse tasemel ~6-7 kW<sub>el</sub>/MW<sub>s</sub>, mis moodustab keskmiselt 48-56 kW<sub>el</sub> kondensaatori töötamisel nimikoormusel.



### 3.3. Tegevuskulud

Tegevuskulude komponentide hinnang tugineb peatükis 1.6 käsitletud tegevuskulude jaotusele ja analüüsile. Katlamaja tegevuskulude komponentide detailsemad sõltuvused kasutatavast kütusest on toodud peatükis 3.4.

35 MW<sub>s</sub> võimsusega hakkpuitu ja/või turvast kütuseks kasutava katlamaja tegevuskulud hinnatakse järgmisel tasemel:

- Püsikulud **8-13,5 MEEK** aastal
- Muutuvkulud **24-79 EEK/MWh**
- Nimikoormusele taandatud 4500 töötunniga aastas 35 MW<sub>s</sub> katlamaja hinnangulised tegevuskulud on **75-165 EEK/MWh**.

### 3.4. Kokkuvõte

Tabelis 3.1 on toodud katlamaja, katla, suitsugaaside pesuri ja ringluspumpade süsteemi maksumuste ja muude tehnilises ülesandes mainitud tegurite hinnangulised väärtused.

**Tabel 3.1 Katlamaja, katla, suitsugaaside pesuri ja ringluspumpade süsteemi maksumuste ja muude tegurite hinnangulised väärtused**

KATLAMAJA									
Soojuslik võimsus	Kasutegur	Optimaalne kasutustundide arv <sup>1</sup>	Katlamaja maksumus		Katla maksumus		Elektrikulu		Lisakütuse kasutamine
MW	%	h aastas	MEEK/MW <sub>s</sub>	MEEK	MEEK/MW <sub>s</sub>	MEEK	kW <sub>el</sub> /MW <sub>s</sub>	MW <sub>el</sub>	MWh aastas
35	85-90	4000-5000	9-13	320-450	3,4-6,3	120-220	20-25	0,85-1	240-670

<sup>1</sup>- katlamaja nimikoormusele taandatud kasutustundide arv

SUITSUGAASIDE PESUR				
Soojuslik võimsus	Maksumus		Elektrikulu	
	MW	MEEK/MW <sub>s</sub>	MEEK	kW <sub>el</sub> /MW <sub>s</sub>
12	2,1-2,5	25-30	4-6	48-72
8	2,3-2,7	18,4-21,6	6-7	48-56

RINGLUSPUMPADE SÜSTEEM		
Elektriline nimivõimsus	Effektiivsus nimikoormusel	Maksumus
kW	%	MEEK
80	65-80	0,8-1,2



Tabel 3.2 - Katlamaja tegevuskulude komponentide hinnangulised väärtused

MUUTUVKULUD						
Kütus	Puit		Turvas		Puit/turvas	
Osa %	100		100		50/50	
	EEK/MWh min	EEK/MWh maks	EEK/MWh min	EEK/MWh maks	EEK/MWh min	EEK/MWh maks
Keskkonnamaksud	1,5	1,5	16,8	16,8	9,2	9,2
Tuha käitlus	1,6	3,1	11,1	27,8	6,3	15,5
Elektrikulu	20,0	25,0	20,0	25,0	20,0	25,0
Vesi, kanalisatsioon, kemikaalid	1,1	5,5	1,1	5,5	1,1	5,5
Lisakütus	0,2	3,7	0,2	3,7	0,2	3,7
<b>Kokku</b>	<b>24</b>	<b>39</b>	<b>49</b>	<b>79</b>	<b>37</b>	<b>59</b>

PÜSIKULUD		
	EEK/MWh min	EEK/MWh maks
Palgakulu	21	35
Remondi- ja hoolduskulud, muud kulud	29	43
<b>Kokku</b>	<b>51</b>	<b>86</b>

Katlamaja tegevuskulude muutuvkulude osa sõltub kõige rohkem kasutatavast kütusest. Hakkpuidu kasutamisel on keskkonnatasud ja kulud tuha utiliseerimisele oluliselt väiksemad kui turba kasutamisel kütusena.

Püsikulude osa sõltub õige võimsusega valitud katlast, katlamaja käidu korraldusest ja optimaalse variandi korral võib arvestada keskmisega hinnaga eeltoodust.

## 4. VEEKUUMUTUSKATELDEGA 50 MW<sub>s</sub> KOGUVÕIMSUSEGA JA SUITSUGAASIDE PESURIGA KATLAMAJA

### 4.1. Katlamaja

Vastavalt töö ülesandele vaatleme restpõletamistehnoloogiaga 50 MW<sub>s</sub> koguvõimsusega 2x20 MW<sub>s</sub> ja 1x10 MW<sub>s</sub> kateldegaga katlamaja.

