

POLITECHNIKA CZĘSTOCHOWSKA



WYDZIAŁ INŻYNIERII MECHANICZNEJ I INFORMATYKI

## ROZPRAWA DOKTORSKA

BADANIE INNOWACYJNEGO UKŁADU ODZYSKIWANIA OLEJU Z  
PAROWNIKÓW GRUNTOWYCH POMP CIEPŁA TYPU  
BEZPOŚREDNIE PAROWANIE/WODA

mgr inż. Damian Pędziwiatr

Promotor : dr hab. inż. Arkadiusz Szymanek prof. PCz.

Częstochowa 2023

*Chciałbym serdecznie podziękować Panu  
Profesorowi Arkadiuszowi Szymankowi za  
nieocenione wsparcie merytoryczne i pomoc w  
trakcie pisania mojej pracy doktorskiej*

## Spis treści

1.	Wstęp.....	3
1.1	Wprowadzenie .....	3
1.2	Budowa i zasada działania pomp ciepła .....	3
1.3	Podział pomp ciepła .....	5
1.3.1.	Pompy powietrzne.....	6
1.3.2.	Pompy gruntowe .....	6
1.4.	Pompy ciepła typu bezpośrednie odparowanie/woda .....	7
2.	Analiza zagadnienia i cel pracy. ....	11
2.1.	Przegląd literaturowy. ....	12
2.2.	Analiza problemu wymiarowania wymienników gruntowych .....	23
2.3.	Teza i cel pracy badawczej.....	29
3.	Opis stanowiska Badawczego.....	31
4.	Badania wpływu elastyczności wymiarowania wymiennika gruntowego .....	40
4.1.	Wymiennik jednopłaszczynowy o podwyższonej powierzchni +60% (8 pętli) w stosunku do konwencjonalnego (5 pętli). ....	41
4.2.	Badanie wpływu powierzchni wymiennika pod kątem wzrostu sezonowego współczynnika efektywności energetycznej. ....	52
4.3.	Badanie wymiennika jednopłaszczynowego w szerszym zakresie wymiarowania powierzchni.....	58
4.4.	Badanie porównawcze wymienników o podwyższonej powierzchni (8pętli) w układzie jednopłaszczynowym z dwupłaszczynowym .....	63
5.	Opracowanie układu umożliwiającego elastyczność wymiarowania.....	71
5.1.	Badanie pod kątem prawidłowej pracy, układu podczas pracy z częściowo odciętym wymiennikiem.....	72
5.2.	Wyznaczenie optymalnej okresów oraz metody załączania się i sterowania elektrycznymi zaworami odcinającymi.....	74
5.3.	Badanie wpływu okresowych odcięć wymiennika, na spadek współczynnika COP. ....	76
6.	Analiza przebadanego układu umożliwiającego elastyczne wymiarowanie wymienników gruntowych, pod kątem zastosowania w seryjnych urządzeniach. ....	79
7.	Podsumowanie i potwierdzenie tezy.....	82
8.	Nomenklatura .....	87
9.	Literatura.....	88
10.	Wykaz tabel .....	90
11.	Wykaz rysunków .....	93
12.	Załącznik - dane źródłowe .....	95

# 1. Wstęp

## 1.1 Wprowadzenie

Tematyka niniejszej pracy, dotyczy jednej z najszybciej obecnie rozwijającej się branży w Europie, jaką jest rynek pomp ciepła. Wzrost popytu na tego typu rozwiązania, powodowany jest już nie tylko naciskiem na ekologię, ale również koniecznością zastąpienia aktualnie stosowanych surowców do systemów ogrzewania, ze względu na ich coraz trudniejszą dostępność i cenę. Brak emisji spalin, czyni pompę ciepła ekologicznym rozwiązaniem, natomiast jej względnie wysoka efektywność energetyczna również i tanim w eksploatacji. Najprostszym porównaniem sprawności pompy ciepła, jest odniesienia jej do sprawności grzałki elektrycznej, za pomocą wskaźnika COP (*skrót od Coefficient of Performance*), mówiącym nam o wartości wydajności grzewczej w stosunku do 1 kW pobranej energii elektrycznej.

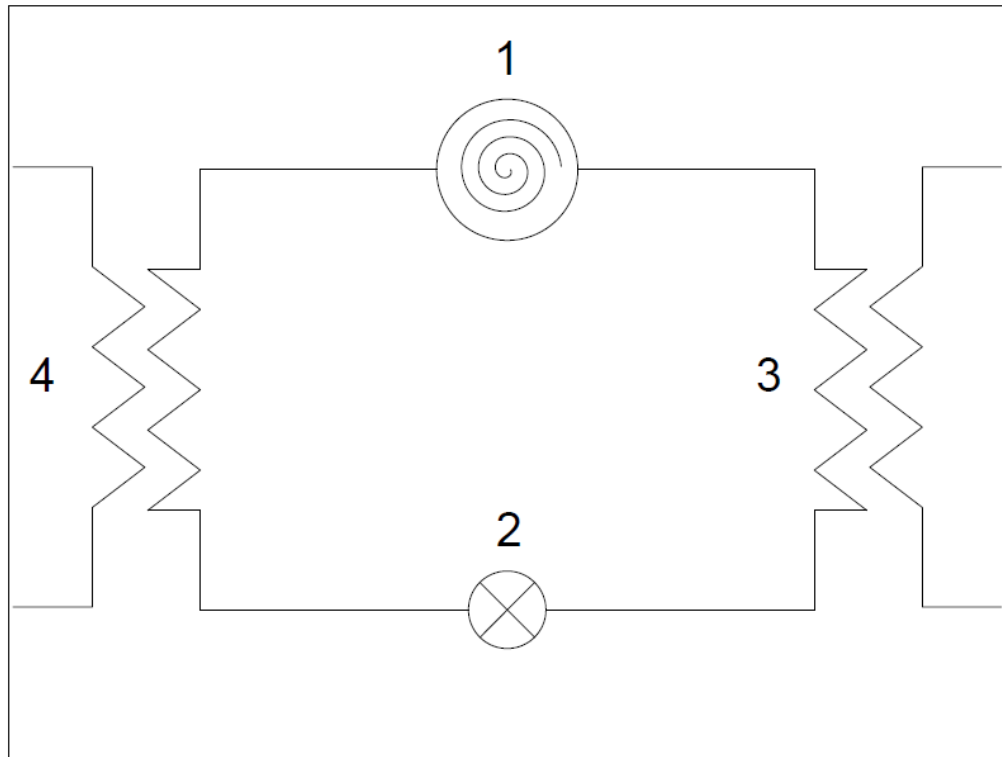
$$COP = \frac{\text{Wydajność grzewcza } Q[kW]}{\text{Pobór mocy elektrycznej } P[kW]}$$

Przy zastosowaniu grzałki, na 1kW pobranej mocy elektrycznej, możemy otrzymać nie całą 1kW wydajności grzewczej, gdzie w przypadku pompy ciepła dla określonych warunków uzyskujemy średnio pomiędzy 3-5kW (COP=od 3 do 5). Taki stosunek obrazuje, różnicę w zużyciu energii co za tym idzie ekonomię rozwiązania jak i jego wpływ na środowisko.

## 1.2 Budowa i zasada działania pomp ciepła

Pompy ciepła to urządzenia które za pośrednictwem czynnika roboczego (zazwyczaj freonu) transportują ciepło z dolnego źródła energii jakim jest najczęściej powietrze lub grunt i oddają do górnego źródła – np. centralnego ogrzewania czy ciepłej wody użytkowej. Czynnik chłodniczy pod niskim ciśnieniem w procesie odparowania, schładza powietrze lub grunt, pobierając z niego ciepło, a następnie sprężony do kilkukrotnie wyższego ciśnienia, osiąga wyższą temperaturę od np. temp. wody w

centralnym ogrzewaniu, dzięki czemu w procesie skraplania, oddaje pobrane ciepło. Transport ciepła z dolnego do górnego źródła ciepła, dzięki wytworzeniu różnicy ciśnień realizowany jest za pomocą czterech strategicznych elementów tak jak jest przedstawione na Rys.1 :



Rys.1 Podstawowy schemat budowy pompy ciepła :

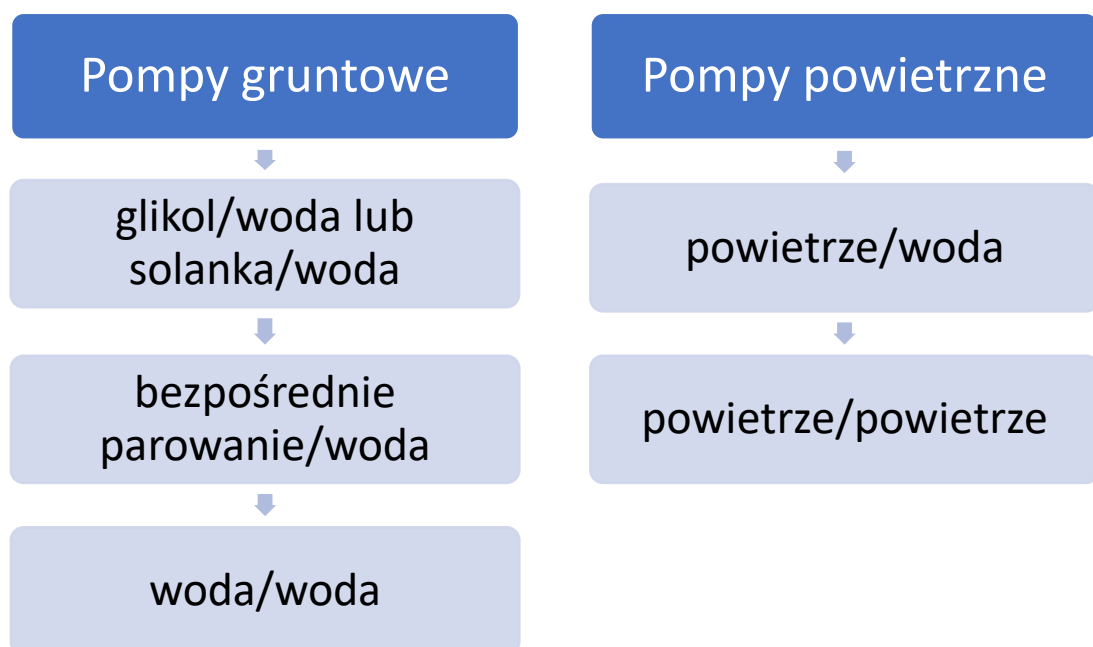
1. Sprężarka
2. Zawór rozprężny,
3. Skraplacz,
4. Parownik.

