Heat Roadmap Europe 2050
A low-carbon heating and cooling strategy

4DH
4th Generation District Heating Technologies and Systems

reINVEST

3RD INTERNATIONAL CONFERENCE ON

SMART ENERGY SYSTEMS AND 4TH GENERATION DISTRICT HEATING

COPENHAGEN, 12–13 SEPTEMBER 2017

AALBORG UNIVERSITY
DENMARK

Assessment of primary energy savings through implementation of solar and heat pump hybrid in Warsaw district heating system

Marcin Bugaj, Patryk Chaja et al.

Institute of Fluid Flow Machinery PAS
Department of Distributed Energy
Institute of Heat Engineering, Warsaw University of Technology

ITC

IMP P.A.N. GDAŃSK

Centrum Badawcze PAN
Konwersja Energii i Źródła Odnawialne
KEZO

COPENHAGEN, 13 SEPTEMBER 2017

Project SUPREME

SUPREME – Twinning for a sustainable, proactive research partnership in distributed Energy systems planning, modeling and management

Agenda

1. Problems to be solved
2. Proposed solutions
3. Warsaw DHS
4. Laboratory installation
5. Measurement
6. TRNSYS Model
7. Results & Discussion
8. Conclusions

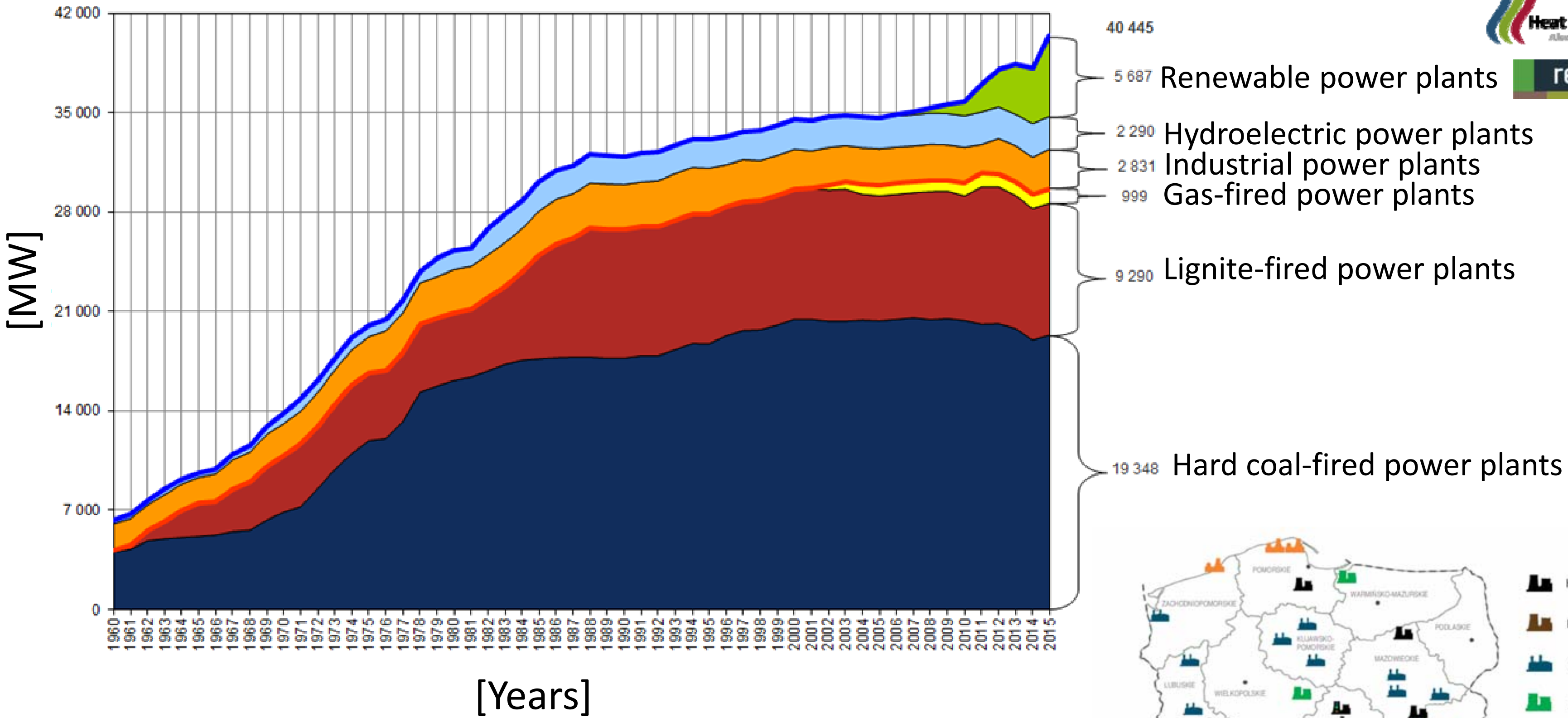
Problems

1. Too high primary energy usage

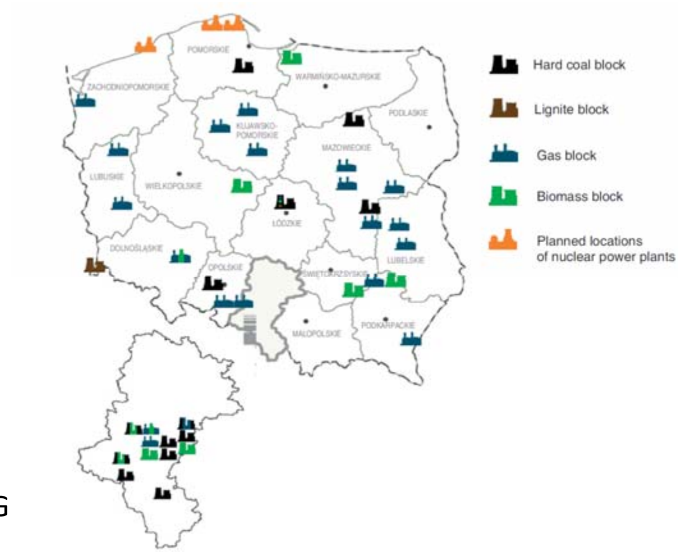
2. Smog

3. … and many others

Energy production in Poland



Electricity generation in Poland by source



Location of newly-created energy blocks

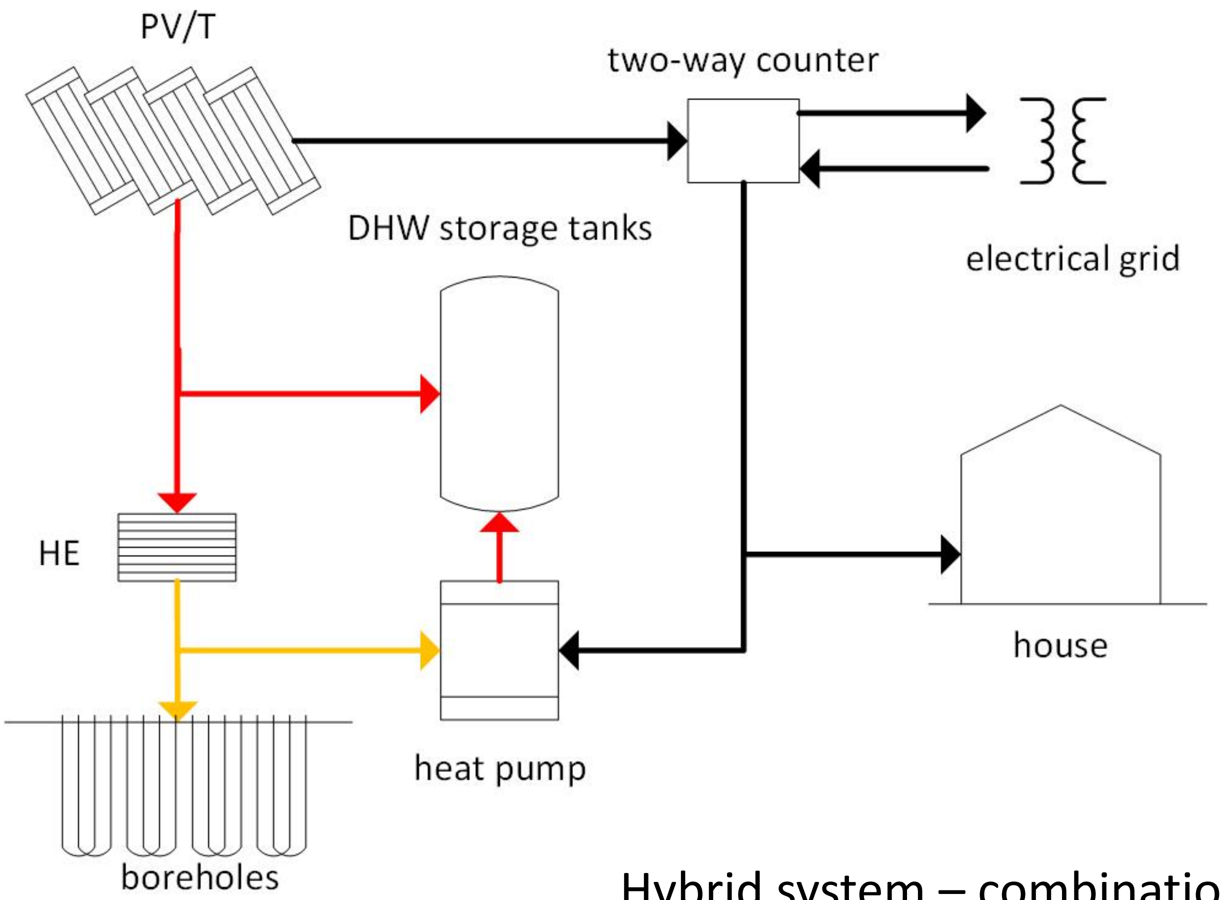
Smog

http://media.philstar.com www.crazynauka.pl

Smog

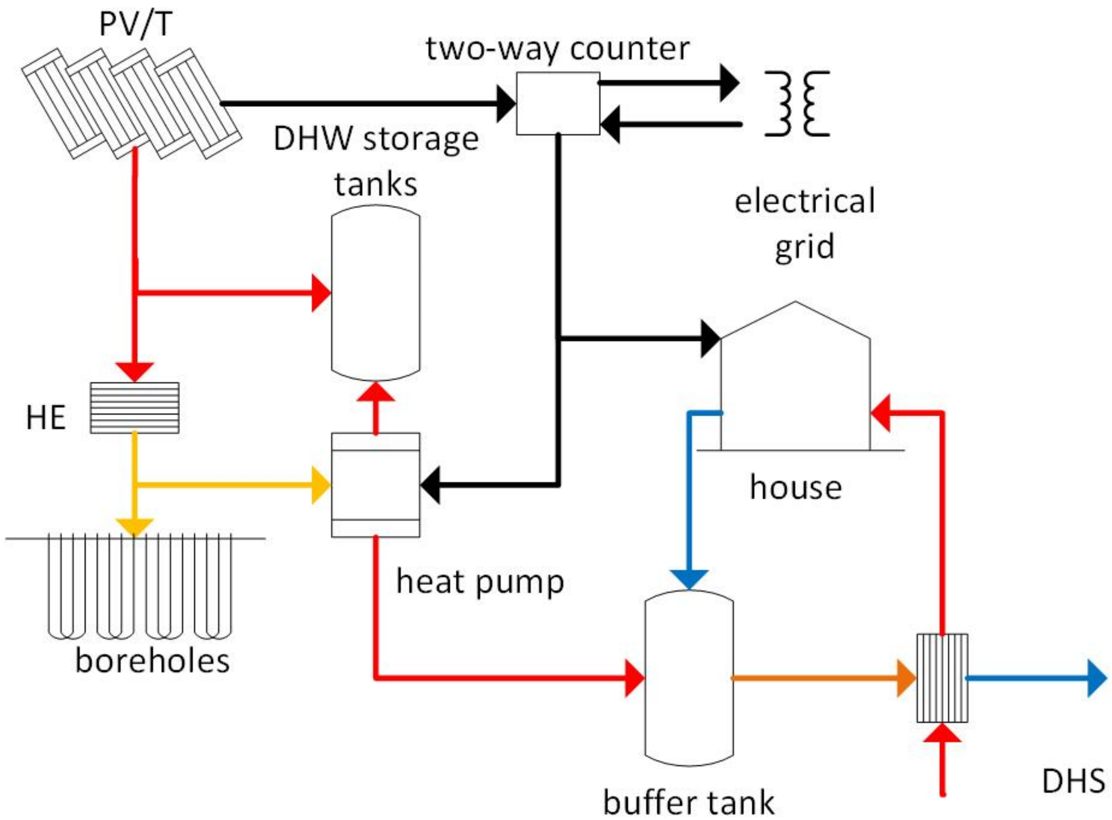
http://static.gazetapowiatowa.pl

Solution



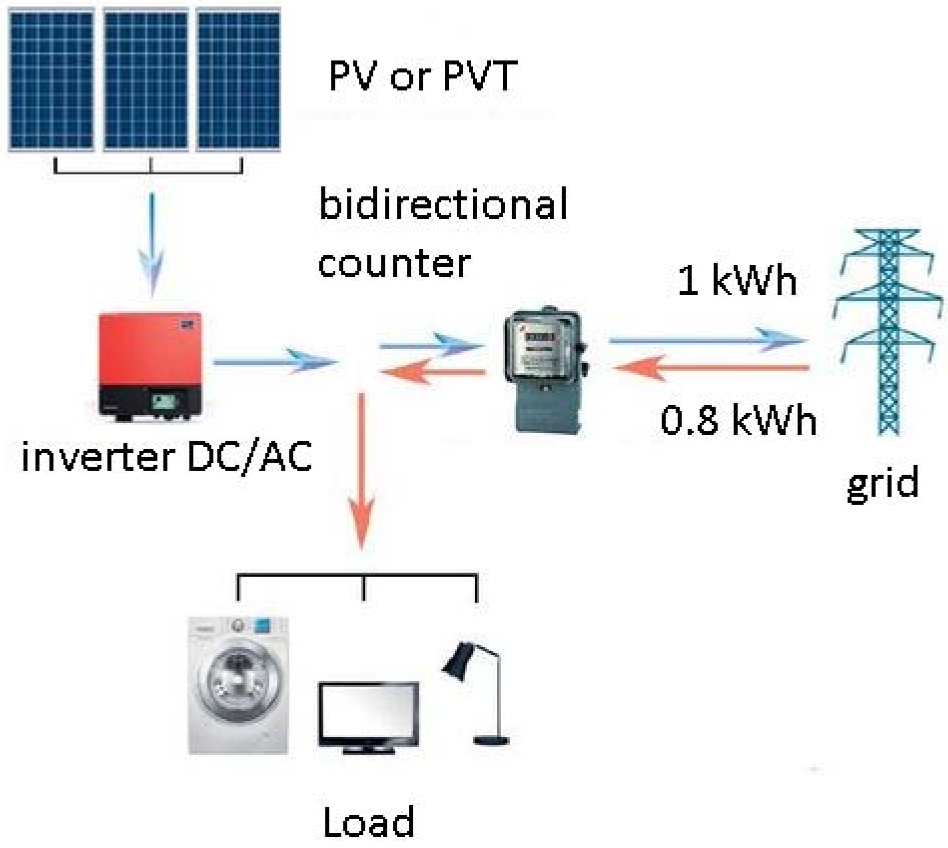
Hybrid system – combination of PV/T & HP

Solution

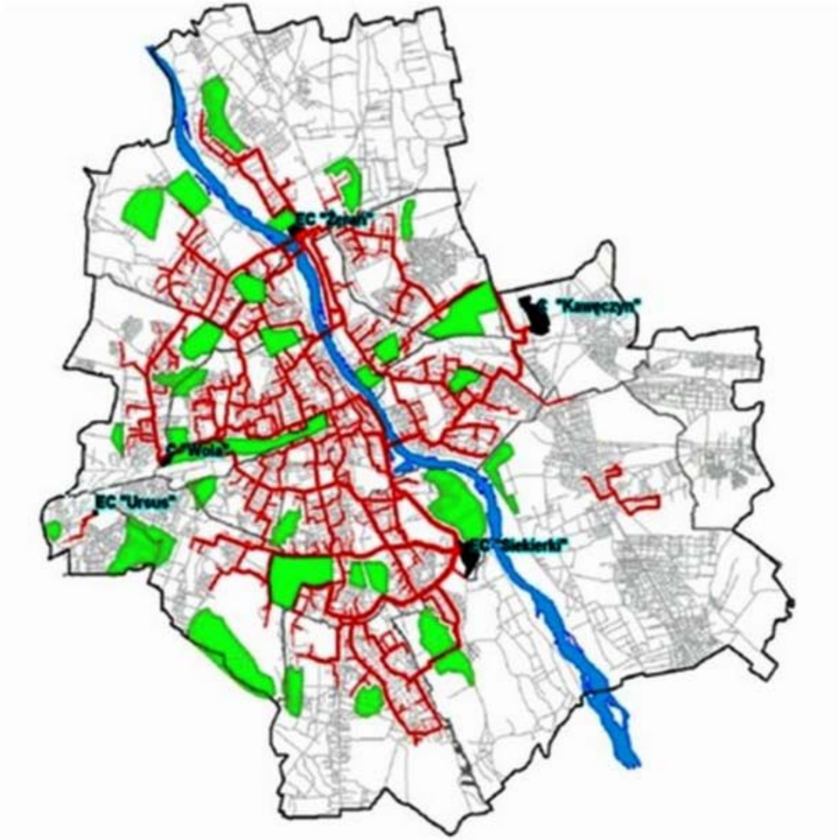


Hybrid system – combination of PV/T & HP

Prosumer opportunities



Warsaw district heating system



www.warszawskiecieplo.pl

WUT – Energy system

Energy system – Energy sources

Heat Pump SWC 230 – B0W35 22,1 kW COP 4,5

Heat Pump LWA 120 – A7W35 12,5 kW COP 3,9

DHS Compact C.H. 150 kW

Soil U-tube 3 units, double U-tube 1 unit, coaxial pipe 1 unit, 100m deep each; one spiral HE in foundations