#### 4.1.1. Investeeringu maksumus

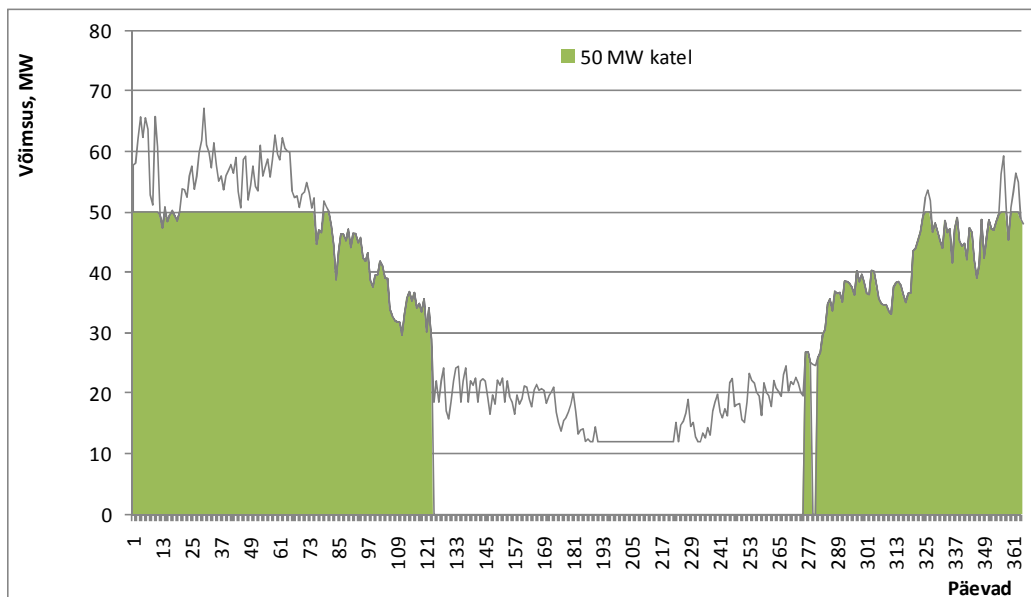
Restpõletamistehnoloogiaga 2x20 MW<sub>s</sub> ja 1x10 MW<sub>s</sub> kateldegaga hakkpuitu või turvast kütuseks kasutatavate kateldegaga katlamaja investeeringute hinnanguline maksumus on **250-400 MEEK (5-8 MEEK/MW<sub>s</sub>)**, kus **20 MW<sub>s</sub> katla maksumuseks on 40-75 MEEK (2-3,75 MEEK/MW<sub>s</sub>) ja 10 MW<sub>s</sub> katla maksumuseks on 25-45 MEEK (2,5-4,5 MEEK/MW<sub>s</sub>)**.

Vastavalt ptk. 1.4 eeldame, et kaugküttevee tsirkulatsioonipumpade süsteem koosneb kahest **110-120 kW** elektrilise võimsusega pumbast, sagedusmuunduritest, juhtimisautomaatikast ja vajalikust sulgemisarmatuurist. Tsirkulatsioonipumpade süsteemi hinnanguliseks maksumuseks on **1-1,5 MEEK**. Maksumuse määravad eelkõige valitud pumpade tüüp ning automaatika tase.

#### 4.1.2. Optimaalne kasutustundide arv

Ühe biokütustel töötava katlaga katlamaja valikul oleme lähtunud sellest reeglist, et katlamaja peab olema ehitatud kaugkütte piirkonnas, mille koormusgraafik võimaldaks katlamajal töötada nimikoormusele taandatud 4000-5000 töötundi aastas. Alla 4000 nimikoormusele taandatud töötundide arvu puhul on otstarbekas kasutada teise võimsusega katelt.

Ühe 50 MW<sub>s</sub> katlaga kaugkütte katlamajale iseloomulik koormusgraafik on toodud joonisel 4.1.



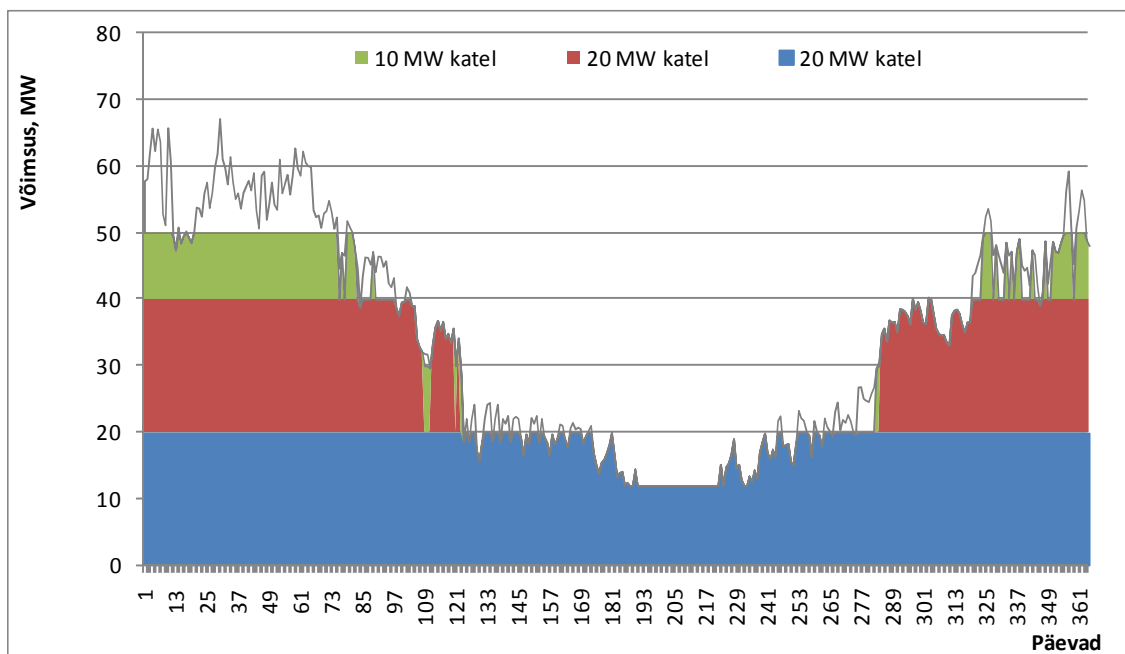
Joonis 4.1. Ühe 50 MW<sub>s</sub> katlaga katlamaja soojuskoormuste näidisgraafik



Joonisel 4.1. olev katlamaja töögraafik on koostatud kaugküttepiirkonna soojuse koormusgraafiku alusel mis sobib ühe katlaga katlamajale. Sellel konkreetsel näitel katlamaja töötab ~4460 nimikoormusele taandatud töötundi ja toodab ~223 000 MWh aastas. 50 MW<sub>s</sub> katel ei ole sobiv töötamiseks suvisel madalal soojuskoormusel kui katla koormuseks on alla 50%.