Sprężarka zasysając gaz, spręża go do kilkukrotnie wyższego ciśnienia, powodując tym samym znaczny wzrost jego temperatury. Gorący gaz, o wyższej temperaturze niż temperatura medium obiegu grzewczego, wpływając do wymiennika (skraplacza), oddaje ciepło głównie w procesie skraplania, a następnie w formie ciekłej, na zawór rozprężny w którym następuje gwałtowny spadek ciśnienia, oraz co za tym idzie jego temperatury. Niższa temperatura czynnika, wpływającego do wymiennika (parownika), pozwala na pobranie ciepła z otoczenia głównie w procesie parowania, następnie wracając z powrotem w formie gazu do sprężarki. Wykorzystanie przemiany fazowej,

po stronie wysokiego oraz niskiego ciśnienia, pozwala na uzyskanie względnie bardzo wysokiej wydajności czynnika roboczego. Stąd, też taki czynnik, musi się charakteryzować pewnymi właściwościami, jak np. niska temperatura wrzenia. Układ pompy ciepła, to ten sam schemat powszechnie stosowany w urządzeniach typu lodówka, klimatyzator, instalacja chłodnicza, itp., a różni się głównie zastosowaniem, czyli kierunkiem przepływu ciepła, w zależności od tego czy je pozyskujemy, czy odprowadzamy.

### 1.3 Podział pomp ciepła

W pompach ciepła, stosowane są dwa charakterystyczne pojęcia - dolne oraz górne źródło energii. Górne źródło energii, stanowi cel dla, którego ciepło jest pozyskiwane, jak np. instalacja centralnego ogrzewania, czy wody użytkowej, natomiast dolne źródło energii, to źródło zewnętrzne z którego ciepło jest pobierane. Dolne źródło energii zazwyczaj stanowi otoczenie zewnętrzne, takie jak powietrze lub grunt, ewentualnie woda gruntowa, natomiast rzadziej jak np. stosowane w przemyśle instalacje odzysku ciepła odpadowego w procesach technologicznych. W zależności od rodzaju źródła energii, zasadniczy podział typowych pomp ciepła to :



### **1.3.1. Pompy powietrzne**

Powietrzne pompy ciepła, urządzenia pozyskujące ciepło z powietrza, za pośrednictwem zewnętrznych wymienników głównie wentylatorowych. Konstrukcja wymiennika pod kątem zwiększonej powierzchni wymiany ciepła oraz wymuszony obieg powietrza, wpływa na podwyższenie efektywności, aczkolwiek tego typu rozwiązania mimo wszystko charakteryzują się wyraźnie niższymi, sezonowymi współczynnikami SCOP (średnimi współczynnikami COP w skali całego sezonu grzewczego), w stosunku do pomp gruntowych. Taką różnicę powoduje większa stabilność i wyższe temperatury gruntu w porównaniu do powietrza zewnętrznego. Nie mniej jednak, tego typu pompy ciepła, ze względu na mniejsze koszty inwestycyjne oraz łatwość instalacji są obecnie najbardziej popularnym rozwiązaniem na rynku. Powietrzne pompy ciepła możemy podzielić na :

- Powietrze/woda – najczęściej spotykane pompy na rynku. Ciepło z powietrza oddawane jest do wody zasilającej centralne ogrzewanie lub wymiennik ciepłej wody użytkowej.
- Powietrze/powietrze – układy oddające pobrane z powietrza zewnętrznego ciepło, bezpośrednio do powietrza wewnątrz obiektu ogrzewanego. Najbardziej popularnym tego typu urządzeń przykładem, są klasyczne klimatyzatory typu split z funkcją grzania.

### **1.3.2. Pompy gruntowe**

Gruntowe pompy ciepła, to urządzenia pobierające ciepło w procesie schładzania gruntu lub wody gruntowej. Najbardziej popularnym stosowanym rozwiązaniem są pompy typu glikol/woda, w których schładzanie gruntu realizowane jest za pośrednictwem obiegu roztworu wody z cieczą niskokrzepnącą, najczęściej glikolem lub roztworem solanki, w odpowiednim wymienniku gruntowym. W takim układzie występują dwie wersje wymiennika gruntowego :

- Poziomy – układany na odpowiednio dobranej powierzchni gruntowej, na głębokości poniżej strefy przemarzania. Charakteryzuje się mniejszym kosztem inwestycyjnym, aczkolwiek zazwyczaj słabszą efektywnością i koniecznością zagospodarowania dużej powierzchni terenu.
- Pionowy – instalowany w formie pionowych sond, układanych w odwiertach o głębokości od 30-100mb. Ze względu na gradient temperatury, głębsza sonda wymiennika pozwala na uzyskanie lepszej efektywności, stąd najczęściej wymienniki instaluje się w odwiertach od 80-100mb. Taki rodzaj wymiennika charakteryzuje się możliwością uzyskania wysokich współczynników COP, natomiast wadą są wyższe koszty inwestycyjne, oraz ryzyko przemrożenia gruntu w przypadku błędnego doboru jego wielkości w stosunku zapotrzebowania na moc grzewczą, co skutkuje znaczącym pogorszeniu parametrów pracy pompy, ze względu na utrudniony proces regeneracji gruntu (w przypadku braku przepływu wód gruntowych).

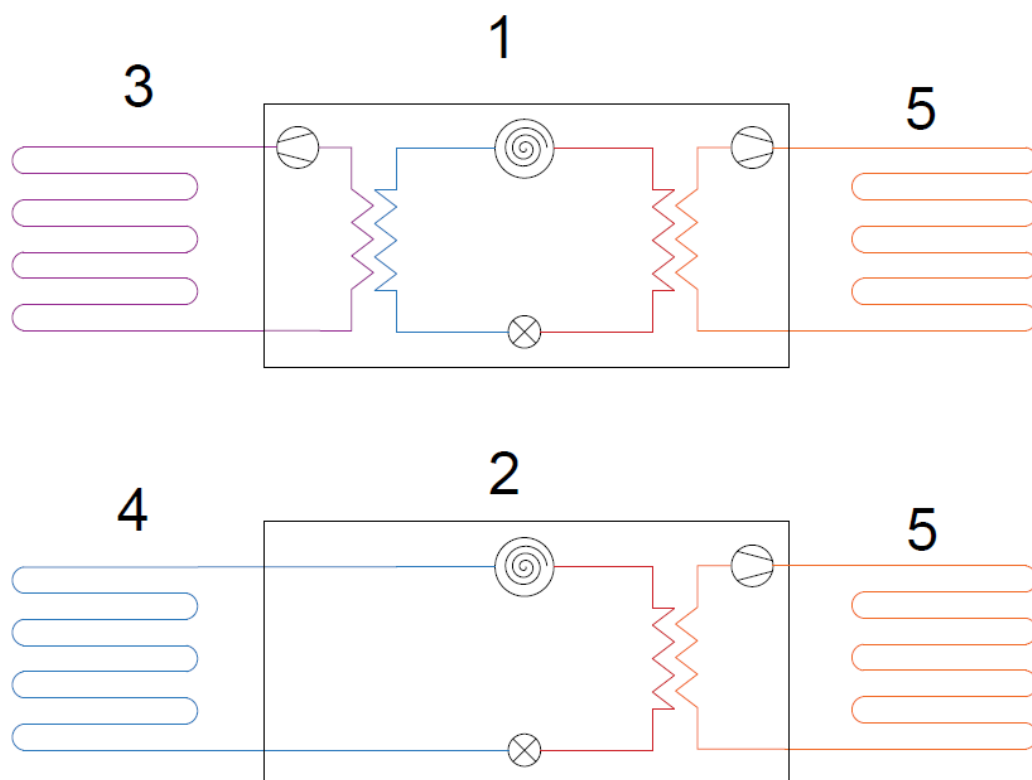
Zdecydowanie mniej popularnym rozwiązaniem są gruntowe pompy typu woda/woda, pozyskujące ciepło bezpośrednio z wody głębinowej. Układ taki składa się ze studni czerpalnej, następnie woda głębinowa w wymienniku pośredniczącym ulega schłodzeniu, i trafia do studni zrzutowej. Co prawda rozwiązanie takie charakteryzuje się najwyższymi współczynnikami COP w pompach ciepła, to małą popularność powodują problemy związane z koniecznością uzdatniania takiej wody oraz wymaganą wydajnością studni zarówno czerpalnej i zrzutowej. Kolejnym rozwiązaniem gruntowych pomp ciepła, będącym przedmiotem niniejszej pracy są pompy ciepła typu bezpośrednie parowanie/woda.

#### **1.4. Pompy ciepła typu bezpośrednie odparowanie/woda**

Pompy ciepła typu z bezpośrednim odparowaniem w gruncie, w przeciwieństwie do klasycznych pomp typu glikol czy solanka/woda, instalacja freonowa nie schładza obiegu glikolowego, który dopiero w następnym kroku odbiera ciepło z dolnego źródła



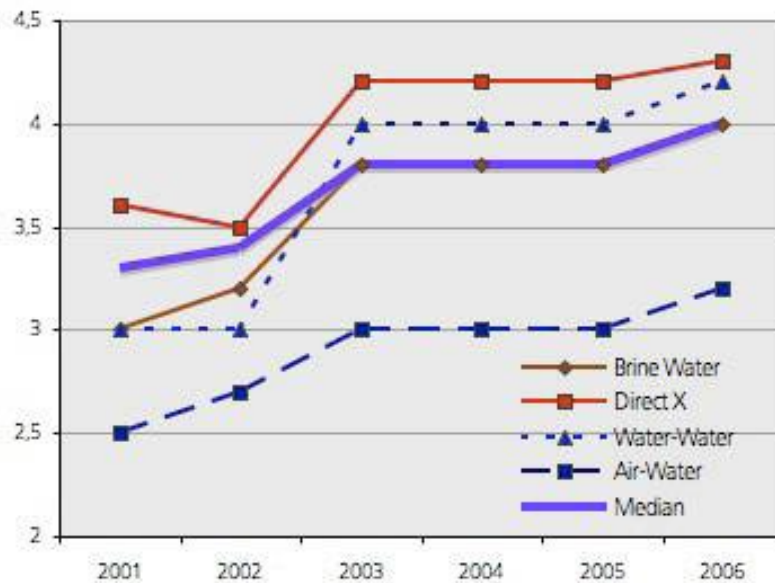
energii, tylko jest bezpośrednio wprowadzana do ziemi. Na schematach z Rys.2, możemy zauważyć różnice pomiędzy jednym a drugim rozwiązaniem. Instalacja górnego źródła energii (5), w którym przekazywane jest ciepło ze skraplacza do obiegu medium grzewczego, jest w obydwu przypadkach tak samo zbudowane, natomiast różnica pojawia się w przypadku wymiennika gruntowego (3) i (4). W układzie bezpośredniego odparowanie w gruncie, brak pośredniej wymiany ciepła, co za tym idzie obiegu glikolowego, wymiennika freon/glikol, pompy dolnego źródła i pozostałej, wymaganej do tego automatyki.