Plate Collectors Watt 3000S 523 kWh/a 5 units

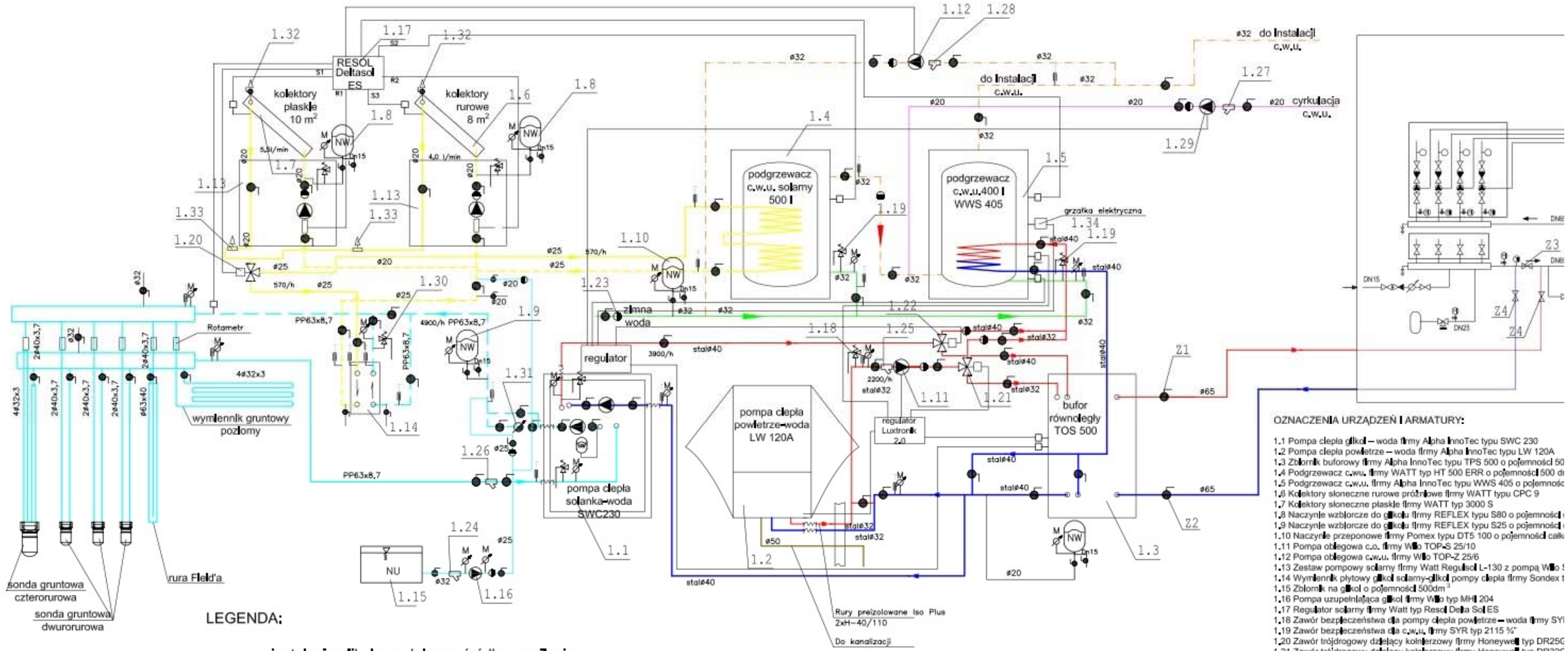
Evacuated Collectors Watt CPC 9 524 kWh/a 4 units

Hybrid PV Modules Sanyo HIT 240 HDE-4 240 Wp 5 units

Policrystaline PV Modules IBC PolySol 200VG 200 Wp 5 units

Amorphous PV Modules Sulfurcell SCG 60 HV F 60 Wp 5 units

PV/T Module Sensol EPVT 2.0 300 Wp 1 unit



LEGENDA:

- instalacja glikolowa dolnego źródła - zasilenie
- instalacja glikolowa dolnego źródła - powrót
- instalacja glikolowa solarna - zasilenie
- instalacja glikolowa solarna - powrót
- ciepła woda
- zimna woda
- cyrkulacja
- instalacja grzewcza niskoparametrowa zasilenie
- instalacja grzewcza niskoparametrowa powrót

WSPÓŁPRACA WĘZŁA Z POMPAMI CIEPŁA

PRACA WĘZŁA WYMIENNIKOWEGO C.O. SAMODZIELNA

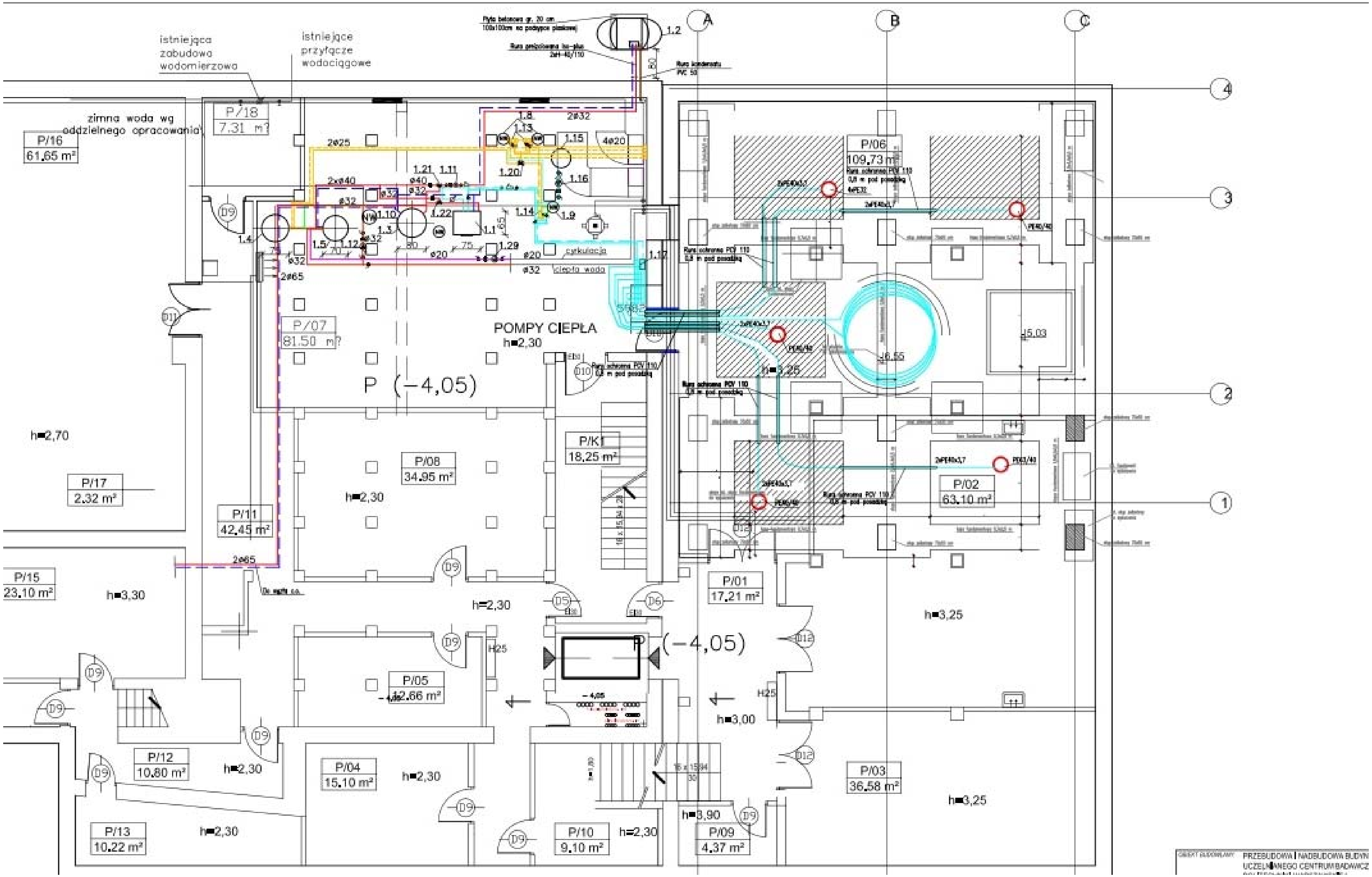
-Zawory Z5, Z4 zamknięte , zawór Z3 otwarty