Joonisel 4.2 on toodud sama kaugküttepiirkonna soojuskoormuse graafiku alusel koostatud kolme katlaga (vastavalt tööülesandele 2x20MW<sub>s</sub> ja 1x10 MW<sub>s</sub>) 50 MW<sub>s</sub> koguvõimsusega katlamaja töögraafik.

Võrreldes ühe katlaga varianti sama kogu installeeritud võimsuse juures on mitme katlaga katlamaja töö paindlikum ja täiuslikum. Üks väiksema võimsusega katel võib edukalt töötada ka suvisel soojuskoormusel. Seda näitab ka nimikoormusele taandatud ~5600 täistöötundi aastas (soojuse toodang 280 000 MWh aastas).



**Joonis 4.2. Kolme katlaga (2x20MW ja 1x10MW) 50 MW<sub>s</sub> katlamaja soojuskoormuste näidisgraafik**

Mitmete, erineva võimsusega katlaga katlamaja eeliseks on:

- Soojusvarustuse kõrgem stabiilsus. Katlamaja saab töötada ka suveperioodil katla nimikoormusel; suvel ja üleminekute perioodidel reservi olemasolu;
- Katlamaja poolt on võimalik aastaringelt väljastada rohkem soojust kui ühe suure katlaga katlamajast;
- Talvel katla planeerimata seisaku korral väheneb katlamajast väljastav soojuse kogus, kuid soojusvarustus ei katke;
- Tööde korrapärasel planeerimisel saab hooldustööd teha katlamaja töötamisel vastavalt kaugküttepiirkonna soojuse vajadusele.

Mitmete tahkekütuste katlaga katlamaja lahenduse otstarbekust tuleb vaadelda igal konkreetsel juhul, arvestades kaugkütte piirkonna soojuse vajadus, soojuse tarbimise



koormusgraafikut, nõudmisi soojusvarustuse stabiilsusele, olemasolevate soojuse tootmisvõimsuste struktuuri jne. Lähtudes majanduslikult optimaalsest lahendusest kujuneb ka mitmete katlaga katlamaja optimaalne nimikoormusele taandatud töötundide arv.

Selles peatükis käsitleva katlamaja katelde arvu ja võimsuste valiku korral hinnanguliseks optimaalseks kasutustundide arvuks on **~5000-6000 nimikoormusele taandatud töötundi aastas.**

Aastaringelt püsiva arvestatava soojuse vajadusega tarbija(te) olemasolul kaugkütte piirkonnas võib katlamaja optimaalne kasutustundide arv olla veelgi suurem.

#### **4.1.3. Kasutegur**

Kaasaaegse biokütustel töötava respõletuskateldega 50 MW<sub>s</sub> katlamaja soojuslik nimikasutegur on piirides **85-90%**.

#### **4.1.4. Elektrienergia erikulu**

50 MW<sub>s</sub> respõletuskateldega katlamaja elektri erikulu on **15-25 kW<sub>el</sub>/MW<sub>s</sub> ehk ühikvõimsusega 0,75-1,25 MW<sub>el</sub>.**

#### **4.1.5. Lisakütuse kasutamise vajadus**

Restkoldega katla üleskütmisega saavutatakse olukord, mis on vajalik tahke biokütuse süttimiseeliseks kuivamiseks ja pürolüüsiks (protsessid, mis tarbivad soojust) ning kütuse süttimiseks ja põlemiseks. Turba ja puidu süttimistemperatuur restkoldega katlas on vahemikus 350-600°C, sõltudes tingimustest. Samas, biokütuste normaalseks süttimiseks ja põlemiseks peab kolde soovituslik temperatuur olema niiske kütuste korral mitte alla 800°C.

Restkoldega veesoojenduskatelde lisakütuse põletite võimsus on tavaliselt 10-30% katla nimivõimsusest. Käivitamine külmast seisakust võtab keskmiselt 4-6 tundi.

Kaasaaegsete restkoldega katelde planeeritud pikaajaliste seisakute arv on 1-2 seisakut aastas. Katlamaja töötamisel mitme katlaga nende seisakute arv on suurem. See on seotud kaugküttepiirkonna soojuskoormusgraafiku iseloomust tulenevast katlamaja katelde töötamise režiimist.

Arvestades võimalikke mitteplaneeritud seisakuid eeldame, et iga katla külmast olekust üleskütmise vajadus on keskmiselt ~8 korda aastas, baaskoormuse katlal vähem, tipukoormuse katlal rohkem.

50 MW<sub>s</sub> koguvõimsusega 2x20MW<sub>s</sub> ja 1x10 MW<sub>s</sub> restkoldega kateldega katlamaja kõigi katelde üheks üleskütmiseks läheb ca **20-90 MWh** lisakütust ehk **160-720 MWh aastas.**

Juhul, kui katlamajas kasutakse kõrge niiskuse sisaldusega (üle 55%) biokütust, võib lisakütuse kasutamine olla oluliselt suurem.



