

## Šilumos siurbLIAI biokuro katilinių efektyvumui didinti

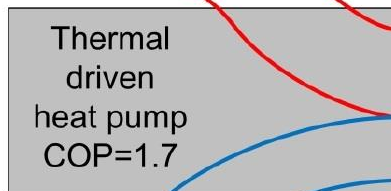
Laimonas Narbutas  
Mokslo projektų vadovas  
UAB „Enerstena“

### Absorbciniai šilumos siurbliai



Cooling of high temp. heat source (drive energy)

1 MW  
(590 kW)



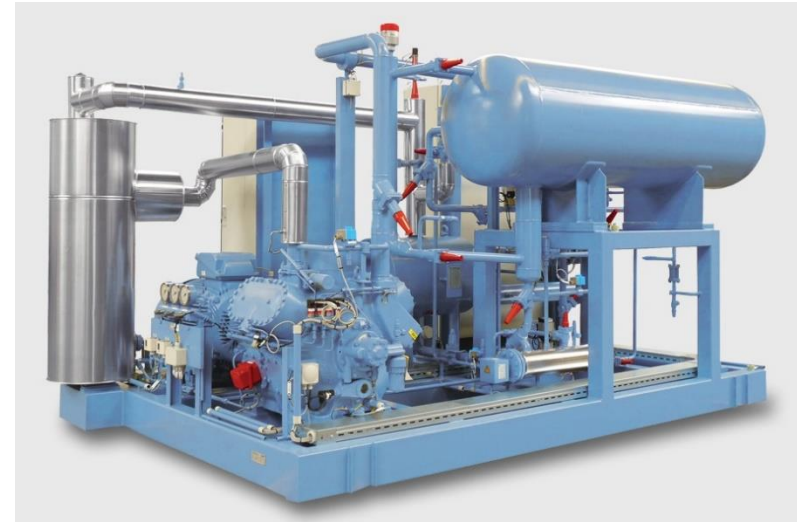
Delivered heat  
1.7 MW  
(1000 kW)

Cooling of low temp. heat source  
700 kW

(410 kW)

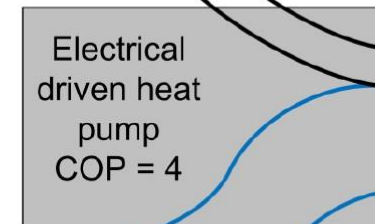
PER = 1,44 (Primary Energy Ratio)