PRACA WĘZŁA WYMIENNIKOWEGO C.O. Z POMPAMI CIEPŁA

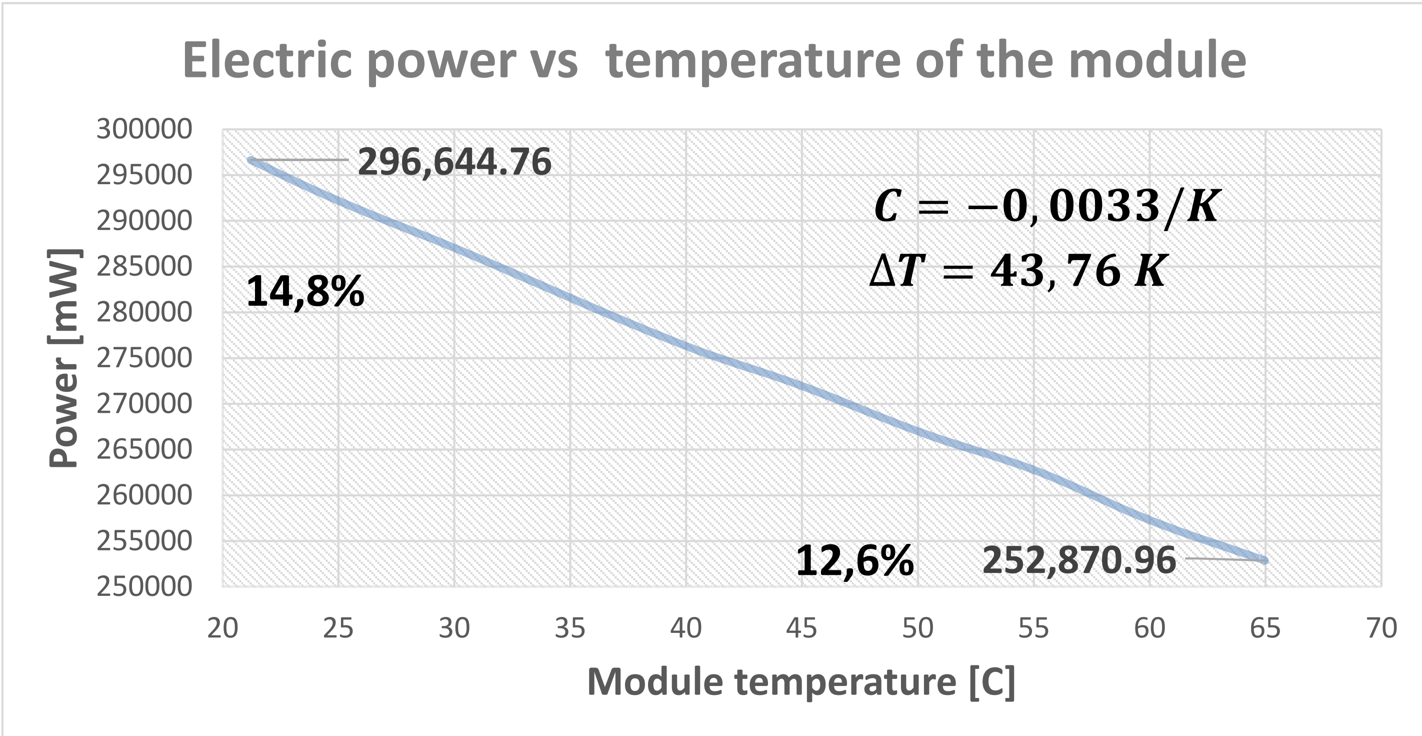
-Zawory Z1, Z2, Z4, Z5, otwarte , zawór Z3 zamkniety

OZNACZENIA URZĄDZEŃ I ARMATURY:

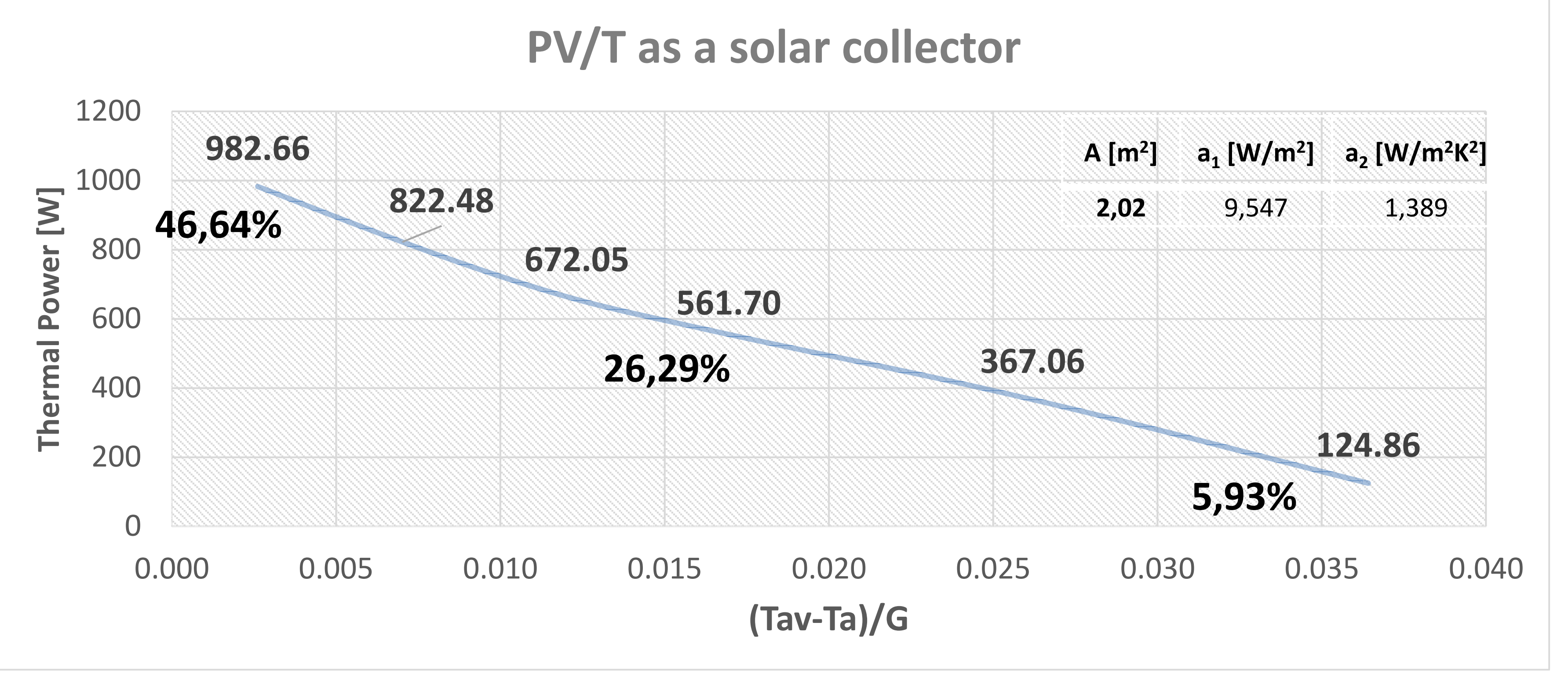
1.1 Pompa ciepła glikol – woda firmy Alpha InnoTec typu SWC 230
1.2 Pompa ciepła powietrze – woda firmy Alpha InnoTec typu LW 120A
1.3 Zbiornik buforowy firmy Alpha InnoTec typu TPS 500 o pojemności 50
1.4 Podgrzewacz c.wu. firmy WATT typ HT 500 ERR o pojemności 500 d
1.5 Podgrzewacz c.w.u. firmy Alpha InnoTec typu WWS 405 o pojemnośc
1.6 Kolektory słoneczne rurowe próżniowe firmy WATT typu CPC 9
1.7 Kolektory słoneczne płaskie firmy WATT typ 3000 S
1.8 Naczynie wzbiorcze do glikolu firmy REFLEX typu S80 o pojemności
1.9 Naczynie wzbiorcze do glikolu firmy REFLEX typu S25 o pojemności
1.10 Naczynie przeponowe firmy Pomex typu DT5 100 o pojemności całk
1.11 Pompa obiegowa c.o. firmy Wilo TOP-S 25/10
1.12 Pompa obiegowa c.w.u. firmy Wilo TOP-Z 25/6
1.13 Zestaw pompowy solarny firmy Watt Regulsol L-130 z pompą Wilo
1.14 Wymiennik płytowy glikol solarny-glikol pompy ciepła firmy Sondex t
1.15 Zbiornik na glikol o pojemności 500dm³
1.16 Pompa uzupełniająca glikol firmy Wilo typ MHI 204
1.17 Regulator solarny firmy Watt typ Resol Delta Sol ES
1.18 Zawór bezpieczeństwa dla pompy ciepła powietrze – woda firmy SY
1.19 Zawór bezpieczeństwa dla c.w.u. firmy SYR typ 2115 ¾"
1.20 Zawór trójdrogowy dzielący kołnierzowy firmy Honeywell typ DR25G
1.21 Zawór trójdrogowy dzielący kołnierzowy firmy Honeywell typ DR32G
1.22 Zawór trójdrogowy dzielący kołnierzowy firmy Honeywell typ DR40G
1.23 Zawór antyskażeniowy firmy Danfoss typu EA o średnicy Dn32
1.24 Filtr FS do c.o. o połączeniach gwintowanych Dn25
1.25 Filtr FS do c.o. o połączeniach gwintowanych Dn32
1.26 Filtr FS o do c.o. połączeniach gwintowanych Dn52
1.27 Filtr do c.w.u. o połączeniach gwintowanych Dn20
1.28 Filtr do c.w.u. o połączeniach gwintowanych Dn32
1.29 Pompa cyrkulacyjna c.w.u. Wilo Star-Z 20/1
1.30 Zawór bezpieczeństwa dla pompy ciepła powietrze – woda firmy SY
1.31 Wodomierz do wody zimnej firmy POWOGAZ typu MWN Dn40 Q=5
1.32 Szybki odpowietrznik do instalacji solarnej z zaworem odcinającym
1.33 Separator powietrza dla instalacji solarnych Dn20
1.34 Grzałka elektryczna do zasobnika c.w.u. firmy Alpha InnoTec o mocy