## 4.2. Suitsugaaside pesur

Kasutades keskmiselt  $W^t = 45\%$  niiskusega biokütust, ning eeldades et tagastuva kaugkütte vee temperatuur on keskmiselt  $t_{tagastav} = 50-55^\circ\text{C}$ , siis optimaalseks suitsugaaside pesuri võimsuseks kujuneb ~18-22% katelde soojuslikust nimivõimsusest. 50 MW<sub>s</sub> võimsusega hakkpuitu ja turvast kütuseks kasutava katlamaja korral on see ~9-11 MW.

Lepingus mainitud 18 MW nimivõimsusega suitsugaaside pesuri paigaldus on tehniliselt otstarbekas suurema niiskusesisalduse ja/või väiksema tagastava kaugküttevee temperatuuri korral (vt. ptk 1.3).

Järgmistes peatükkides (ptk 4.2.1 ja 4.2.2) vaatleme **10 MW<sub>s</sub>** nimivõimsusega suitsugaaside pesuri investeeringu maksumust ja elektrienergia erikulu. **18 MW<sub>s</sub>** nimivõimsusega suitsugaaside pesuri maksumus ja elektrienergia erikulu on toodud ptk. 2.2.1 ja 2.2.2.

### 4.2.1. Investeeringu maksumus

10 MW<sub>s</sub> nimivõimsusega suitsugaaside pesuri investeeringu hinnanguliseks maksumuseks on **22-26 MEEK** ehk ühikmaksumusega **2,2-2,6 MEEK/MW<sub>s</sub>**.

### 4.2.2. Elektrienergia erikulu

Suitsugaaside pesuri elektrienergia erikulu hinnatakse tasemel **5-7 kW<sub>el</sub>/MW<sub>s</sub>**, mis moodustab keskmiselt **50-70 kW<sub>el</sub>** kondensaatori töötamisel nimikoormusel.

## 4.3. Tegevuskulud

Tegevuskulude komponentide hinnang tugineb peatükis 1.6 käsitletud tegevuskulude jaotusele ja analüüsile. Katlamaja tegevuskulude komponentide detailsemad sõltuvused kasutavast kütusest on toodud peatükis 4.4.

50 MW<sub>s</sub> koguvõimsusega 2x20 MW<sub>s</sub> ja 1x10 MW<sub>s</sub> kateltega hakkpuitu ja/või turvast kütuseks kasutava katlamaja tegevuskulusid hindame järgmisel tasemel:

- Püsikulud **8,8-16 MEEK** aastal
- Muutuvkulud **19-77 EEK/MWh**
- Nimikoormusele taandatud 5500 töötunniga aastas 50 MW<sub>s</sub> katlamaja hinnangulised tegevuskulud on **51-135 EEK/MWh**.

#### 4.4. Kokkuvõte

Tabelis 4.1 on toodud katlamaja, katla, suitsugaaside pesuri ja ringluspumpade süsteemi maksumuste ja muude tehnilises ülesandes mainitud tegurite hinnangulised väärtused.

**Tabel 4.1 Katlamaja, katla, suitsugaaside pesuri ja ringluspumpade süsteemi maksumuste ja muude tegurite hinnangulised väärtused**

KATLAMAJA									
Soojuslik võimsus	Kasutegur	Optimaalne kasutustundide arv <sup>2</sup>	Katlamaja maksumus		Katelde maksumus		Elektrikulu		Lisakütuse kasutamine
			MW	%	h aastas	MEEK/MW <sub>s</sub>	MEEK	MEEK/MW <sub>s</sub>	
50	85-90	5000-6000	5-8	250-400	2,1-3,9	105-195 <sup>1</sup>	15-25	0,75-1,25	160-720

<sup>1</sup>- 20 MW<sub>s</sub> restpõletuskatla maksumus on 40-75 MEEK, ja 10 MWs katla maksumus on 25-45 MEEK

<sup>2</sup>- katlamaja nimikoormusele taandatud kasutustundide arv

SUITSUGAASIDE PESUR				
Soojuslik võimsus	Maksumus		Elektrikulu	
	MW	MEEK/MW <sub>s</sub>	MEEK	kW <sub>el</sub> /MW <sub>s</sub>
18	1,9-2,2	35-40	3-5	54-90
10	2,2-2,6	22-26	5-7	50-70

RINGLUSPUMPADE SÜSTEEM		
Elektriline nimivõimsus	Effektiivsus nimikoormusel	Maksumus
kW	%	MEEK
110-120	65-80	1-1,5

**Tabel 4.2 – Katlamaja tegevuskulude komponentide hinnangulised väärtused**

MUUTUVKULUD						
Kütus	Puit		Turvas		Puit/turvas	
	100		100		50/50	
Osa %	EEK/MWh min	EEK/MWh maks	EEK/MWh min	EEK/MWh maks	EEK/MWh min	EEK/MWh maks
Keskkonnamaksud	1,5	1,5	16,8	16,8	9,2	9,2
Tuha käitlus	1,6	3,1	11,1	27,8	6,3	15,5
Elektrikulu	15,0	25,0	15,0	25,0	15,0	25,0
Vesi, kanalisatsioon, kemikaalid	1,1	5,5	1,1	5,5	1,1	5,5
Lisakütus	0,05	1,8	0,05	1,8	0,05	1,8
<b>Kokku</b>	<b>19</b>	<b>37</b>	<b>44</b>	<b>77</b>	<b>32</b>	<b>57</b>