### Kompresoriniai šilumos siurbliai



Power supply

$P_{elec} = 250 \text{ kW}$



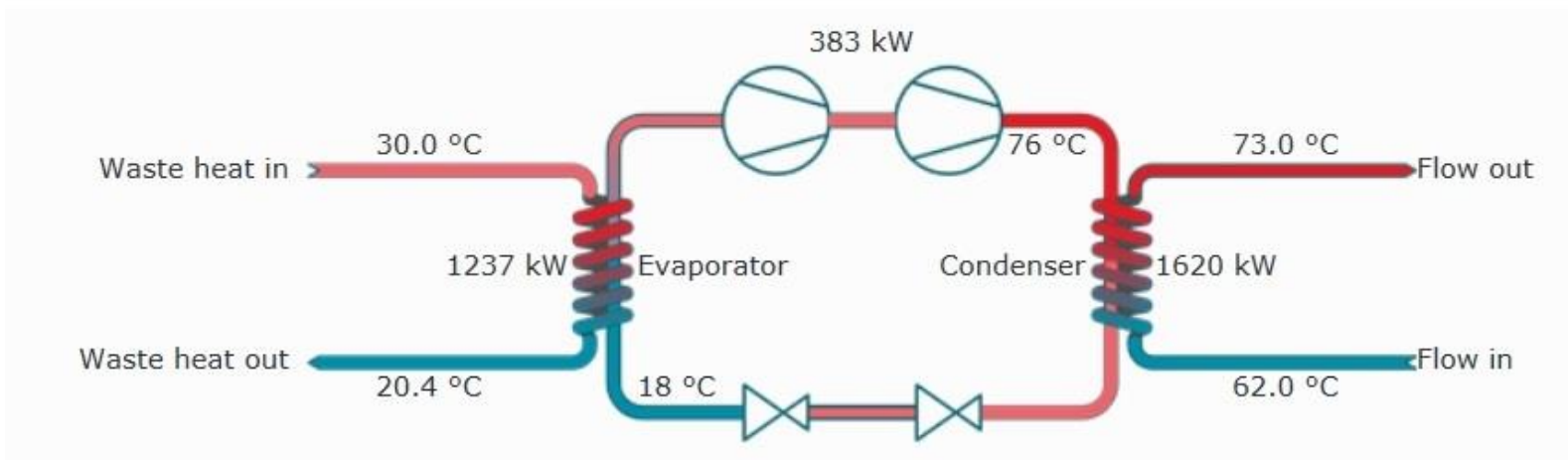
Delivered heat  
1 MW

Cooling of low temp. heat source  
750 kW

PER = 1,6

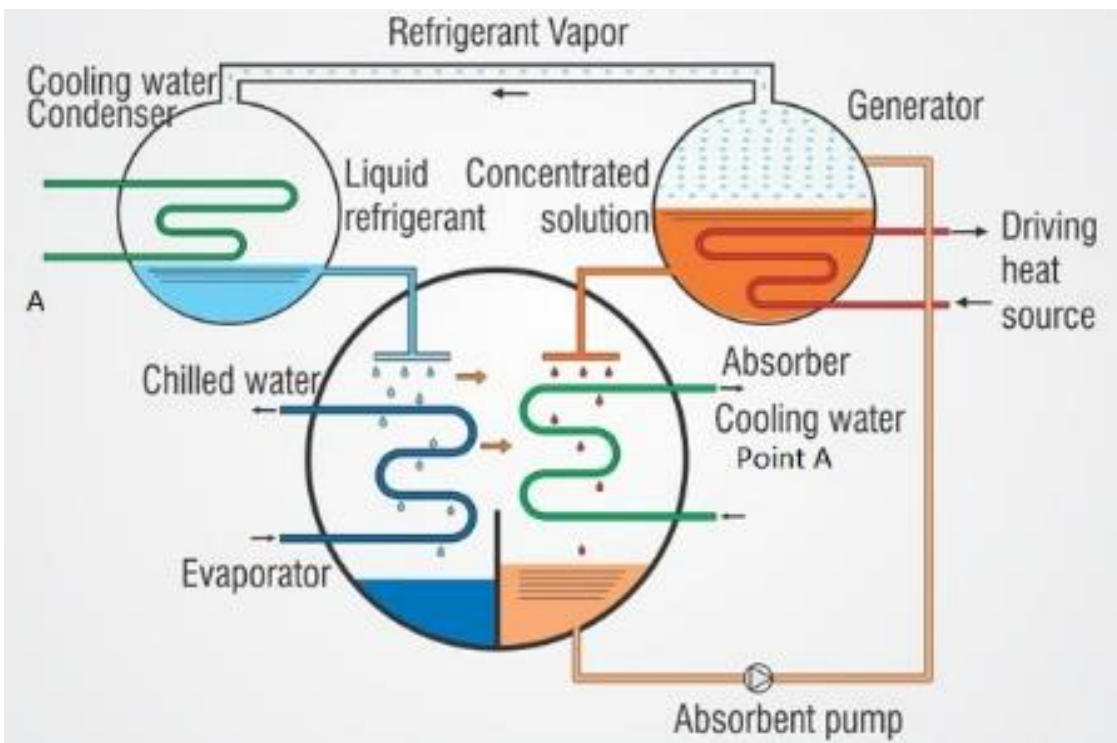
## Kompresorinio šilumos siurblio veikimo principas

Heat pump type	: 2-stage heat pump with natural refrigerant Ammonia (R717)
Capacity	: 1620 kW
Electric power	: 383 kW
COPh	: 4.2



## Absorbcinio šilumos siurblio veikimo principas

Vanduo iš kondensatoriaus (Condenser) purškiamas į išgarintuvą (Evaporator). Išgarintuve sudarytas vakuumas (0,01 bara), todėl vanduo garuoja prie žemos temperatūros (4 °C) ir per šilumokaitį šaldo cirkuliuojantį vandenį. Šis vanduo naudojamas kaip šaldiklis išoriniame kontūre.