istniejąca zabudowa wodomierzowa
istniejące przyłącze wodociągowe
zimna woda wg oddzielnego opracowania
P/16 61,65 m²
P/18 7.31 m²
POMPY CIEPŁA
h=2,30
P (-4,05)
P/07 81.50 m²
P/08 34,95 m²
P/11 42,45 m²
P/17 2,32 m²
h=2,70
P/15 23,10 m²
h=3,30
P/K1 18,25 m²
P/06 109,73 m²
P/02 63,10 m²
P/01 17,21 m²
P/03 36,58 m²
h=3,25
P/05 12,66 m²
P/04 15,10 m²
P/12 10,80 m²
P/13 10,22 m²
P/10 9,10 m²
P/09 4,37 m²
h=3,00
h=3,90
cyrkulacja
ciepła woda
2ø25
2ø32
4ø20
2xø40
2ø65
ø32
ø20
Rura ochronna PCV 110 0,8 m pod posadzką
PRZEBUDOWA I NADBUDOWA BUDYN
UCZELNIANEGO CENTRUM BADAWCZ

Measurements - PV/T module characteristics

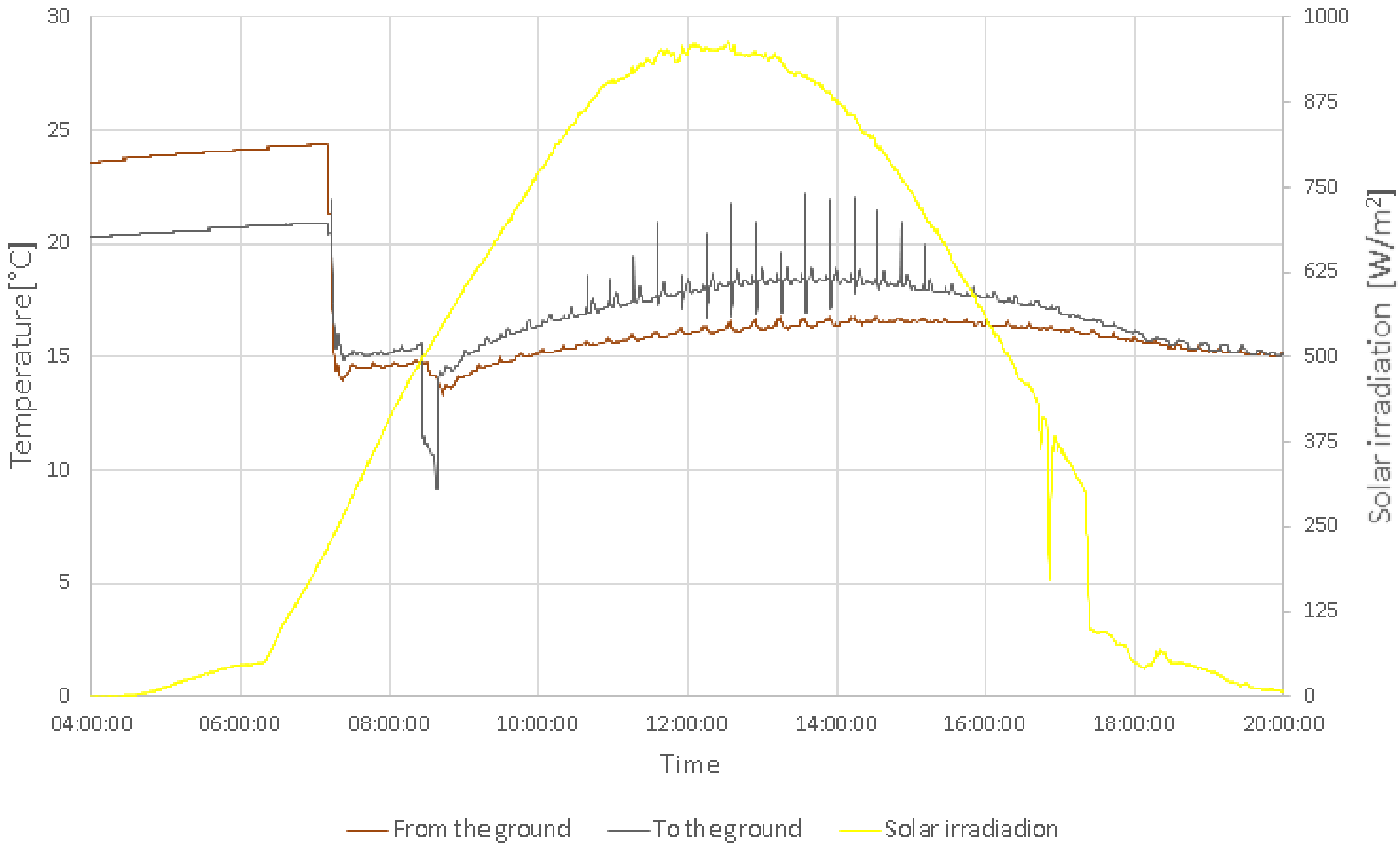


Measurements - PV/T module characteristics

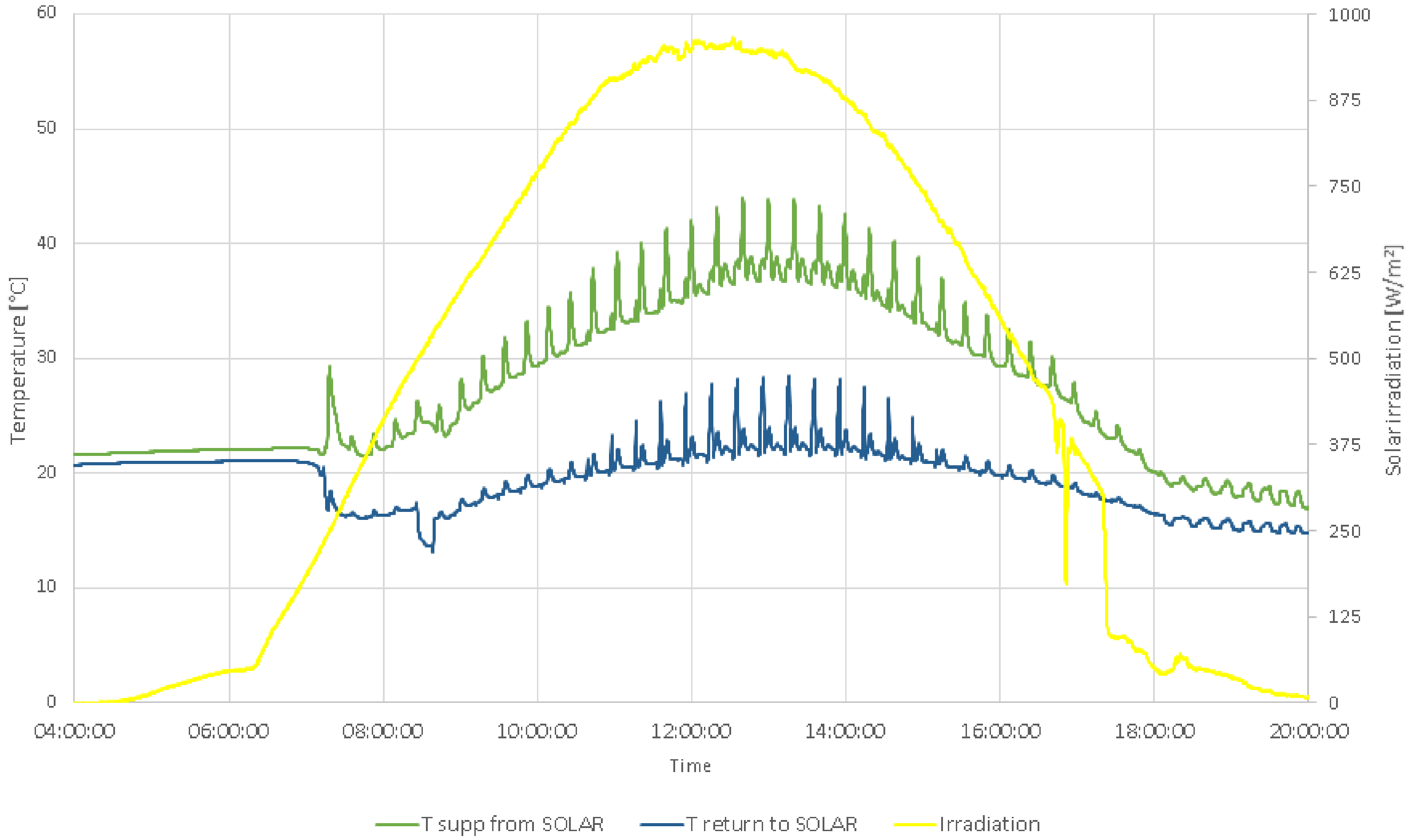


A [m²]	a_1 [W/m²]	a_2 [W/m²K²]
2,02	9,547	1,389

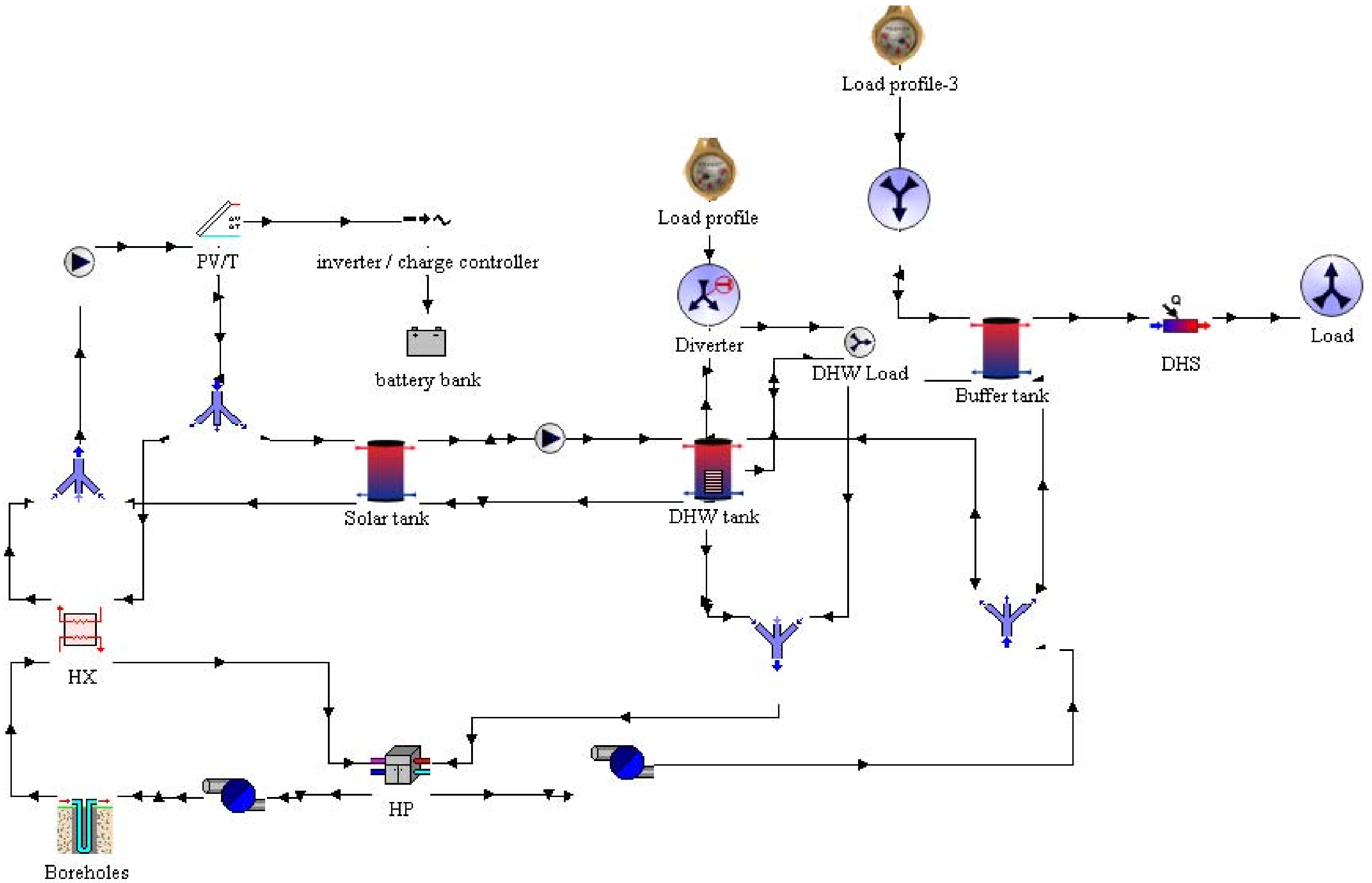
Solar regeneration parameters