Rys.2 Porównanie schematu gruntowych pomp ciepła : 1. Pompa typu glikol/woda, 2. Pompa typu bezpośrednie odparowanie/woda, 3. Dolne źródło energii – wymiennik obiegu glikolowego, 4. Dole źródło energii – wymiennik freonowy, 5. Górne źródło energii.

Stąd taki układ bez obiegu pośredniego, charakteryzuje się znacznie prostszą budową oraz mniejszymi stratami energii, co wiąże się z wyższymi współczynnikami

efektywności energetycznej jednostkowymi COP oraz sezonowymi SPF, co potwierdzone jest między innymi przez EHPA European Heat Pump Association [4].



Rys. 3. Wyniki pomiarów sezonowych współczynników SPF. Źródło: EHPA (Fanninger)

Jak wynika z wykresu Rys.3, najwyższe mierzone w skali sezonu współczynniki efektywności energetycznej SPF, należą do pomp ciepła typu bezpośrednio parowanie woda. Można zwrócić uwagę, że stosunek powyższych współczynników pomiędzy pompami gruntowymi, a powietrznymi, byłby całkiem inny dla wykonywanych badań w cieplejszych regionach jak np. południowa Europa, nie mniej jednak celem projektowanych rozwiązań, jest uzyskiwanie jak najwyższej efektywności, w regionach dla których źródło grzania jest dla poszczególnych obiektów, elementem strategicznym. Oprócz, niewątpliwych zalet rozwiązania jakimi są wyższa efektywność i prostsza budowa, jak i mniejsze wymagane powierzchnie wymienników są też wady. Główną z nich jest brak możliwości swobodnego wymiarowania wymienników gruntowych, ze względu na konieczność zachowania minimalnych prędkości przepływu czynnika celem utrzymania prawidłowej gospodarki olejowej w układzie. Najlepszym przykładem może być porównanie pionowych wymienników gruntowych bezpośrednio parowania, a glikolowych. Wymiennik freonowy w formie pionowych sond, jest ograniczony, co do ilości sond pod kątem zachowania minimalnego przekroju wpływającego na prędkość przepływu, ale również co do ich głębokości ze względu na

problem z transportem oleju w pionowych odcinakach powrotnych. Przyjęty standard nie przekracza 30m wys. W przypadku wymienników glikolowych, obieg roztworu cieczy niskokrzepnącej nie ma żadnych ograniczeń co do jego wymiarowania, stąd pomimo słabszej efektywności, pomijając co prawda uzasadnienie ekonomiczne, istnieje możliwość przewymiarowania wymiennika pod kątem ilości jak i głębokości sond, co pozwoli na uzyskanie wyższej efektywności energetycznej. Możliwość względnie swobodnego wymiarowania wymienników gruntowych bezpośredniego odparowania w gruncie, pozwoliłaby na uzyskiwanie jeszcze wyższych współczynników COP i SPF, zwiększając atrakcyjność tego typu urządzeń pod kątem energooszczędności, jak i czynników ekonomicznych. Przewymiarowane wymienniki bezpośredniego odparowania, wersji poziomej mogły być bardziej efektywne niż klasyczne pionowe wymienniki z obiegiem np. glikolowym, przy jednocześnie niższych kosztach inwestycyjnych.

## 2. Analiza zagadnienia i cel pracy.

Jak wspomniano w poprzednim rozdziale, możliwość uzyskania wyższej efektywności pomp ciepła typu bezpośrednio parowanie/woda ogranicza wielkość parownika w dolnym źródle energii. Konstrukcję oraz wymiary takiego wymiennika kształtuje głównie ilość i długość pętli przy ich założonej wartości przekroju. Na wielkość zajętej powierzchni, wpływa również odległość pomiędzy pętlami, oraz opcjonalny sposób ułożenia w formie dwóch poziomów jeden nad drugim (przykładowy wymiennik przedstawiony na rys.4).

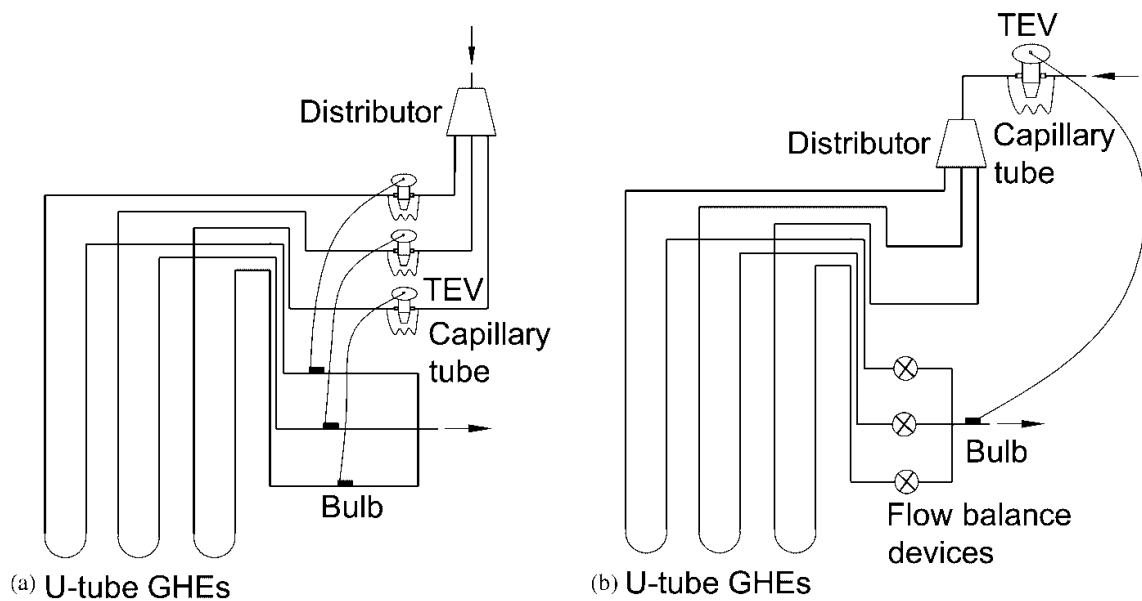


Rys. 4 Wymiennik gruntowy typu bezpośrednio odparowanie/woda.

## 2.1. Przegląd literaturowy.

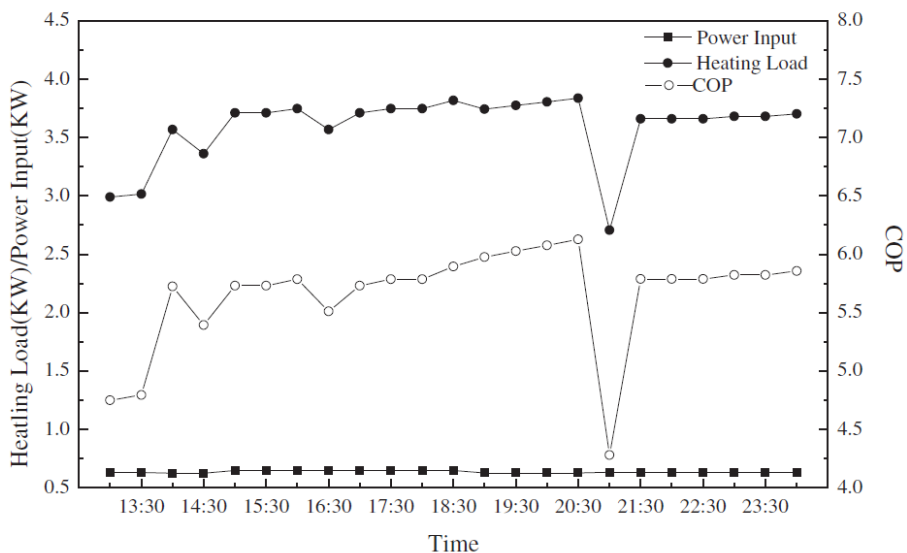
Popularność pomp ciepła, ze względu na obecną sytuację na świecie, tj. nacisk na ekologię oraz bezpieczeństwo energetyczne, rozwija się w bardzo szybkim tempie. Stąd też w literaturze przybywa coraz więcej badań związanych z tym zagadnieniem pod kątem energooszczędności czy np. rozwoju technologii opartych na ekologicznych czynnikach chłodniczych. Niestety, jeśli chodzi o kwestię pomp ciepła typu bezpośrednio odparowanie/woda, ze względu na niszowość tego rozwiązania, ilość publikacji badań w literaturze jest wciąż bardzo mała. Tematyka niniejszej pracy badawczej podzielona jest, na dwa etapy. Jeden dotyczy wpływu wielkości wymiennika gruntowego typu bezpośrednio odparowania, na efektywność energetyczną pompy ciepła, a drugi główny i kluczowy dla całej pracy to opracowanie i badanie rozwiązanie techniczne umożliwiającego względnie dowolne zwiększanie jego wymiarów. Dla pierwszego etapu skoncentrowano się na przeglądzie publikacji dotyczących ogólnego zagadnienia pomp ciepła bezpośrednio odparowania. Prace głównie dotyczyły kwestii wydajności i efektywności rozwiązań dla określonego czynnika chłodniczego, przy zastosowaniu wymiennika pionowego. Poniżej zestawiono, krótkie podsumowanie wybranych pozycji.

W publikacji [5], autorzy przedstawili wyniki doświadczalnego wyznaczenia wartości wydajności i efektywności systemu bezpośrednio odparowania w gruncie, w wersji pionowego wymiennika gruntowego, na czynniku R134a. Ponadto praca porusza kwestie, prędkość wychładzania gruntu, ilości czynnika chłodniczego, oraz rozwiązanie techniczne na równomierne rozprowadzenie strumienia przepływu w równoległych pętlach wymiennika. Autorzy, wykazali znaczącą przewagę w efektywności energetycznej wymienników z bezpośrednim odparowaniem w gruncie, w stosunku do klasycznych układów z wymiennikiem glikolowym. Zaznaczono również, że problem nierównomiernej dystrybucji czynnika w poszczególnych pętlach wymiennika, wpływa na obniżenie jego efektywności, natomiast jego rozwiązaniem, mógłby być indywidualny montaż termostaticznych zaworów rozprężnych na każdej z pojedynczych pętli, co przedstawiono na rys. 6.