Kondensatoriuje susidarę vandens garai patenka į absorberio (Absorber) dalį ir yra absorbuojami LiBr druskos tirpalo, kuris pasižymi aukštu higroskopiškumu – gebėjimu absorbuoti vandens molekules visame tūryje.

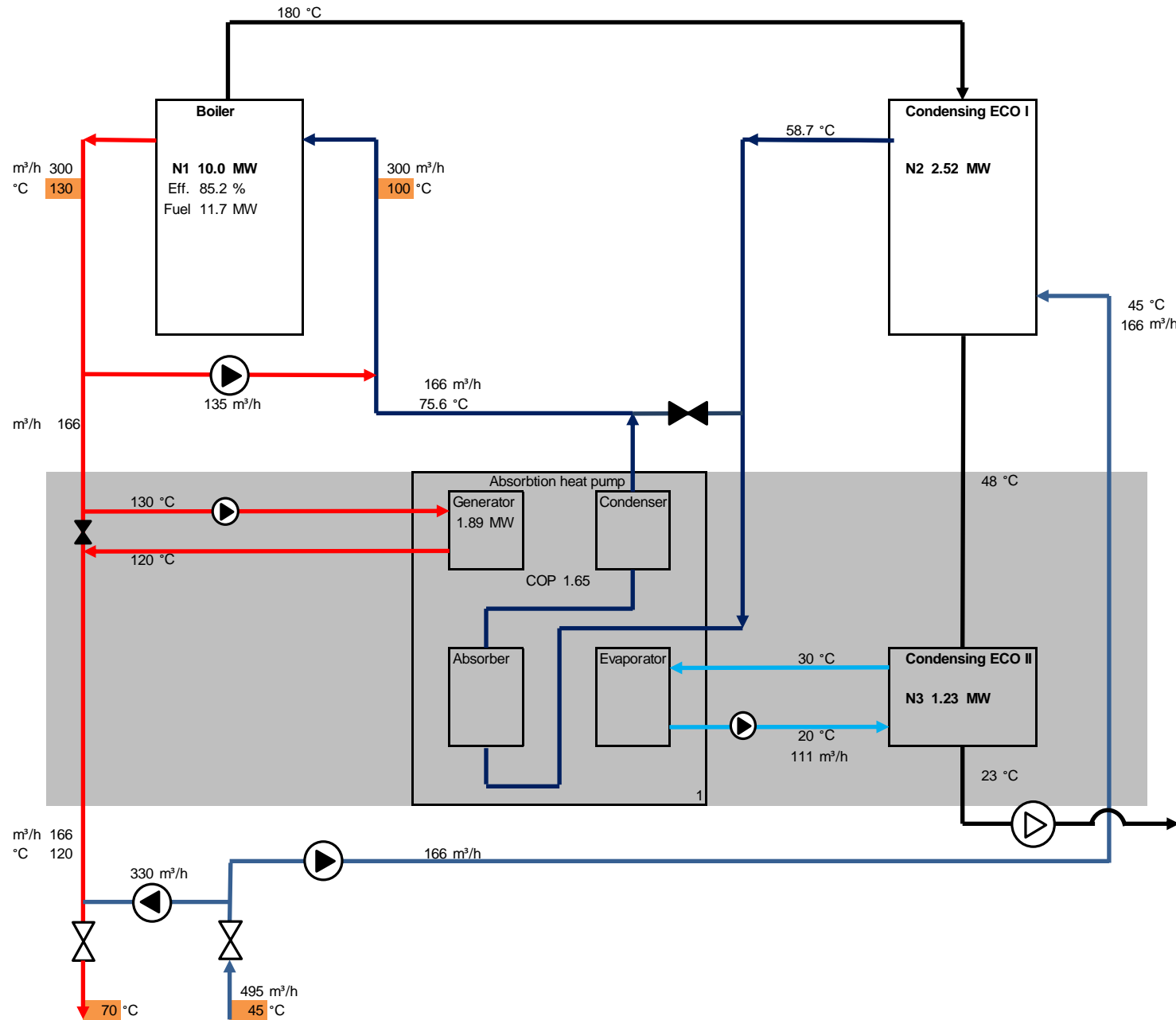
Absorberyje (Absorber) išpurškiamas aukštos koncentracijos LiBr tirpalas, kuris absorbuoja vandens garus, bet tuo pačiu ir įšyla. LiBr vandens tirpalas aušinamas per šilumokaitį su išorinio kontūro vandeniu.