Solar regeneration parameters



TRNSYS model



Cases

Domestic Hot Water purposes

1. PVT+DHW+REG+HP
2. DHW+REG+HP
3. PVT+DHW+HP
4. DHW+HP
5. PVT+REG+HP
6. REG+HP
7. PVT+HP
8. HP

Heating purposes

1. PVT+DHW+REG+HP+DHS
2. DHS

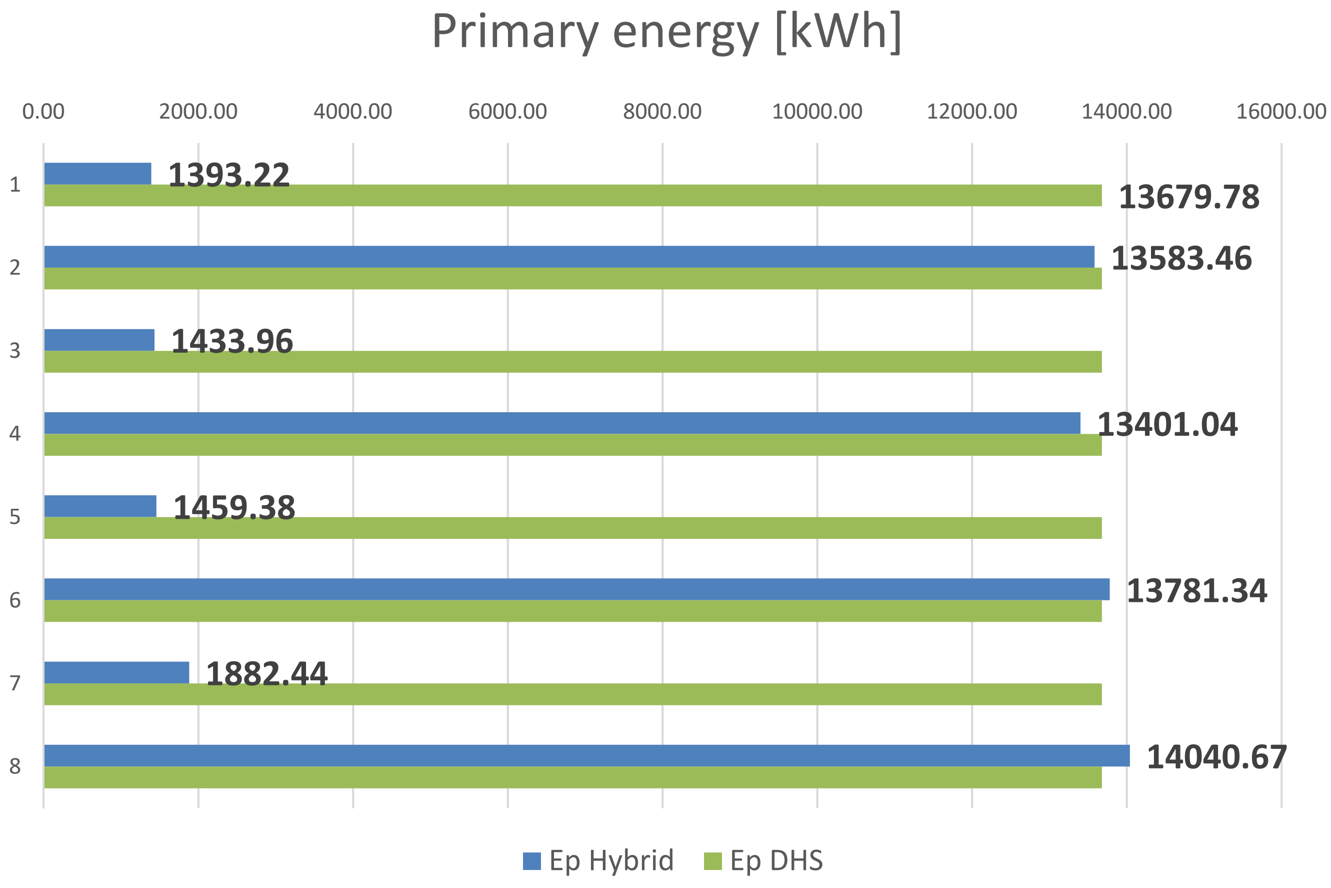
Primary Energy

$$E_p = w_i * E_n$$

$w_{i-HP} = 3$
$w_{i-DHS} = 0,68$

SPF>4,41

Results – DHW purposes



SPF = 4,21

SPF = 4,17

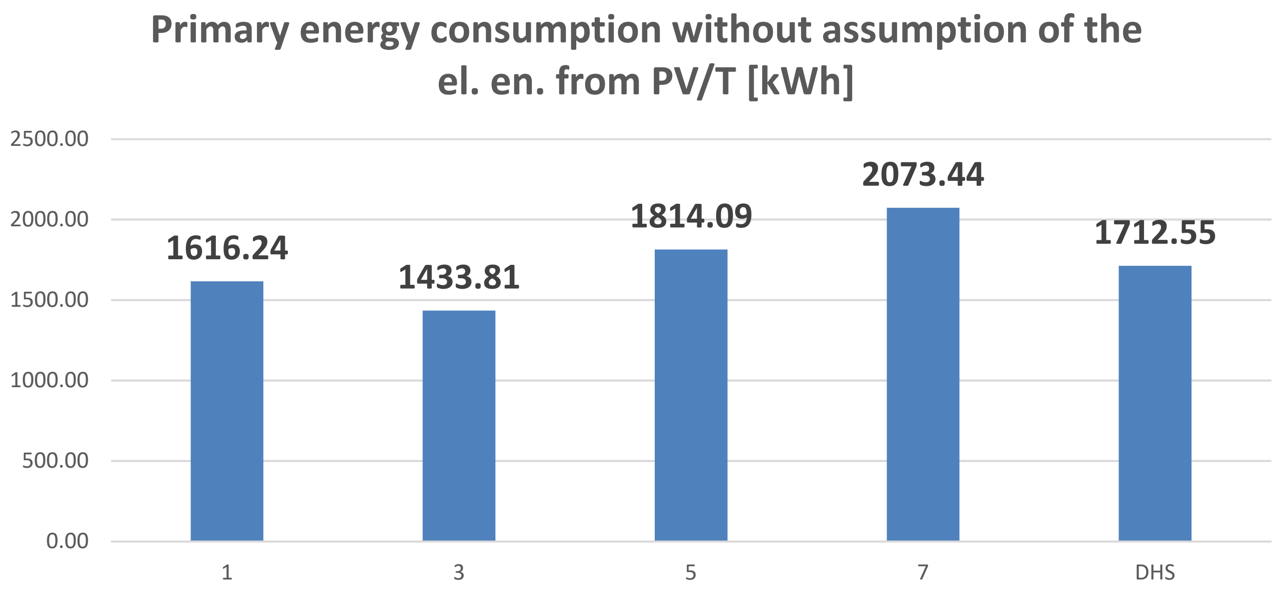
SPF = 4,27

SPF = 4,32

Domestic Hot Water purposes

1. PVT+DHW+REG+HP
2. DHW+REG+HP
3. PVT+DHW+HP
4. DHW+HP
5. PVT+REG+HP
6. REG+HP
7. PVT+HP
8. HP

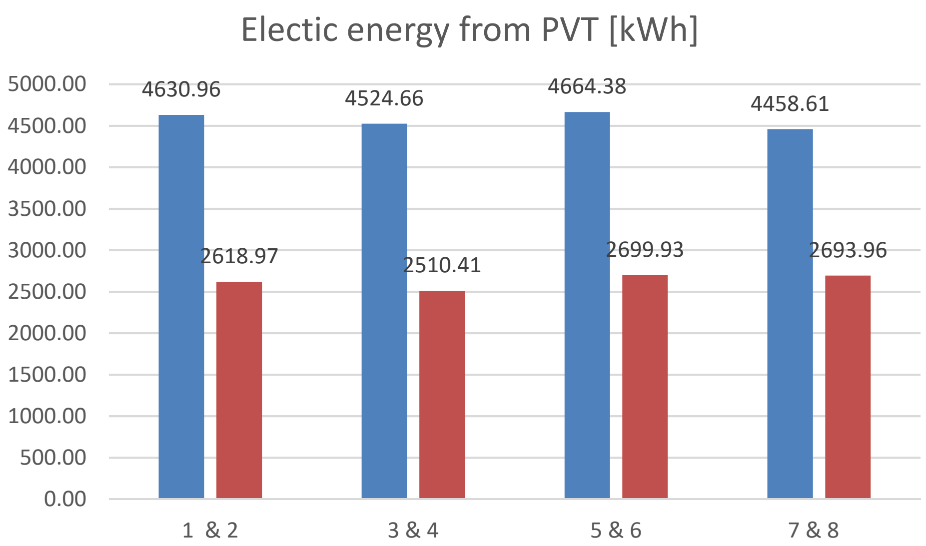
Results

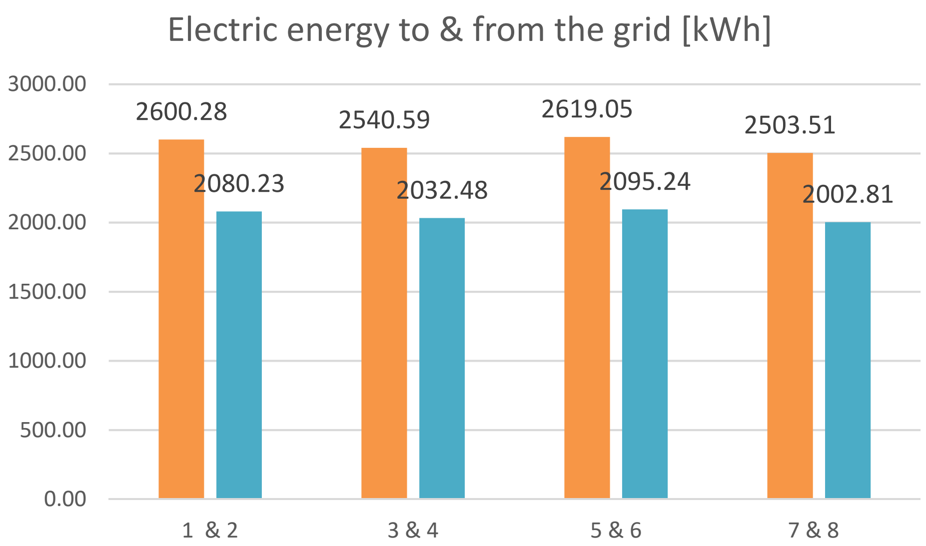


Domestic Hot Water purposes

1. PVT+DHW+REG+HP
2. DHW+REG+HP
3. PVT+DHW+HP
4. DHW+HP
5. PVT+REG+HP
6. REG+HP
7. PVT+HP
8. HP

Results



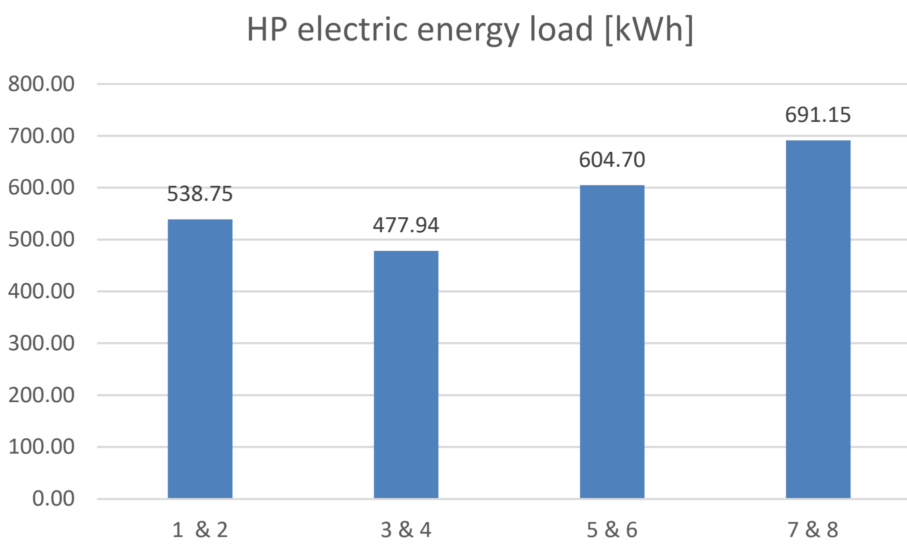


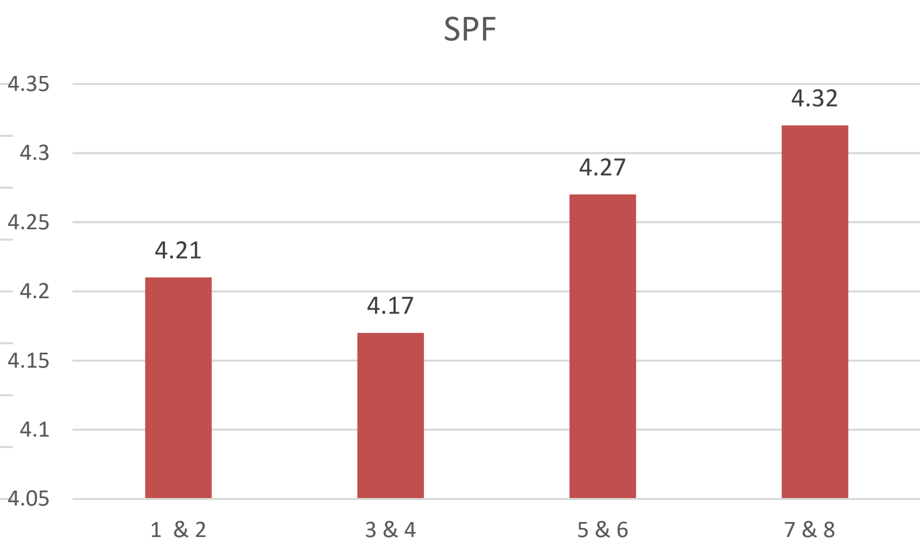