Rys. 6 Porównanie układu wymiennika gruntowego typu bezpośredniego odparowania w wersji z b) jednym, centralnym zaworem rozprężnym oraz a) z kilkoma zaworami rozprężnymi, pracującymi indywidualnie na każdą z pętli. Źródło : [5],

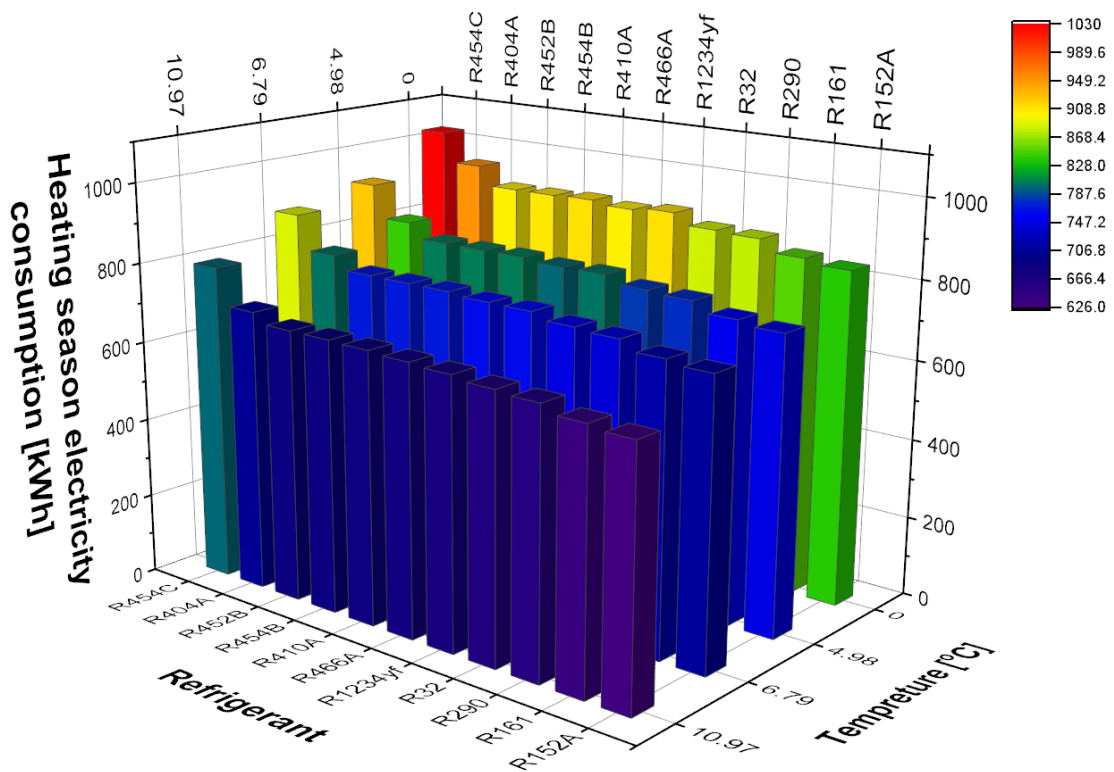
Autor w pracy [6], przedstawił badania wydajności i efektywności, układu z bezpośrednim odparowaniem w gruncie z wymiennikiem pionowym Rys.7, zaznaczając jego wyższość nad klasycznymi układami z obiegiem pośrednim. Eliminacja obiegu pośredniego, wpływa na podwyższenie temperatury odparowania w trybie grzewczym, oraz obniżenie temperatury skraplania w trybie chłodzenia.



Rys.7 Wartości COP, wydajności grzewczej oraz mocy elektrycznej w przeprowadzonych badaniach.

Źródło : [6]

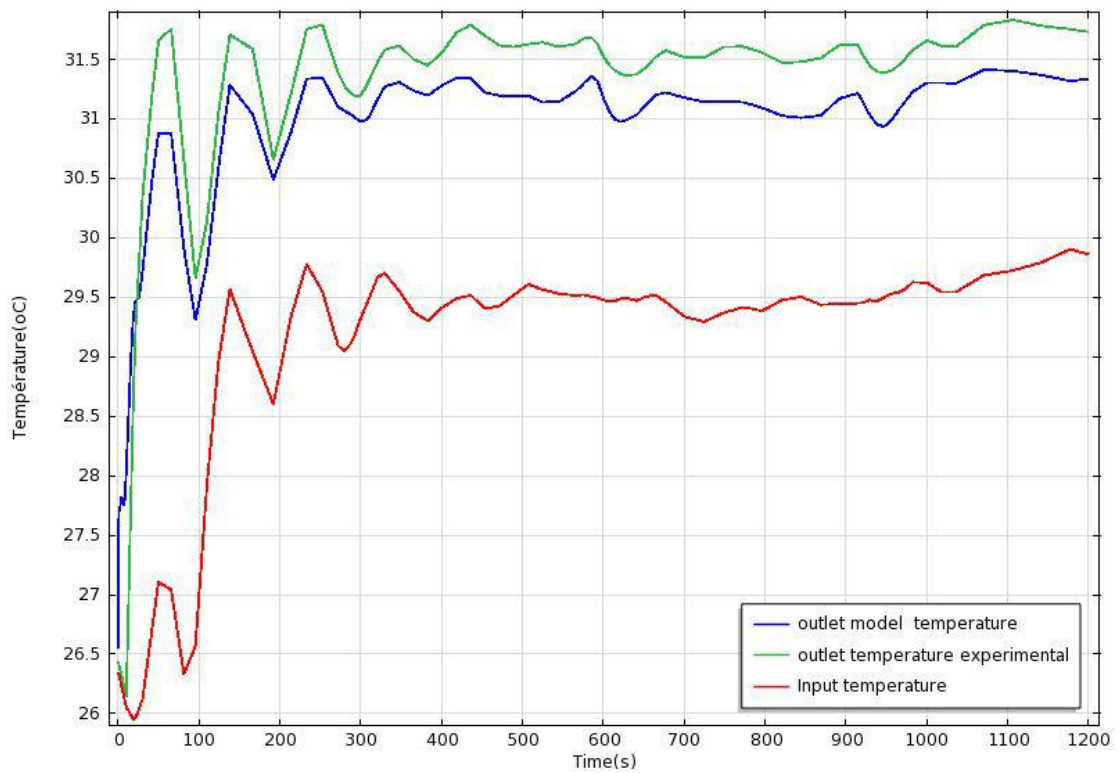
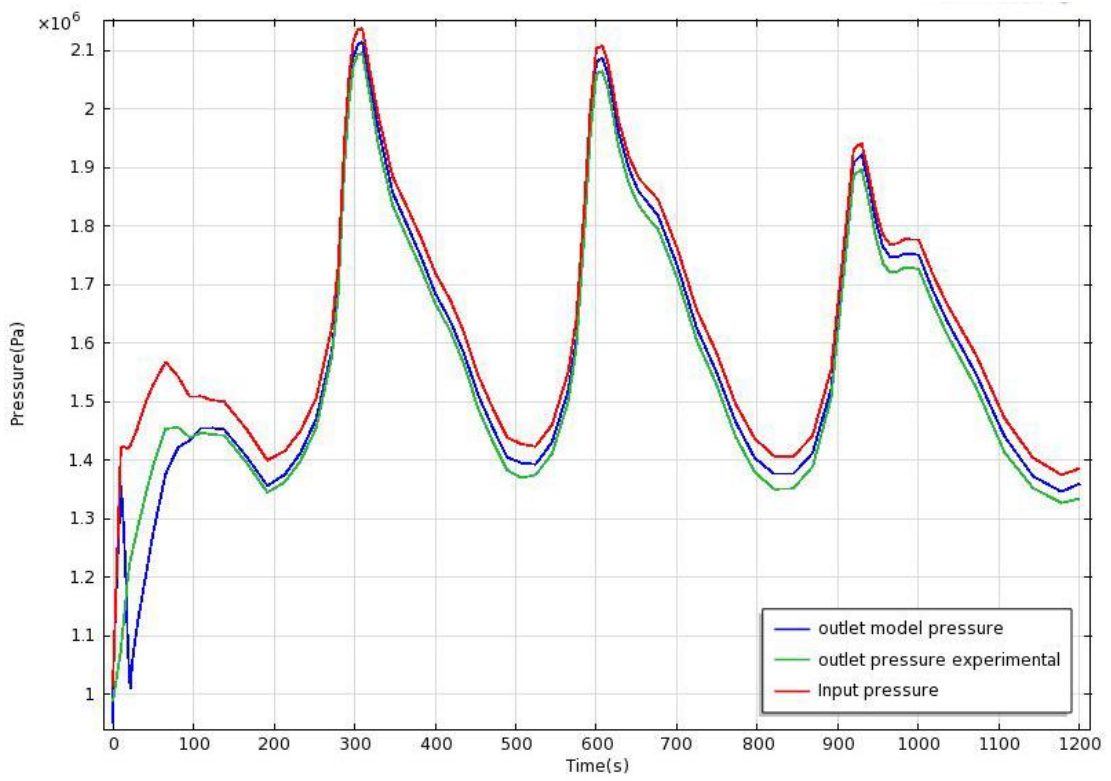
W opracowaniu [7], poruszony jest temat alternatywnych czynników do stosowanego freonu R410A. Ze względu na rosnące restrykcje dotyczące wprowadzania na rynek czynników o wysokim współczynniku GWP (wpływ na efekt cieplarniany), intensywnie poszukuje się alternatywy dla obecnie stosowanych czynników. Autor porównuje efektywność alternatywnych czynników między innymi takich jak R454C, R32, czy R290 zastosowanych w gruntowej pomie ciepła. Wyniki badań doświadczalnych obrazujące wielkości zużycia energii elektrycznej, w gruntowych pompach ciepła, dla różnych wariantów temperatury odparowania, przedstawiono na Rys.8. Podstawową wadą alternatywnych czynników jest niestety ich klasyfikacja co do palności, co mocno ogranicza maksymalną ilość napełnienia układu, szczególnie w typowych domowych instalacjach pomp ciepła. Stąd pomimo wyższego ekwiwalentu CO<sub>2</sub>, i coraz większych ograniczeń prawnych, minimalizujących jego ilości wprowadzanego na rynek europejski, czynnik R410A wciąż jest najbardziej optymalnym czynnikiem w pompach bezpośredniego odparowania pod kątem wydajności i bezpieczeństwa.