PÜSIKULUD		
	EEK/MWh min	EEK/MWh maks
Palgakulu	13	19
Remondi- ja hoolduskulud, muud kulud	19	40
<b>Kokku</b>	<b>32</b>	<b>58</b>



Nagu näeme on 50 MW<sub>s</sub> koguvõimsusega kolme restkoldega katlaga 2x20MW<sub>s</sub> ja 1x10 MW<sub>s</sub> koguinvesteering väiksem kui ühe 50 MW<sub>s</sub> keevkihtkoldega katla puhul. Samuti võimaldab kolme katlaga katlamaja operatiivsemalt katta kaugküttevõrgu muutuvat soojuskoormust.

Kolme katlaga katlamaja suurema töötundide ja toodangu tõttu on väiksemad ka sellise katlamaja püsikulud toodangu ühiku kohta.

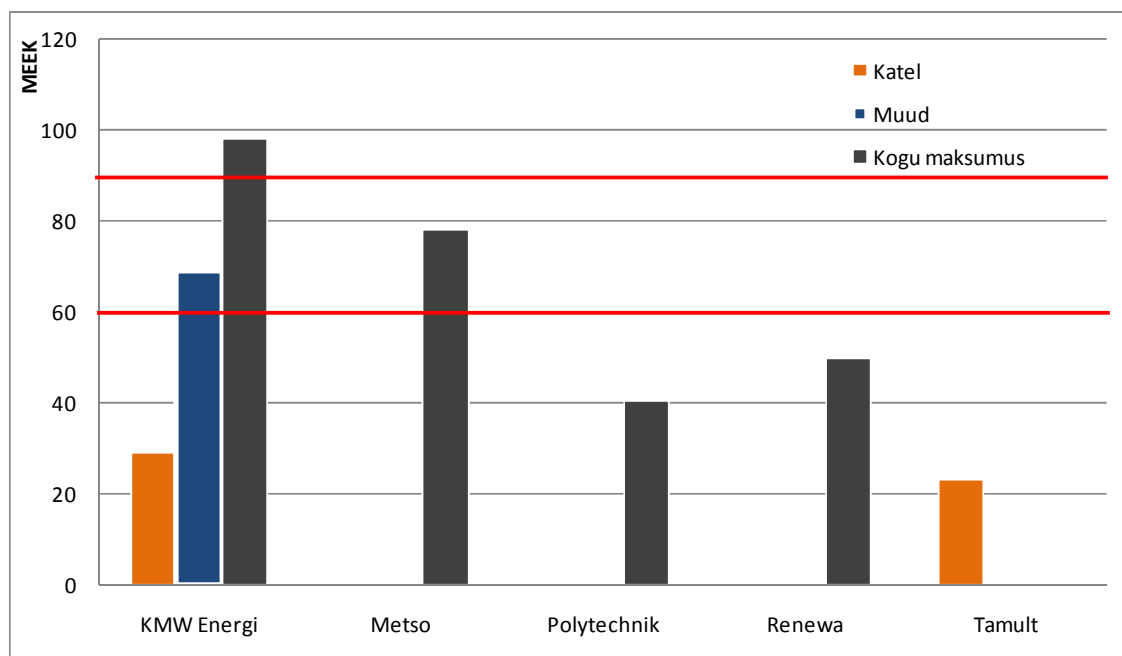
## 5. KATLAMAJA ÜHE 10 MW<sub>s</sub> VEEKUUMUTUSKATLAGA JA SUITSUGAASIDE PESURIGA

### 5.1. Katlamaja

Vastavalt töö ülesandele vaatleme respõletustehnoloogial põhineva katlaga 10 MW<sub>s</sub> katlamaja.

#### 5.1.1. Investeeringu maksumus

Ühe 10 MW<sub>s</sub> restkoldega hakkepuitu või turvast kütuseks kasutava katlaga katlamaja investeeringute hinnanguline maksumus on **60-90 MEEK (6-9 MEEK/MW<sub>s</sub>)**, kus katla maksumuseks on **25-45 MEEK (2,5-4,5 MEEK/MW<sub>s</sub>)**.



**Joonis 5.1 – Küsitluse käigus tootjate poolt pakutud hinnangulised 10 MW<sub>s</sub> restkoldekatlaga katlamaja maksumused**

Joonisel 5.1 toodud Metso, Polytechnika ja Renewa katlamajade maksumused ei sisalda omaniku inseneriteenuseid ja omaniku järelevalvet, mis hinnanguliselt moodustab 15-20% katlamaja kogumaksumusest.

Tamulti pakkumine sisaldab vaid katla ja kütuse etteande süsteemi maksumust ning paigaldamist, ei sisalda katlamaja abiseadmete ja ehituse maksumust. Üldjuhul rajab Tamult katlamajasid koostöös teiste firmadega, millised teevad siis ehitustöid.

Lisades kõigi pakkumiste hindadele pakkumuses puuduvad osad saame 10 MW<sub>s</sub> võimsusega katlamajade keskmiseks üldmaksumuseks 60-90 milj. EEK. Odavaim käsitletutest on Eesti firma Tamult poolt rajatud katlamaja ja kalleimaks vaadelduist on Rootsi firma KMW Energi pakkumine.