Gain from better PV cooling – 3,87%

Domestic Hot Water purposes

1. PVT+DHW+REG+HP
2. DHW+REG+HP
3. PVT+DHW+HP
4. DHW+HP
5. PVT+REG+HP
6. REG+HP
7. PVT+HP
8. HP

Results

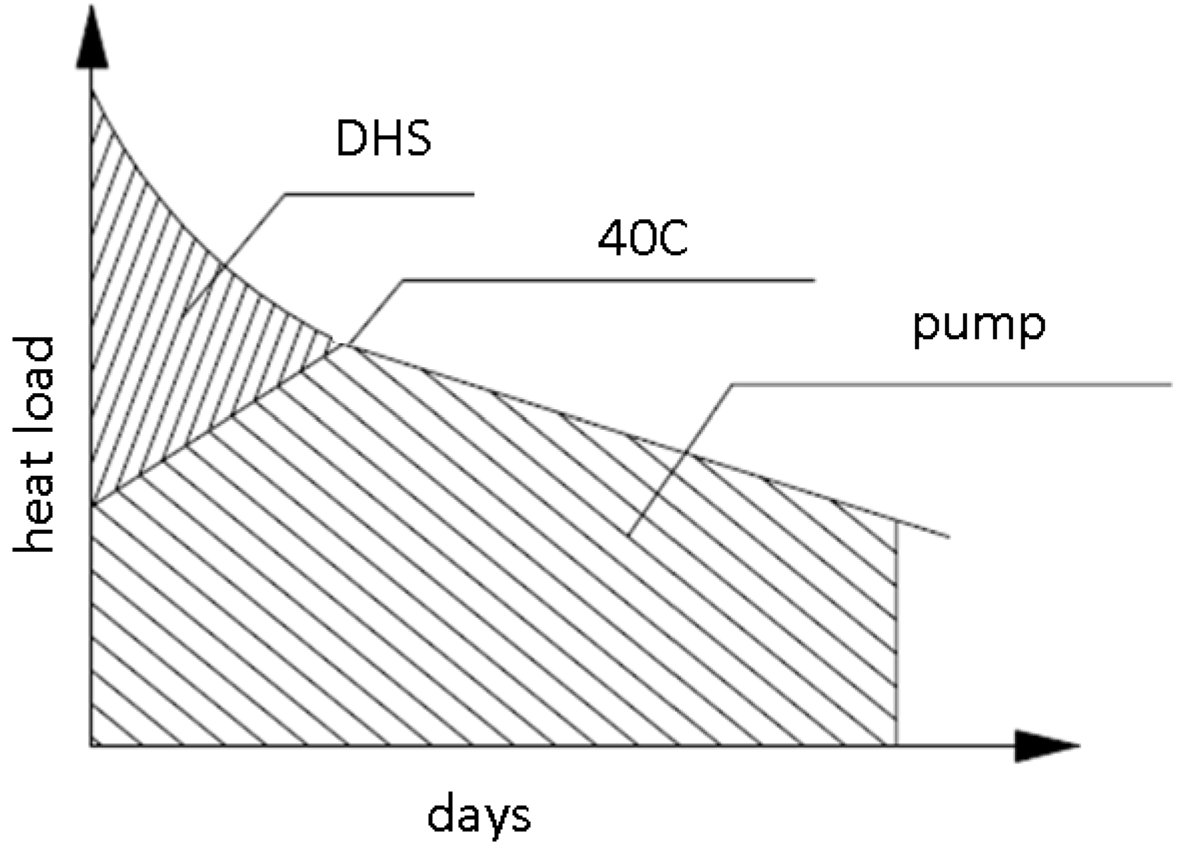




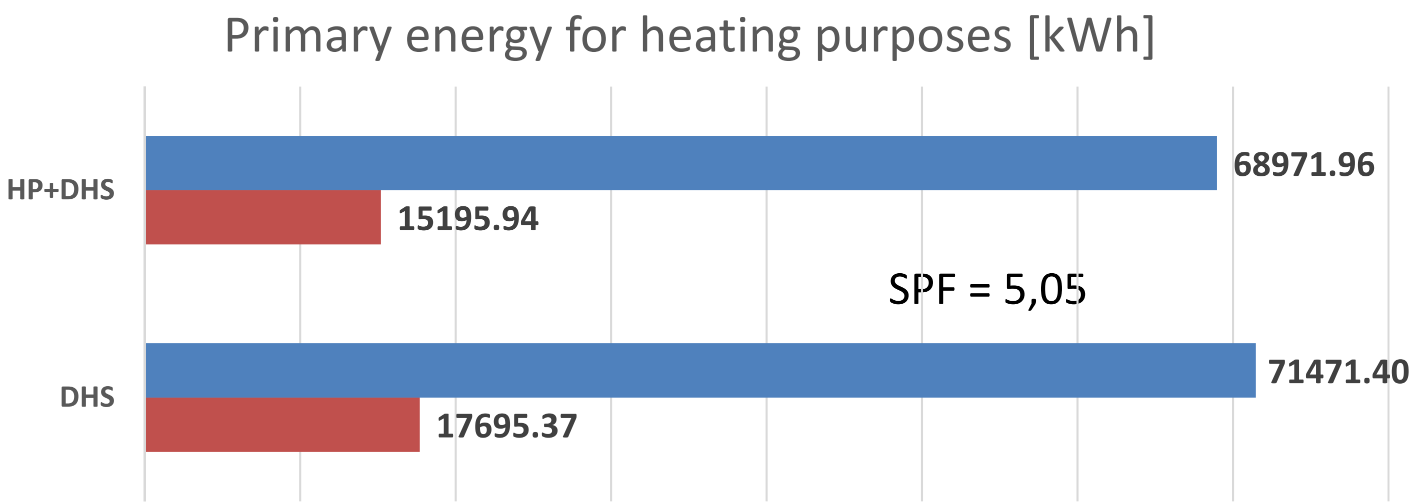
Domestic Hot Water purposes

1. PVT+DHW+REG+HP
2. DHW+REG+HP
3. PVT+DHW+HP
4. DHW+HP
5. PVT+REG+HP
6. REG+HP
7. PVT+HP
8. HP

Parallel system



Parallel system



Heating purposes

1. PVT+DHW+REG+HP+DHS
2. DHS

$\Delta E_p = 2499{,}44\ kWh$

$e_{CO_2} = 854{,}8\ kg\ CO_2$

Conclusions

- Solar PV/T regeneration of the HP lower source improvement the SPF
- but without the Solar DHW mode it is not sufficient for decreasing the Ep consumption for DHW needs
- Hybrid based on the PV/T & HP can be competitive to DHS for DHW purposes with and without green el. en.
- Solar DHS mode gives greater reduction in primary energy use than Regeneration mode
- Cooling the PV/T by Regeneration system didn't increase the electric efficiency significantly
- For longer periods of constant operation HP achieve SPF sufficient to be competitive to DHS without the el. en. from PV/T taken into consideration.

Further works

- Long time complex measurements
- Improvements in house heating simulations
- Validation of the model
- Optimization of the modeled system
- System proposal for the average single – family house from the suburbs
- Comparison with biomass boilers

Thank you for your attention!

Bugaj Marcin A. , Chaja Patryk, et al.

Institute of Heat Engineering, Faculty of Power and Aeronautical Engineering, Warsaw University of Technology, Nowowiejska st. 21/25, 00-665 Warsaw, Poland;

Institute Of Fluid-Flow Machinery Polish Academy Of Sciences,
Fiszera st. 14,
80-231 Gdańsk, Poland