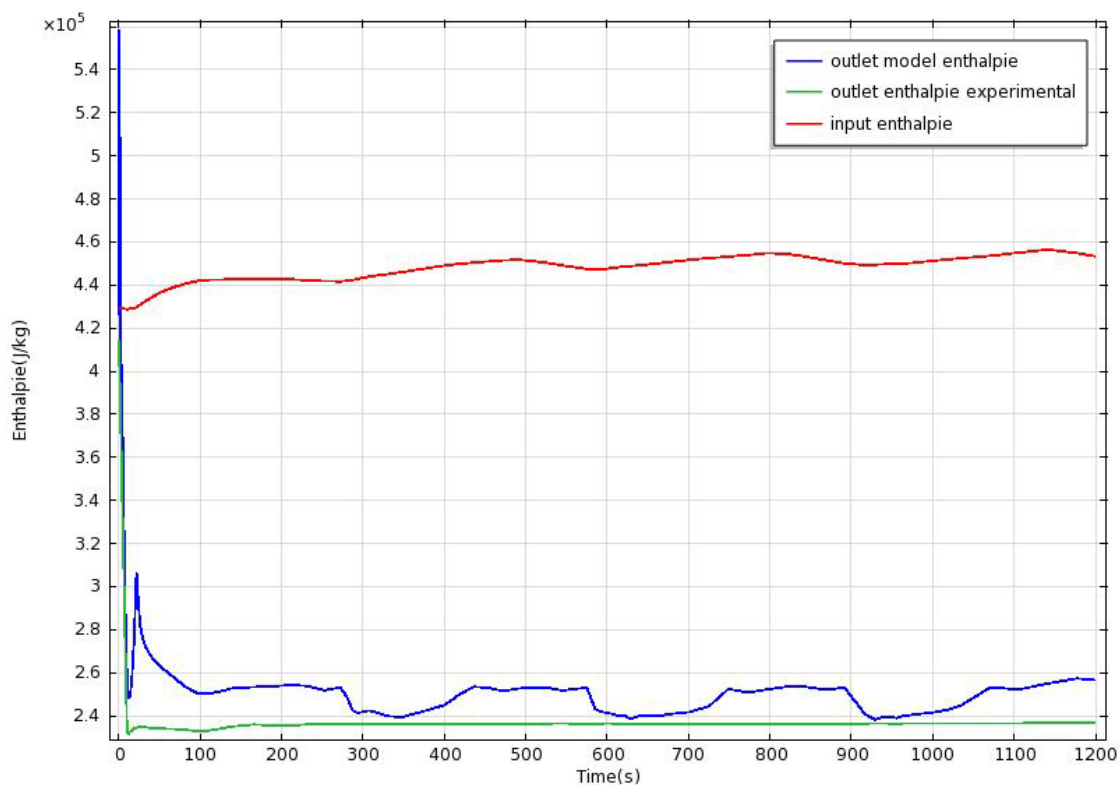


Rys.8 Porównanie zużycia energii elektrycznej, w gruntowych pompach ciepła, dla poszczególnych temperatur odparowania. Źródło : [7],

W publikacjach [8],[9] zaprezentowano porównanie modelu przepływu dwufazowego czynnika w wymienniku gruntowym typu bezpośrednio parowanie woda, wraz z wymianą ciepła, w stosunku do wyników badań eksperymentalnych. Badania przeprowadzane są na wymiennikach w wersji pionowej, na różnych głębokościach sond pionowych, co również pozwoliło na wykazanie wpływu długości sondy min. na wartość COP, całego układu. Na rys.9 przedstawiono wykresy porównawcze modelu obliczeniowego w stosunku do wyników eksperymentalnych, dotyczących temperatur wody grzewczej, ciśnienia czynnika oraz wartości entalpii.







Rys. 9 Porównanie modelu z wynikami eksperymentalnymi dla ciśnienia czynnika, temperatury wody, oraz entalpi względem czasu. Źródło : [8]

Drugim i kluczowym zagadnieniem wykonywanych badań jest opracowanie układu, pozwalającego na zwiększenie powierzchni parownika gruntowego, dla zbliżonej lub przekraczającej minimalną, wymaganą prędkość czynnika do zachowania poprawnego powrotu oleju do sprężarki. Ponieważ rozwiązanie jest innowacyjne i niestosowane dotychczas, brak w literaturze jakichkolwiek publikacji, badań nad takim konkretnym układzie. Natomiast to, co jest istotnym elementem dla jego zaprojektowania, to dobór odpowiednich parametrów przepływu, uzależnionych również od mieszaniny czynnika chłodniczego i oleju. Dlatego pod kątem tego zagadnienia, wykonana została analiza literaturowa. Ponieważ najbardziej utrudniającymi powrót oleju do sprężarki elementami instalacji, są pionowe odcinki ssawne, stąd na temat tego zagadnienia można wyszukać najwięcej publikacji, w literaturze. Określanie minimalnych prędkości czynnika chłodniczego wraz z olejem w parownikach gruntowych, odnosi się głównie do zagadnienia przepływu w rurociągach ssawnych, natomiast w zależności od rodzaju wymiennika, może to być przepływ pionowy lub poziomy. Większość prac badawczych

koncentruje się na pionowych odcinkach ssawnych, ze względu na to, że są najbardziej niekorzystnym wariantem pod kątem transportu oleju w przepływie czynnika, natomiast przedmiot niniejszej pracy stanowi wymiennik w wersji poziomej, dlatego tylko wybrane pozycje z listy mogą być brane pod uwagę. Pierwszą publikacją związaną z powrotem oleju w pionowych odcinkach ssących, była w 1968 roku, praca Marca Jacobsa [10], który przedstawił symulację przewodu ssawnego instalacji chłodniczej, wstrzykując określoną ilość oleju w najniższym punkcie, a następnie analizując przepływ stopniowo zmniejszając jego przepływ. Na podstawie przeprowadzonych badań eksperymentalnych, opracowana została zależność określająca minimalny strumień masy, niezbędny dla poprawnego przepływu oleju :

$$G = \left( j_g^{*\frac{1}{2}} \right)^2 [\rho_g g D (\rho_f - \rho_g)]^{0.5}$$

$$j_g^{*\frac{1}{2}} = .85 \text{ (empirically determined for R12 and 150 SUS oil)}$$

$\rho_g$  = vapor density

$\rho_f$  = liquid density

$D$  = Pipe Diameter

$g$  = Acceleration due to Gravity

Źródło : [10]

W publikacji [11], autorzy Mehedale i Radermacher prowadzili badania przepływu mieszaniny oleju czynnikiem chłodniczym w pionowych odcinkach ssawnych. Na podstawie obserwacji, został wyznaczony punkt prędkości krytycznej, poniżej którego kierunek przepływu oleju zostaje odwrócony w dół. Przedstawiono w tabeli nr. 1 zestawienie wartości krytycznych przepływu masowego dla poszczególnych konfiguracji typ czynnika/rodzaj oleju

Tabela 1. Zestawienie krytycznych wartości przepływu masowego. Źródło [11],

Chłodziwo Para smarów	Odparowanie Temp., °C	Stopień Przegrzanie, °C	Krytyczny masowy przepływ czynnika chłodniczego, kg/s	
			Prognoza analityczna	Jacobs i in. (1976)
Olej mineralny R22	7,2	10	0,00206	0,00156
	-12,2	10	0,00150	0,00117
R407C-olej mineralny	7,2	10	0,00177	0,00147
	-12,2	10	0,00116	0,00106
R407C-POE	7,2	10	0,00210	0,00157
	-12,2	10	0,00150	0,00113
R410A-olej mineralny	7,2	10	0,00212	0,00179
	-12,2	10	0,00141	0,00134
R410A-POE	7,2	10	0,00253	0,00189
	-12,2	10	0,00185	0,00140

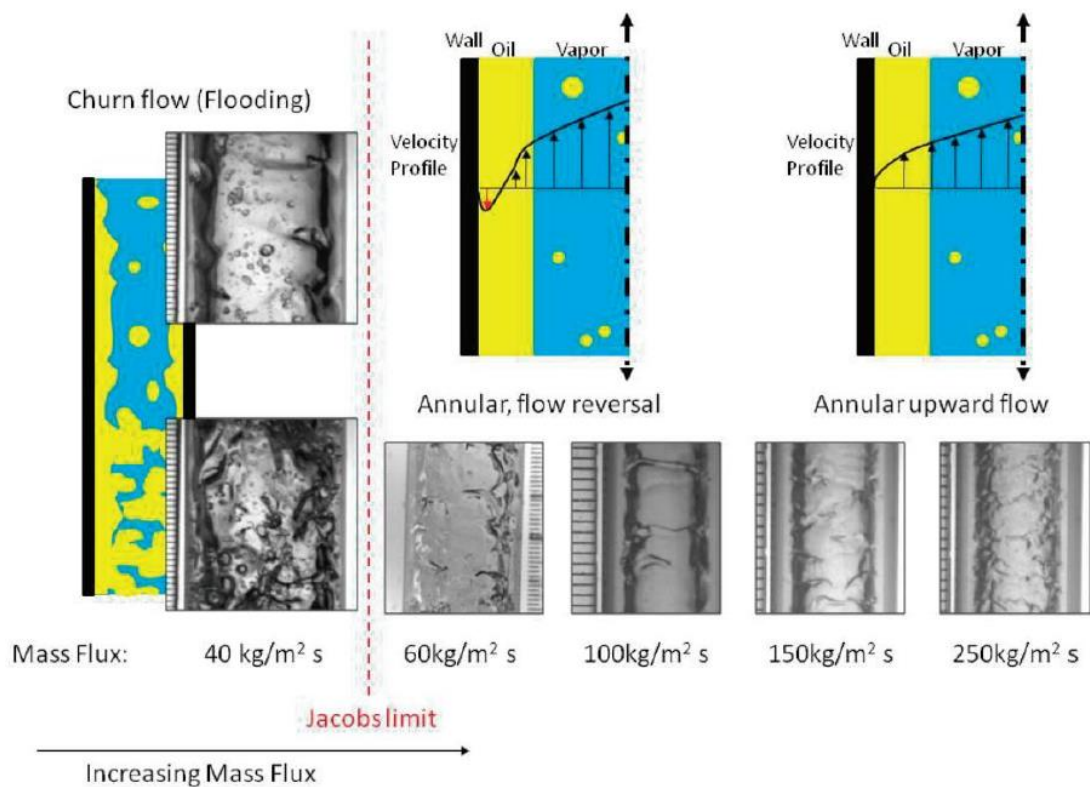
Autorzy [12] podobnie jak w poprzedniej publikacji, przeprowadzili badania doświadczalne przedstawiając zależności poziomu retencji oleju w stosunku do strumienia masowego, lepkości oleju, procentowej zawartości oleju OCR oraz średnicy rurociągu. Eksperyment dotyczył nie tylko linii ssawnej, ale również innych elementów instalacji chłodniczej. W opracowaniu [13], przeprowadzono badania eksperymentalne związane z retencją oleju, nie tylko na pionowych odcinkach ssawnych ale również i poziomych, co bezpośrednio dotyczy zagadnienia niniejszej pracy tzn. parowników gruntowych w wersji poziomej. Testy wykonano dla dwóch różnych średnic rurociągów tj. 7,2mm oraz 18,5mm, przy czym w przypadku mniejszej średnicy zachowano strumień masowy powyżej minimalnego punktu wyznaczonego przez zależność Jacobsa, natomiast dla większej średnicy zarówno powyżej jak i poniżej zalecanego strumienia masowego. Wyniki zestawiono w tabeli 2, określając również odpowiadające danemu strumieniowi wartości prędkości przepływu.