Vastavalt ptk. 1.4 eeldame, et kaugküttevee tsirkulatsioonipumpade süsteem koosneb kahest ~20-25 kW elektrilise võimsusega pumbast, sagedusmuunduritest, juhtimisautomaatikast ja vajalikust sulgemisarmatuurist. Tsirkulatsioonipumpade süsteemi hinnanguliseks maksumuseks on **0,25-0,35 MEEK**.

### **5.1.2. Optimaalne kasutustundide arv**

Ühe 10 MW<sub>s</sub> biokütustel töötava restkoldega katlaga katlamaja peab olema ehitatud kaugkütte piirkonnas, mille koormusgraafik võimaldaks katlamajal töötada nimikoormusele taandatud **4000-5000** töötundi aastas. Alla 4000 nimikoormusele taandatud töötundide arvu puhul on otstarbekas kasutada väiksema võimsusega katelt.

Aastaringselt püsiva arvestatava soojuse vajadusega tarbija(te) olemasolul kaugkütte piirkonnas on katlamaja optimaalne kasutustundide arv suurem.

### **5.1.3. Kasutegur**

Kaasaaegse biokütustel töötava restkoldega 10 MW<sub>s</sub> katlamaja soojuslik nimikasutegur on piirides **85-90%**.

### **5.1.4. Elektrienergia erikulu**

10 MW<sub>s</sub> restkatlaga katlamaja elektri erikulu on **15-25 kW<sub>e</sub>/MW<sub>s</sub> ehk ühikvõimsusega 0,15-0,25 MW<sub>e</sub>**.

### **5.1.5. Lisakütuse kasutamise vajalikkus**

Restkoldega katla üleskütmisega saavutatakse olukord, mis on vajalik tahke biokütuse süttimiseeliseks kuivamiseks ja pürolüüsiks (protsessid, mis tarbivad soojust) ning kütuse süttimiseks ja põlemiseks. Turba ja puidu süttimistemperatuur restkoldega katlas on vahemikus 350-600°C, sõltudes tingimustest. Samas, biokütuste normaalseks süttimiseks ja põlemiseks peab kolde soovituslik temperatuur olema niiske kütuste korral mitte alla 800°C.

Restkoldega veesoojenduskatelde lisakütuse põletite võimsus on tavaliselt 10-30% katla nimivõimsusest. Käivitamine külmast olekust võtab keskmiselt 4-6 tundi.

Kaasaaegsete restkoldega katelde planeeritud pikaajaliste seisakute arv on 1-2 seisakut aastas. Arvestades võimalikke mitteplaneeritud seisakuid eeldame, et katla külmast olekust üleskütmise vajadus on ~4 korda aastas.

10 MW<sub>s</sub> restkoldega katla üheks üleskütmiseks läheb ca **4-18 MWh** lisakütust, ehk **16-72 MWh aastas**. Samas, nimikoormusele taandatud 4500 töötundi juures vaadeldav katel tarbib ~53 000 MWh biokütust aastas.

**Lisakütuse osakaal kütuse bilansis jääb olematuks. Ka suuremate ja seisakute arvu korral (10 seisakut) lisakütuse osakaal moodustab <1%.**

Juhul, kui katlamajas kasutakse kõrge niiskuse sisaldusega (üle 55%) biokütust, võib lisakütuse kasutamine olla oluliselt suurem.

## 5.2. Suitsugaaside pesur

Kasutades keskmiselt  $W^t = 45\%$  niiskusega biokütust, ning eeldades et tagastuva kaugkütte vee temperatuur on keskmiselt  $t_{tagastav} = 50-55^\circ\text{C}$ , siis optimaalseks suitsugaaside pesuri võimsuseks kujuneb  $\sim 17-23\%$  katla nominaalsest soojuslikust võimsusest. 10 MW<sub>s</sub> võimsusega hakkpuitu ja turvast kütuseks kasutava katlamaja korral see moodustab  $\sim 1,7-2,3$  MW.

Vastavalt tööülesandele vaatleme järgmistes peatükkides (ptk 5.2.1 ja 5.2.2) 2 MW<sub>s</sub> nimivõimsusega suitsugaaside pesuri investeeringu maksumust ja elektrienergia erikulu.

### 5.2.1. Investeeringu maksumus

2 MW<sub>s</sub> nimivõimsusega suitsugaaside pesuri investeeringu hinnanguliseks maksumuseks on 5-6 MEEK ehk ühikmaksumusega 2,5-3 MEEK/MW<sub>s</sub>.

### 5.2.2. Elektrienergia erikulu

Suitsugaaside pesuri elektrienergia erikulu hinnatakse tasemel 8-10 kW<sub>el</sub>/MW<sub>s</sub>, mis moodustab keskmiselt 16-20 kW<sub>el</sub> kondensaatori töötamisel nimikoormusel.

## 5.3. Tegevuskulud

Tegevuskulude komponentide hinnang tugineb peatükis 1.6 käsitletud tegevuskulude jaotusele ja analüüsile. Katlamaja tegevuskulude komponentide detailsemad sõltuvused kasutatavast kütusest on toodud peatükis 5.4.

10 MW<sub>s</sub> võimsusega hakkpuitu ja/või turvast kütuseks kasutava katlamaja tegevuskulusid hinnatakse järgmisel tasemel:

- Püsikulud **2,1-3,6 MEEK** aastas
- Muutuvkulud **19-76 EEEK/MWh**
- Nimikoormusele taandatud 4500 töötundiga aastas 10 MW<sub>s</sub> katlamaja hinnangulised tegevuskulud on **66-156 EEEK/MWh**.