Absorberio apačioje susirinkęs LiBr vandens tirpalas yra pumpuojamas į generatorių (Generator). Generatoriuje tirpalas yra kaitinamas per šilumokaitį su aukštos temperatūros srautu ir yra išgarinamas vanduo. Gaunamas koncentruotas LiBr tirpalas. Pastarasis vėl išpurškiamas į absorberį.

Genertoriuje susidarę vandens garai dėl slėgio skirtumo teka į kondensatorių (Condenser), kuriame kondensuojami, o tuo pačiu per šilumokaitį pašildomas išorinio kontūro vanduo. Kondensatoriuje susidaręs kondensatas išpurškiamas į išgarintuvą.

Tokiu būdu realizuojamas nepertraukiamas procesas, kuriam palaikyti naudojami nedidelės galios elektros siurbliai.

# Absorbicinio šilumos siurblio integravimo schema



## Input parameter table

Boiler nominal output	10 MW
Fuel type	wood
Fuel avg. Moisture	50 %
Flue gas from boiler	180 °C
O2 level in flue gas	6 %

## Output parameter table

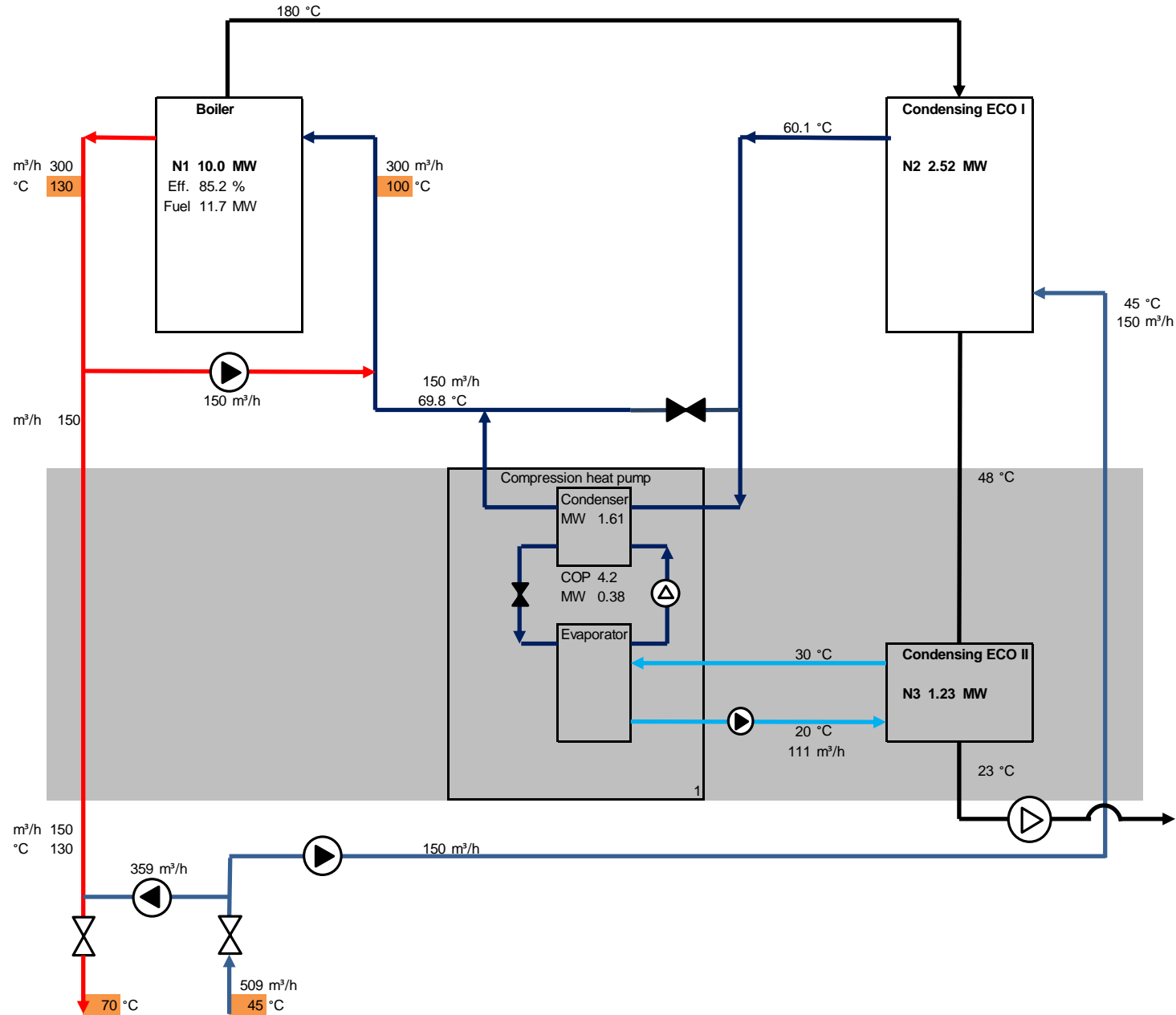
Fuel energy	11.7 MW
Boiler capacity	10.0 MW
Condensing ECO	2.52 MW
Absorbtion heat pump	1.23 MW
TOTAL Output	<b>13.7 MW</b>
COP without heatpump	107 %
COP with heat pump	<b>117 %</b>

Absorbcinis šilumos siurblys katilinėje