Tabela 2. Wyniki testów. Źródło : [13],

Średnice:	7,2 mm	18,5 mm	
Cechy:	5° Tsh	10° Tsh	15° Cz
OCR	1%	3%	5%
Olej	POE ISO32 cSt		

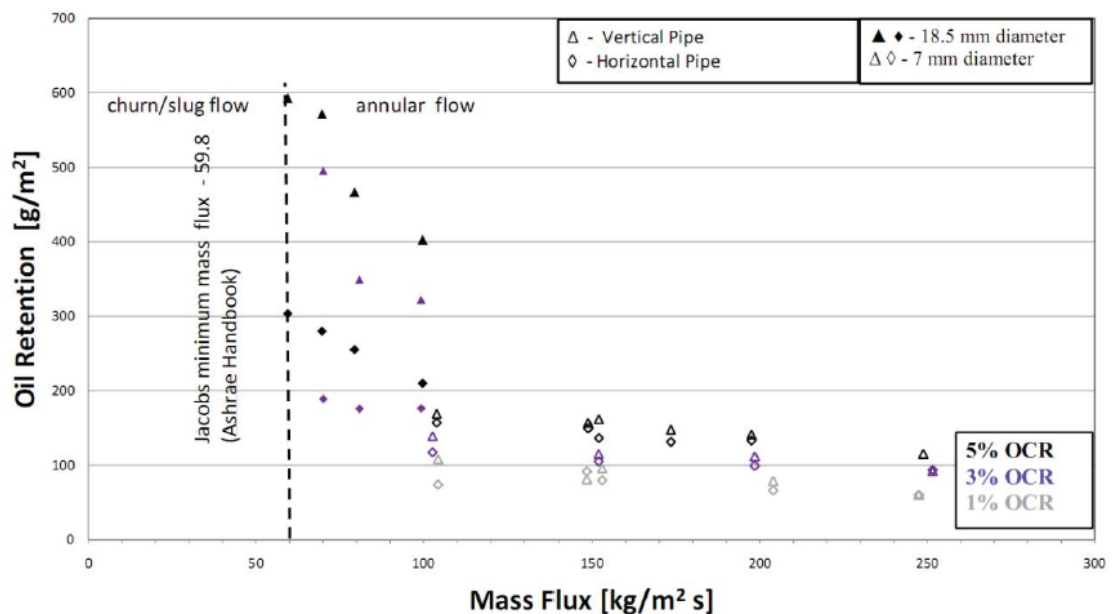
D=7,2 mm		D=18,5 mm	
Prędkość pary m/s	Strumień masowy	Prędkość pary m/s	Strumień masowy
	kg/m <sup>2</sup> s		kg/m <sup>2</sup> s
2,8	100	1,6	60
4	150	1,8	70
5	200	2	80
6,5	250	2,8	100
Jacobs kg/m <sup>2</sup> s	42,9		59,8

Ponadto nagrane zostały filmy obrazujące rodzaj przepływu wewnątrz przezroczystych odcinków pionowej instalacji ssącej przedstawionej na Rys. 10, dla różnych przepływów masowych powyżej oraz poniżej granicy Jacobsa.



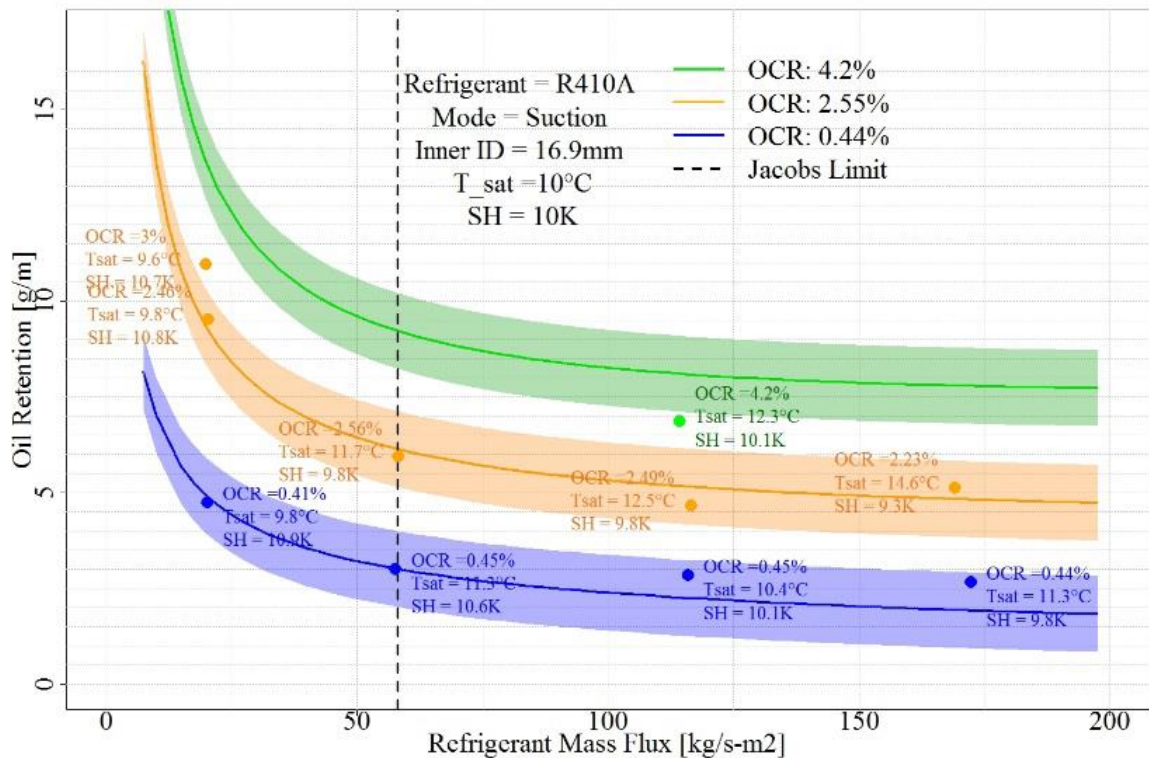
Rys. 10 Schemat przepływu. Źródło : [13]

Analizując wyniki, autorzy podsumowali szacunkowy wpływ poszczególnych parametrów pracy na retencje oleju. Wzrost OCR o 2%, powoduje zwiększenie retencji nawet do 20%, natomiast wzrost temperatury przegrzania zimnych par o 5K, o 15%. Zaprezentowano zestawienie wyników na wykresie Rys.11, przedstawiające wartości retencji oleju w stosunku do przepływu masowego czynnika i wartości OCR (5%, 3%, 1%) w wariacie dla średnic 18,5mm, 7mm, ponadto w dwóch wersjach odcinka ssawnego – pionowej i poziomej. Jak wynika z wykresu spadek strumienia przepływu zbliżający się do punktu krytycznego Jacoba 60kg/m<sup>2</sup>\*s, nawet w przypadku instalacji poziomej wpływa na gwałtowny wzrost wielkości retencji oleju.



Rys. 11 Retencja oleju. Źródło : [11]

Bardzo ważną kwestią, poruszoną przez autora publikacji, jest wpływ temperatury przegrzania na retencje oleju. W przeprowadzonej obserwacji zauważył, że spadek tej wartości do 0, spowodował wypłukania przez ciekły czynnik oleju z instalacji ssawnej, co może stanowić skuteczną metodę usprawniającą powrót oleju do sprężarki. W publikacji [14], przedstawione zostały wyniki badań eksperymentalnych dot. min. wpływu wielkości strumienia masowego na retencję oleju dla różnych konfiguracji układu, w odniesieniu do przedstawionego modelu obliczeniowego. Badania dotyczą mieszanki czynnika R410A i oleju POE. Przykładowe zestawienia obrazuje wykres – Rys.12.



Rys. 12 Model w odniesieniu do wyników eksperymentalnych, dot. wielkości retencji oleju w stosunku do przepływu masowego. Źródło : [14],

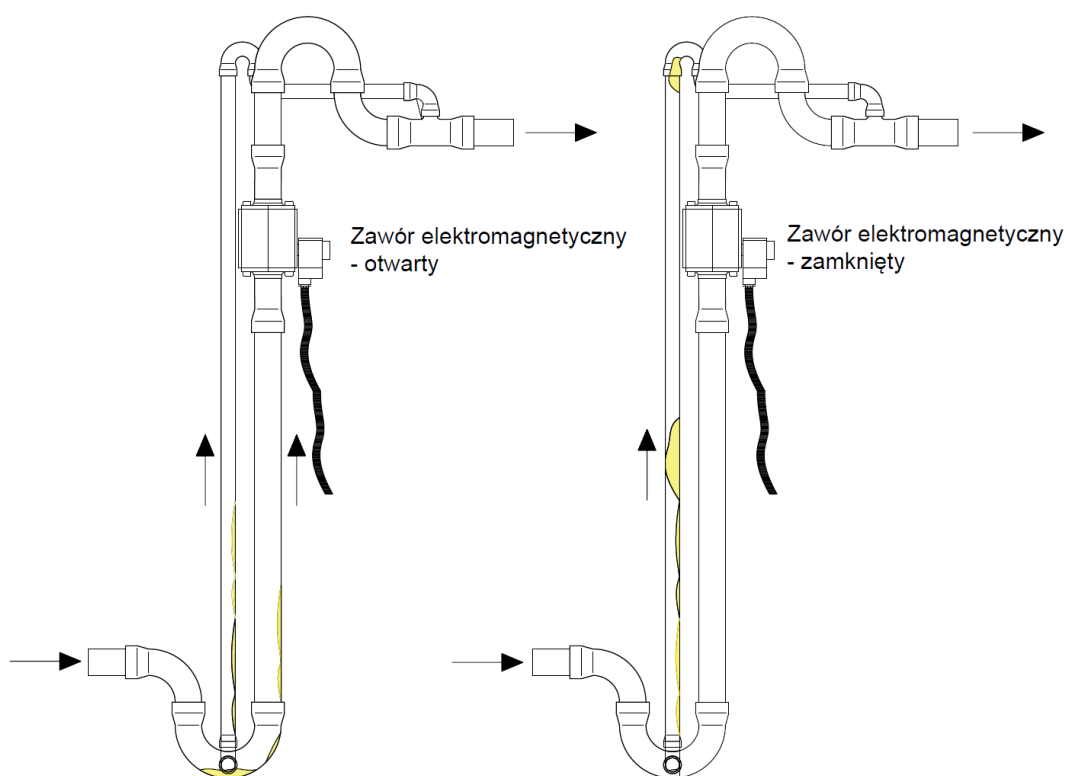
Reasumując, po wykonanej analizie zestawionych publikacji dotyczących transportu oleju POE wraz z czynnikiem R410A w instalacji ssawnej najistotniejsze wnioski to :

- główne czynniki wpływające na powrót oleju to przepływ masowy  $G$  [ $\text{kg}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$ ], temperatura przegrzania  $\Delta T_{oh}$  [K], zawartość oleju OCR [%],
- gwałtowny wzrost retencji oleju dla przepływu masowego poniżej granicy Jacobsa, natomiast już powyżej tej wartości, wzrost przepływu masowego nie ma strategicznego wpływu na jej spadek,
- wartości temperatury przegrzania bliskie 0 K, powodują w większym stopniu przepływ fazy ciekłej, co za tym idzie skutecznie wyłukując odłożony w instalacji olej.