## 5.4. Kokkuvõte

Tabelis 5.1 on toodud katlamaja, katla, suitsugaaside pesuri ja ringluspumpade süsteemi maksumuste ja muude tehnilises ülesandes mainitud tegurite hinnangulised väärtused.

**Tabel 5.1. Katlamaja, katla, suitsugaaside pesuri ja ringluspumpade süsteemi maksumuste ja muude tegurite hinnangulised väärtused**

KATLAMAJA									
Soojuslik võimsus	Kasutegur	Optimaalne kasutustundide arv <sup>1</sup>	Katlamaja maksumus		Katla maksumus		Elektrikulu		Lisakütuse kasutamine
			MW	%	h aastas	MEEK/MW <sub>s</sub>	MEEK	MEEK/MW <sub>s</sub>	
10	85-90	4000-5000	6-9	60-90	2,5-4,5	25-45	15-25	0,15-0,25	16-72

<sup>1</sup>- katlamaja nimikoormusele taandatud kasutustundide arv

SUITSUGAASIDE PESUR				
Soojuslik võimsus	Maksumus		Elektrikulu	
MW	MEEK/MW <sub>s</sub>	MEEK	kW <sub>el</sub> /MW <sub>s</sub>	MW <sub>el</sub>
2	2,5-3	5-6	8-10	16-20

RINGLUSPUMPADE SÜSTEEM		
Elektriline nimivõimsus	Effektiivsus nimikoormusel	Maksumus
kW	%	MEEK
20-25	65-80	0,25-0,35

Tabel 5.2 - Katlamaja tegevuskulude komponentide hinnangulised väärtused

MUUTUVKULUD						
Kütus	Puit		Turvas		Puit/turvas	
Osa %	100		100		50/50	
	EEK/MWh min	EEK/MWh maks	EEK/MWh min	EEK/MWh maks	EEK/MWh min	EEK/MWh maks
Keskkonnamaksud	1,5	1,5	16,8	16,8	9,2	9,2
Tuha käitus	1,6	3,1	11,1	27,8	6,3	15,5
Elektrikulu	15,0	25,0	15,0	25,0	15,0	25,0
Vesi, kanalisatsioon, kemikaalid	1,1	5,5	1,1	5,5	1,1	5,5
Lisakütus	0,04	1,4	0,04	1,4	0,04	1,4
<b>Kokku</b>	<b>19</b>	<b>37</b>	<b>44</b>	<b>76</b>	<b>32</b>	<b>56</b>

PÜSIKULUD		
	EEK/MWh min	EEK/MWh maks
Palgakulu	37	58
Remondi- ja hoolduskulud, muud kulud	9	40
<b>Kokku</b>	<b>47</b>	<b>80</b>

Katlamaja tegevuskulude muutuvkulude osa sõltub kõige rohkem kasutatavast kütusest. Hakkpuidu kasutamisel on keskkonnatasud ja kulud tuha utiliseerimisele oluliselt väiksemad kui turba kasutamisel kütusena.

Püsikulude osa sõltub õige võimsusega valitud katlast, katlamaja käidu korraldusest ja optimaalse variandi korral võib arvestada keskmisega hinnaga eeltoodust. Ühe väiksema katlaga katlamaja korral on palga osatähtsus püsikuludes suurem kui suurema katlamaja korral.



## JÄRELDUSED JA ETTEPANEKUD

1. Käesoleva töö tegemisel katlamajade hinna analüüsil on kasutatud konsultandi kogemusi ja mitmetest katlaid valmistavatest ja paigaldavatest firmadest saadud infot: Metso (varem Noviter) ja Renewa (varem Putkimo) Soomest, KMW Energi Rootsist, HoSt Hollandist, Polytechnik Austriast, Andritz Saksamaalt, Tamult Eestist jm.
2. Firmade sama võimsusega katelde ja katlamajade maksumused erinevad kuni kaks korda ja käesolev töö annab eksperthinnangu, millistes piirides on katlamajade maksumused ja tegevuskulud.
3. Käesolevas töös käsitletud katlamaja, katla, suitsugaaside pesuri, ringluspumpade süsteemi maksumuste ja katlamaja tegevuskulude komponentide ning teiste tehnilises ülesandes mainitud tegurite hinnangulised väärtused on koondatud lisa 1.
4. 30-50 MW<sub>s</sub> võimsusega biokütusel töötavate katelde puhul eelistatakse praktikas kasutada elektri ja soojuse koostootmist ning energeetilisi katlaid ja harvem kasutatakse veekatlaid. Seetõttu pole 35-50 MW<sub>s</sub> võimsusega keevkihtkoldega veekatlad leidnud laia kasutust.
5. Biokütusel töötavate katelde kasutegur on töötamisel nimikoormusel piirides 85-90%. Restkoldega katlad on tavaliselt mõnevõrra madalama kasuteguriga jäädes toodud vahemiku alumisele poolele 85-88%. Sama võimsusega keevkihtkatelde võimsus on mõnevõrra suurem (87-90%) kui restkoldega kateldel.
6. Biokütustel töötava katla minimaalne koormus oleneb katla tüübist ja tootjast. Reeglina biokütustel töötava katla käitamine võimsusel alla 50% nimivõimsusest ei ole tehniliselt otstarbekas.
7. Veekuumuskateldegaga 10-50 MW<sub>s</sub> koguvõimsusega hakkpuitu ja turvast kütuseks kasutatavate katlamajade ühikmaksumuseks kujuneb 6-12 milj. EEK/MWh.
8. Keevkihtkoldega katelde (35-50 MW<sub>s</sub>) puhul on katlamajade erimaksumus kõrgem – 9-12 milj. EEK/MWh ja restkoldega katelde puhul (á 10-20 MW<sub>s</sub>) pisut madalam – 6-9 milj. EEK/MWh.
9. Kohalikul kütusel töötava katlamaja muutuvkulud on 20-60 EEK/MWh ja sõltuvad kõige rohkem kasutatavast kütusest: hakkpuit või turvas. Muutuvkulude põhilised komponendid on kütusest sõltuvad keskkonnatasud ja tuha utiliseerimise maksumus. Hakkpuidu kasutamisel on muutuvkulud väiksemad kui turba kasutamisel kütusena.
10. Püsikulud on 40-80 EEK/MWh ja sõltuvad oluliselt katlamaja käidu ja remondi korraldusest, töötajate arvust katlamajas ja palgatasemest piirkonnas.
11. Suitsugaaside pesuri optimaalseks võimsuseks 50% niiskusega kütuse korral on 20-25% katla nimivõimsusest. Kütuse suurema niiskuse korral võib osutada otstarbekaks kasutada suitsugaaside pesurit võimsusega kuni 30% katla võimsusest.