# Kompresorinio šilumos siurblio integravimo schema



## Input parameter table

Boiler nominal output	10 MW
Fuel type	wood
Fuel avg. Moisture	50 %
Flue gas from boiler	180 °C
O2 level in flue gas	6 %

## Output parameter table

Fuel energy	11.7 MW
Electrical energy	0.38 MW
Boiler capacity	10.0 MW
Condensing ECO	2.52 MW
Absorbtion heat pump	1.61 MW
TOTAL Output	14.1 MW
COP without heatpump	107 %
COP with heat pump	117 %

## Šilumos siurblių ekonominis vertinimas

		Absorbcinis	Kompresorinis
Parametrai			
Šilumos galia	MW	1.23	1.61
Darbo laikas per metus	Val.	8000	8000
Šilumos gamyba	MWh/metus	9829	12900
Šiluminės energijos kaina	EUR/MWh	25	25
Elektros energijos kaina	EUR/kWh	0.107	0.107
Fiksuoti kaštai*	EUR/MW	2000	2000
Kintami kaštai	EUR/MWh	2.2	26.3
Investicijos	EUR	-887000	-1015000
Išlaidos			
Fiksuoti kaštai metams	EUR	-2457	-3225
Kintami kaštai metams	EUR	-21593	-339039
Viso	EUR	-24050	-342264
Pajamos			
Parduodama šiluma	EUR	245714	322499
Balansas	EUR	221663	-19765
Atsipirkimo laikotarpis	metai	4.0	-

\*Šaltinis: Technology Data for Energy Plants for Electricity and District heating generation. August 2016