Mając na uwadze powyższe wnioski, projektując rozwiązanie umożliwiające odzysk oleju, z wyjątkiem wartości OCR, na którą nie mamy wpływu, należy skoncentrować się odpowiednim doborze przepływu masowego oraz temperatury przegrzania.

## 2.2. Analiza problemu wymiarowania wymienników gruntowych

Im większa liczba równoległych pętli w parowniku, oraz przekroje rurociągów tym mniejsze straty ciśnienia oraz wolniejsza eksploatacja dolnego źródła, co za tym idzie większa wydajność i współczynnik energetyczne COP. Niestety zbyt duża wielkość parownika, (określona liczbą, długością pętli i przekrój rur), może nie zagwarantować wystarczającej prędkości przepływu czynnika, umożliwiającą swobodny powrót oleju do sprężarki, co może doprowadzić do jej uszkodzenia. Stąd powstał pomysł na opracowanie takiego rozwiązania, które pozwoli na względnie swobodne wymiarowanie parownika gruntowego, bez ryzyka problemu z powrotem oleju do sprężarki. Pomysł rozwiązania tego problemu oparty był o pierwszą koncepcję układu odzyskiwania oleju dotyczącą pionów instalacji chłodniczych, patent własny PAT 231193 [1]. Układ umożliwiał odzyskiwanie oleju z syfonów podwójnych pionów, dzięki okresowemu i krótkotrwałemu zamykaniu szerszego odcinka instalacji, zwiększając jednocześnie prędkość przepływu w odcinku węższym, co powoduje zassanie nagromadzonego w syfonie oleju. Opisana zasada działania przedstawiona została na Rys. 13.

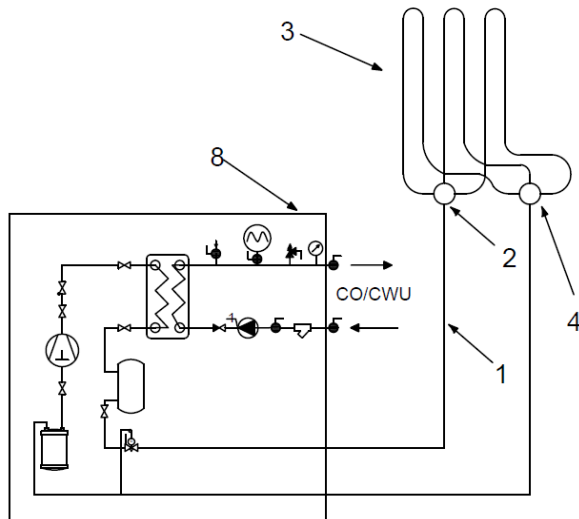




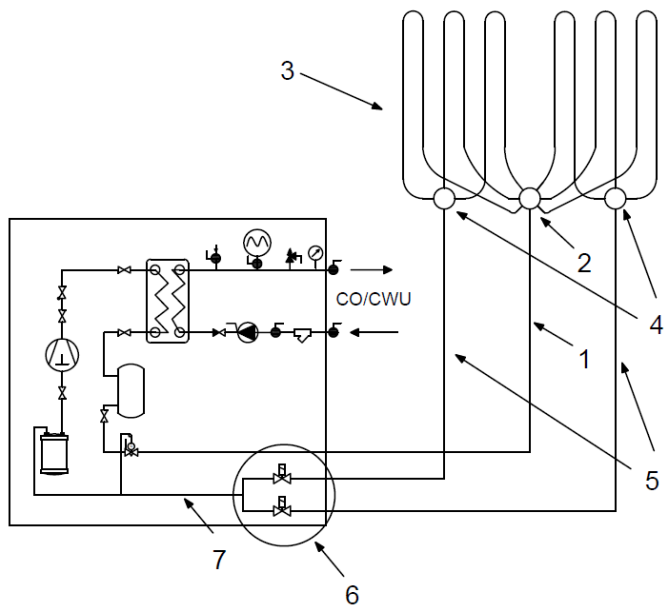
Rys. 13 Zasada działania układu do odzyskiwania oleju [1]

Na tej podstawie, opracowano rozwiązanie polegające na podziale instalacji wymiennika na dwa lub więcej niezależnych rurociągów powrotnych, wyposażonych w elektromagnetyczne zawory odcinające, dzielące wymiennik na oddzielne sekcje z jednym wspólnym rurociągiem zasilającym. Ilość pętli, ich długość oraz przekrój rur każdej sekcji parownika, dobrane są w taki sposób, aby podczas pracy jednej z nich przy zamknięciu pozostałych, zachowywać wymaganą prędkość przepływu czynnika, umożliwiającą swobodny powrót oleju do sprężarki. Zamykanie poszczególnych sekcji za pomocą elektrozaworów odcinających, naprzemiennie zamykanych poprzez główny sterownik lub osobny moduł sterujący w krótkich okresach czasowych (przykładowo 20-30min w ciągu doby), zachowując tym samym, w otwartych pętlach odpowiednią prędkość przepływu czynnika wraz z olejem. W pozostałym dłuższym okresie czasu, wszystkie zawory elektrozawory pozostają otwarte, maksymalizując efektywność układu. Porównanie standardowego schematu pompy ciepła typu bezpośrednie parowanie/woda, w stosunku do schematu wraz z opracowanym układem odzyskiwania oleju, przedstawiono na Rys.14

## Układ standardowy



## Opracowane rozwiązanie



Rys.14 Porównanie standardowego schematu pompy ciepła typu bezpośrednio parowanie/woda stosunku schematu wraz z opracowanym układem do odzyskiwania oleju.

1. rurociąg zasilający parownik
2. rozdzielacz zasilający,
3. wymiennik gruntowy z bezpośrednim odparowaniem czynnika w gruncie,
4. rozdzielacze powrotne,
5. rurociągi powrotne,
6. zawory elektromagnetyczne,
7. wspólny rurociąg ssawny do sprężarki,
8. pompa ciepła typu bezpośrednio odparowanie/woda.

Opracowany układ, nie był dotychczas znany w literaturze, stąd został opatentowany – patent własny PAT 230583 [2]. Główną cechą opracowanego rozwiązania jest, usprawnienie transportu oleju z instalacji do sprężarki przy zastosowaniu względnie, dowolnej wielkości parownika gruntowego i większym sumarycznym przekrojem rurociągów powrotnych, co pozwala na osiągnięcie znacznie korzystniejszych współczynników COP, w porównaniu do stosowanych dotychczas tego typu pomp ciepła. Ponadto, większa ilość równoległych pętli parownika minimalizuje spadek ciśnienia, a wzrost czynnej powierzchni wymiany ciepła wpływa na wolniejszą eksploatację gruntu, co za tym idzie zachowanie wyższych sezonowych współczynników efektywności energetycznej. Poniżej zaprezentowano przykład porównawczy, przygotowany na podstawie teoretycznych i szacunkowych obliczeń.

Przyjęte założenia :

- sprężarka pompy ciepła - Copeland ZH-09
- zakładana temp. w gruncie - +2°C
- temp. wody zasilającej centralne ogrzewanie- +38°C
- temp. skraplania - +40°C
- wielkość przegrzania gazu - 8K
- wielkość dochłodzenia gazu - 4K

**Przykładowy wymiennik gruntowy konwencjonalny :**

- Zakładana maksymalna wielkość parownika gwarantująca minimalną prędkość czynnika - 5x 80m fi3/8" równoległych pętli
- Powierzchnia parownika -  $A_1 = 5 \times 80 \times 0,0953 \times 3,14 \text{ m}^2 = 119\text{m}^2$
- Zakładana temp. odparowania -8°C
- $\Delta T_{1 \text{ parownika}} = 10\text{K}$  (temp. gruntu - temp. odparowania)
- Wydajność grzewcza dla powyższych parametrów  $Q_1 = 9,1\text{kW}$
- $\text{COP}_1$  dla powyższych parametrów - 3,83
- Wykorzystana powierzchnia gruntu - 180 m<sup>2</sup>

### Wymiennik gruntowy wg. opracowanego rozwiązania :

- Wielkość parownika 8x 80m fi3/8" równoległych pętli
- Zakładany udział pracy układu na dwóch otwartych sekcjach (8 pętli)  
23h20min/24h -> 97,2%
- Zakładany łączny udział pracy układu na każdej pojedynczej sekcji (4pętli)  
2x20min/24h -> 2,8%

#### Tryb normalnej pracy - 8 pętli otwartych

Powierzchnia parownika -  $A_2 = 8 \times 80 \times 0,0953 \times 3,14 \text{ m}^2 = 191 \text{ m}^2$

Tryb pracy "odzyskiwanie oleju" - 4 pętli otwarte (połowa wymiennika), każda połowa po 20min/24h

Powierzchnia parownika -  $A_{2\ 1/2} = 4 \times 80 \times 0,0953 \times 3,14 \text{ m}^2 = 85,5 \text{ m}^2$

Obliczenie całkowitej wydajności i COP w pełnym wymiarze czasowym (tryb pracy normalnej oraz odzyskiwania oleju)

$$\Delta T_{2\text{parownika}} = \Delta T_{1\text{parownika}} \times \frac{A_1}{A_2 \times 97,2\% + A_{2\frac{1}{2}} \times 2,8\%} = 6,33\text{K}$$

$$\rightarrow \text{Temp. odparowania} = -4,33^\circ\text{C}$$

Wydajność grzewcza dla powyższych parametrów  $Q_2 = 10,15\text{kW}$

COP<sub>2</sub> dla powyższych parametrów - 4,25

COP<sub>2</sub>/ COP<sub>1</sub> = 1,11

Wykorzystana powierzchnia gruntu - 280 m<sup>2</sup>

Dane dotyczące wydajności oraz współczynników COP, są pobrane z programu doborowego firmy Copeland – Select 7. Dane porównawcze mają charakter czysto teoretyczny i mogą się nieznacznie różnić od rzeczywistych wyników, ze względu na uproszczenie zależności, natomiast przedstawiają punkty odniesienia dla uzyskiwanych korzyści opracowanego rozwiązania. Jak przedstawia powyższy przykład, zastosowanie opracowanego rozwiązania może wpłynąć na wzrost około 11% (lub więcej w przypadku wyższego przewymiarowania w stosunku do rozwiązania

konwencjonalnego) współczynnika energetyczny COP oraz wydajności grzewczej. Ponadto większa powierzchnia wykorzystanego gruntu, oznacza wolniejszą jego eksploatację cieplną, co za tym idzie systematyczny wzrost różnicy COP, z biegiem trwania sezonu grzewczego. Dzięki podziałowi na dwie sekcje po 4 pętle, odcinając na przemienne każdą z nich na krótki okres czasowy, pętla otwarta podczas odcięcia drugiej, zachowa wystarczająco dużą prędkość w celu odzyskania oleju z układu. Powyższy przykład można zastosować analogicznie do obliczeń porównawczych pionowego wymiennika gruntowego (sondy pionowe). Problemem wymagającym rozwiązania, w przedstawionym układzie, jest :

- optymalizacja pod kątem czasu pracy, oraz ogólnego algorytmu załączania się poszczególnych zaworów odcinających,
- wpływ zamykania poszczególnych sekcji parownika na pracę całego urządzenia, a głównie działanie zaworów rozprężnych,
- ewentualna optymalizacja schematu rozwiązania, jego konstrukcji oraz innych parametrów usprawniających powrót oleju z instalacji.