12. Kaugkütte katlamaja puhul on otstarbekas kaaluda mitme erineva võimsusega katla kasutamist. See võimaldab paremini reguleerida katlamaja võimsust ja töötada kateltega optimaalsel režiimil. Õieti valitud mitme katlaga katlamaja töötab reeglina rohkem nimikoormusele taandatud täistöötunde ja toodab rohkem soojust võrreldes ühe katlaga katlamajaga.
13. Ühe biokütusel töötava katlaga katlamaja võimsus tuleb valida selliselt, et katlamaja nimikoormusele taandatud töötundide arv oleks vähemalt 4000-5000 täistöötundi aastas. Mitme biokütustel töötava katlaga katlamaja võib töötada 5000-6000 nimikoormusele taandatud töötundi aastas.
14. Käesolev töö annab eksperthinnangu katelde ja katlamajade keskmisele maksumusele ja tegevuskuludele. Igal konkreetsel juhul on vajalik vaadelda, milliste katelde ja tehniliste lahendustega on tegemist ning millised nõudmised seab omanik katlamaja töökindlusele.

**Lisa 1- Katlamaja, katla, suitsugaaside pesuri, ringluspumpade süsteemi, tegevuskulude ja teiste tehnilises ülesandes mainitud tegurite hinnangulised väärtused**

KATLAMAJA									
Soojuslik võimsus	Kasutegur	Optimaalne kasutustundide arv <sup>2</sup>	Katlamaja maksumus		Katla maksumus		Elektrikulu		Lisakütuse kasutamine
MW	%	h aastas	MEEK/MW <sub>s</sub>	MEEK	MEEK/MW <sub>s</sub>	MEEK	kW <sub>el</sub> /MW <sub>s</sub>	MW <sub>el</sub>	MWh aastas
50	85-90	4000-5000	8-12	400-600	3-6	150-300	20-25	1-1,25	320-960
50	85-90	5000-6000	5-8	250-400	2,1-3,9	105-195 <sup>1</sup>	15-25	0,75-1,25	160-720
35	85-90	4000-5000	9-13	320-450	3,4-6,3	120-220	20-25	0,85-1	240-670
10	85-90	4000-5000	6-9	60-90	2,5-4,5	25-45	15-25	0,15-0,25	16-72

<sup>1</sup>- 20 MW<sub>s</sub> restpõletuskatla maksumus on 40-75 MEEK, ja 10 MWs katla maksumus on 25-45 MEEK

<sup>2</sup>- katlamaja nimikoormusele taandatud kasutustundide arv

SUITSUGAASIDE PESUR				
Soojuslik võimsus	Maksumus		Elektrikulu	
MW	MEEK/MW <sub>s</sub>	MEEK	kW <sub>el</sub> /MW <sub>s</sub>	MW <sub>el</sub>
8	2,3-2,7	18,4-21,6	6-7	48-56
10	2,2-2,6	22-26	5-7	50-70
12	2,1-2,5	25-30	4-6	48-72
18	1,9-2,2	35-40	3-5	54-90

RINGLUSPUMPADE SÜSTEEM			
Katlamaja soojuslik võimsus	Elektriline nimivõimsus	Effektiivsus nimikoormusel	Maksumus
MW	kW	%	MEEK
50	110-120	65-80	1-1,5
35	80	65-80	0,8-1,2
10	20-25	65-80	0,25-0,35

MUUTUVKULUD							
Katlamaja võimsus, MW <sub>s</sub>	Kütuse Osa %	Puit 100		Turvas 100		Puit/turvas 50/50	
		EEK/MWh	EEK/MWh	EEK/MWh	EEK/MWh	EEK/MWh	EEK/MWh
		min	maks	min	maks	min	maks
50 (4500 töötundi, 1 katel)		24	39	49	79	37	59
35		24	39	49	79	37	59
50 (5500 töötundi, 3 katelt)		19	37	44	77	32	57
10		19	37	44	76	32	56

PÜSIKULUD		
Soojuslik võimsus, MW	EEK/MWh	EEK/MWh
	min	maks
50 (4500 töötundi, 1 katel)	44	80
50 (5500 töötundi, 3 katelt)	51	86
35	32	58
10	47	80