## Šilumos siurblių instaliacijos Danijoje (Thermax)

No.	Customer	Heat pump Model	Capacity (KW)	Application
1	Billund Varmeværk	ES40CP/1	824	DISTRICT HEATING
2	Bjerringbro Varmeværk	ES40BP/1	957	DISTRICT HEATING
3	Thisted Varmeforsyning	G119/1	4000	DISTRICT HEATING
4	Strandby Varmeværk	LT8 / 32	280	DISTRICT HEATING
5	Ramboll- Graasten	HS 40B P	2000	DISTRICT HEATING
6	Hurup	LT 14C	550	DISTRICT HEATING
7	Hilleroed- Eurotherm	LT 14C	500	DISTRICT HEATING
8	Toftlund Dist Heating	HS 60B TP	2000	DISTRICT HEATING
9	Dronninglund	HS 60A TP	2000	DISTRICT HEATING
10	Legumslotter	HS 60C TP	2300	DISTRICT HEATING
11	LEM	HS40B P	500	DISTRICT HEATING
12	Amager Dist Heating, Copenhagen	SS 80D P x 8	16700	DISTRICT HEATING
13	Saeby District Heating	HS 80D P	8000	DISTRICT HEATING
14	Nestvaed District Heating	SS 80D TP	13000	DISTRICT HEATING
15	Dalum District heating	SS 80B P	8000	DISTRICT HEATING
16	Droninglund district Heating	HS 60A TP	4700	DISTRICT HEATING
17	Graasten	HS 40B TP	1700	DISTRICT HEATING
18	Hammel	5G 5N P	2400	DISTRICT HEATING
19	Hanstholm	HS40B P	1500	DISTRICT HEATING
20	Thisted Varmeforsyning	HS 80A TP	8800	DISTRICT HEATING
21	Hasle	5G 5N P	2500	DISTRICT HEATING
22	LEM	HS 40B P	1250	DISTRICT HEATING
23	Helsingor	HS 60B P	1700	DISTRICT HEATING
24	Vestforbraending	G 119 X 2	17000	DISTRICT HEATING
25	Hjoerteborg	GS 30B TP	1400	DISTRICT HEATING
26	Hobro	HS 60B P	2700	DISTRICT HEATING
27	Horsens	SS 80A P	8200	DISTRICT HEATING
28	Jelling	HS 50B P	1700	DISTRICT HEATING
29	Langa	HS 20C CP	1112	DISTRICT HEATING
30	Legumstatter	HS 60C TP	5300	DISTRICT HEATING
31	Lemvig	HS 0C P	2400	DISTRICT HEATING
32	Nordalim	SS 60C P	2500	DISTRICT HEATING
33	Odense	SS 80B TP X 2	10500	DISTRICT HEATING
34	Skagen	ES 40B P X 3	9000	DISTRICT HEATING
35	Silkeborg	SD 90B TP X 2; SS 80D TP X 2	38000	DISTRICT HEATING
36	Thyboron	HS 50A P	1800	DISTRICT HEATING

## Apibendrinimai

- Absorbciniai šilumos siurbliai randa vis platesnį pritaikymą centralizuoto šildymo katilinėse skandinavijos šalyse, o ypač Danijoje.
- Jų pagrindinis privalumas yra tas, kad energijai išgauti nenaudojama papildoma elektros energija, o panaudojama aukšto potencialo šiluminė energija, kuri yra katilinės balanse.
- Esamos techninės sąlygos ir ekonominės prielaidos sudaro galimybes diegti absorbcinius šilumos siurblius Lietuvoje.
- Įdiegus tokį šilumos siurblių, galima iki 10% pagaminti daugiau šiluminės energijos, nenaudojant papildomo kuro, kas sudaro prielaidas sistemos atsipirkimui per 4 - 5 metus.
- Absorbcinių šilumos siurblių įrengimas galimas tiek biokuro, tiek ir dujinėse katilinėse.
- Kompresorinių šilumos siurblių įdiegimas prie esamų ekonominių sąlygų nėra tikslingas.