Natomiast w celu oszacowania pełnych korzyści poprawy współczynników efektywności energetycznej zastosowanego układu, potrzebne są dane dotyczące wpływu wielkości wymiennika gruntowego, na stopień wychładzania gruntu. Na tej podstawie, można byłoby wstępnie określić jak wzrost wielkości parownika zmniejsza stopień wychładzania gruntu z biegiem czasu jego eksploatacji. Jest to istotna kwestia, ponieważ dla użytkowania pompy ciepła, kluczowym elementem jest rzeczywiste zużycie energii w skali sezonowej, które określa nam współczynnik SPF, natomiast nie jednostkowy współczynnik COP, tym bardziej kiedy jest mierzony w początkowym okresie eksploatacji urządzenia.

### 2.3. Teza i cel pracy badawczej

#### Teza niniejszej pracy :

Istnieje pewien układ odzyskiwania oleju z parowników gruntowych pomp ciepła typu bezpośrednio parowanie/woda, umożliwiający ich względną elastyczność wymiarowania, w celu podwyższenia efektywności energetycznej.

#### Cel pracy :

Celem pracy jest opracowanie i przebadanie układu odzyskiwania oleju z parowników gruntowych pomp ciepła typu bezpośrednio odparowanie/woda oraz określenie wpływu ich wymiarowania na efektywność energetyczną.

Pierwsza koncepcja, układu do odzyskania oleju opracowana została pod kątem poderwania zalegającego oleju w dolnym syfonie podwójnych pionów chłodniczych i opatentowana PAT 231193. [1] To rozwiązanie pociągnęło za sobą pomysł opracowania układu do odzyskiwania oleju z parowników typu bezpośrednio parowanie/woda, która następnie została opatentowana - PAT230538. [2] Ponieważ metoda odzyskania oleju opiera się głównie na okresowym zwiększaniu prędkości przepływu czynnika, i o ile może sprawdzać się do zaciągania zgromadzonego oleju w dolnych syfonach pionowych odcinków wymiennika gruntowego, o tyle w poziomych wymiennikach gdzie olej rozprawdza na jego całej powierzchni rurociągu, może być mało efektywna. Stąd na cel pracy badawczej, składają się dwa zagadnienia :

1. Badanie wpływu wymiarowania wymiennika gruntowego na efektywność energetyczną.
2. Opracowanie układu umożliwiającego względnie dowolne wymiarowanie parowników gruntowych, wraz jego badaniem pod kątem poprawności działania, na przygotowanym w warunkach rzeczywistych stanowisku badawczym.

Niniejsza praca, oparta jest na przeprowadzonych badaniach w ramach dofinansowanego z funduszy unijnych projektu : „*Opracowanie prototypu nowej generacji pomp ciepła typu bezpośrednio odparowanie/woda z innowacyjnymi rozwiązaniami technologicznymi*” wykonanego w ramach Regionalnego Programu

Operacyjnego Województwa Śląskiego na lata 2014-2020 (Europejski Fundusz Rozwoju Regionalnego).

### 3. Opis stanowiska Badawczego

Zaplanowano budowę stanowiska badawczego w warunkach rzeczywistych, to znaczy wielkości wymienników gruntowych oraz wydajności agregatów sprężarkowych, odpowiadających pomp ciepła dla najbardziej popularnych budynków jednorodzinnych tzn. nominalna wydajność grzewcza 9kW. Wymienniki gruntowe zaprojektowano w taki sposób, aby umożliwić przeprowadzenie badań porównawczych, przykładowego wymiennika standardowego przyjmując 5 pętli o długości 82m, i odpowiednio wymienników 8 pętli, jednopłaszczyznowego oraz piętrowego, podzielonych każdy na dwie sekcje po 4 pętli. Wymiennikami gruntowe zakopane na głębokości 1,2m - dwa wymienniki jednopłaszczyznowe, oraz 2m i 1m – jeden wymiennik dwupłaszczyznowy, na łącznej powierzchni 800m<sup>2</sup> Rys.15 umożliwiając tym samym pracę dolnego źródła energii w warunkach rzeczywistych.









Rys. 15 Stanowisko badawcze - wymienniki gruntowe, dolne źródło energii

Górne źródło energii, zaprojektowane w taki sposób aby precyzyjnie w tej samej ilości, odbierać ciepło z poszczególnych układów pomp ciepła Rys.16.



Rys. 16 Stanowisko – górne źródło energii, odbiór ciepła w postaci otwartego zbiornika zewnętrznego, oraz opcjonalnie wymiennik powietrzny. Zdjęcie przedstawia również pomieszczenie stanowiska badawczego.

Przyjęte założenia zaprojektowanego stanowiska badawczego :

- Stałe parametry techniczne wymiennika gruntowego, dla każdego z układów,
- Długość pętli – 82m, przekrój rurociągu 10mm, budowa – miedź chłodnicza Cu w otulinie z tworzywa,
- Grunt – glina + kamień, niezmienny na całej powierzchni badawczej,
- Ułożenie wymiennika – 0,5m odległość pomiędzy pętlami, 1 pętla przypada na 40m<sup>2</sup>, głębokość 1,2m w wariantcie jednopłaszczyznowym, i 1m/2m w wariantcie dwupłaszczyznowym,(piętrowym),
- Każdy układ wyposażony w sprężarkę o wydajności grzewczej, nominalnej 9kW. W badaniach porównawczych dot. wyznaczania spadku temp. gruntu lub temp. odparowania, okres pracy każdego z układów był korygowany o proporcjonalny stosunek wartości wydajności każdego z nich.
- Stosunek temperatury odparowania do wydajności grzewczej, oraz współczynników efektywności energetycznej COP, został zbadany

doświadczalnie, i dodatkowo weryfikowany programem doborowym producenta sprężarek Copeland Select 7.

- Podczas badań porównawczych utrzymana została na tym samym poziomie dla każdego z układów temperatura przegrzania zimnych par  $\Delta T_{oh}$  [K], temperatura skraplania  $\Delta T_c$  [°C] i dochłodzenia ciekłego czynnika  $\Delta T_s$  [K].
- Wymiarowanie wymiennika realizowane poprzez zmianę liczby pętli podłączonych do danego układu – różne warianty konfigurowane po 4 pętli na daną sprężarkę.

Założone zostały następujące punkty pracy :

- Układ na sprężarce 9kW z wymiennikiem gruntowym 5 pętli po 82m dł. – z założenia jako układ konwencjonalny Spr.1
- Układ na sprężarce 9kW z wymiennikiem gruntowym 8 pętli po 82m dł. Spr.3
- Układ na sprężarce 9kW z wymiennikiem gruntowym 8 pętli po 82m dł., dwu płaszczyznowy Spr.2
- Połączenie układu Spr.2 i Spr.3. daje również możliwość konfiguracji punktów pracy 9kW z wymiennikiem gruntowym 4 pętli, 12 pętli, oraz 16 pętli.
- Ustalony zakres temperaturowy górnego źródła energii od 35°C do 55°C, w przepływie wody od 0,6 do 2m<sup>3</sup>/h.
- Każde badanie porównawcze przeprowadzane na układach pracujących ustalonych przedziałach czasowych.



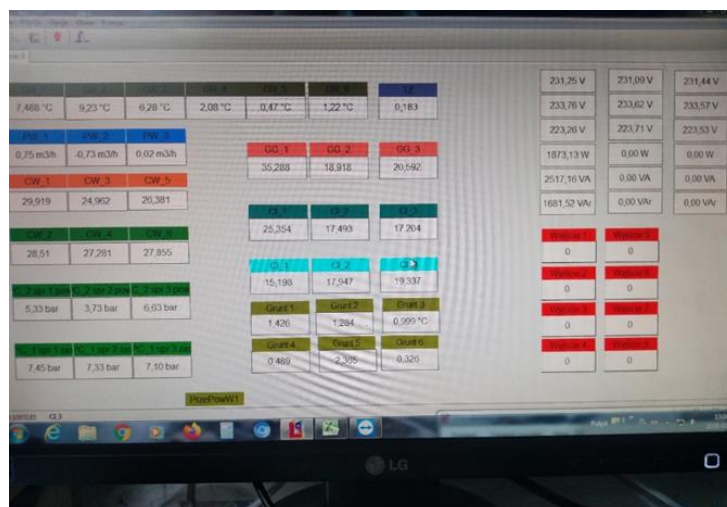
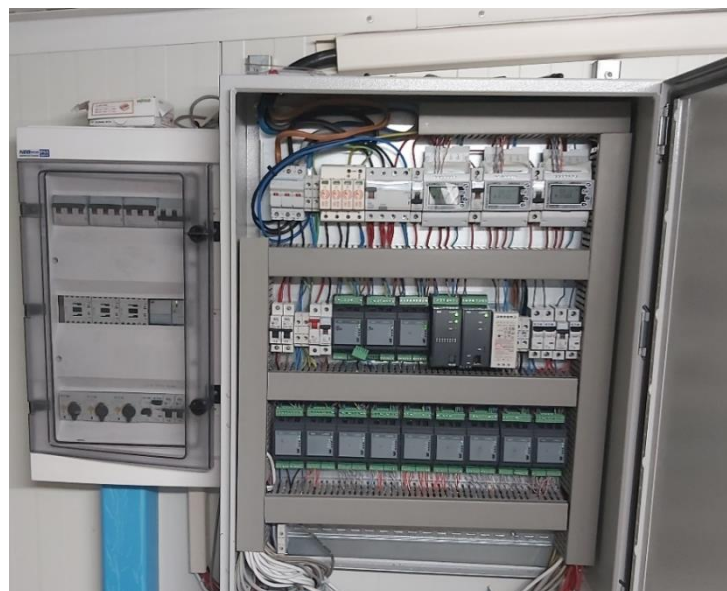
Rys. 17 Instalacja układów sprężarkowych wraz z instalacją hydrauliczną górnego źródła energii.

Ustalona została następująca metodyka badań :

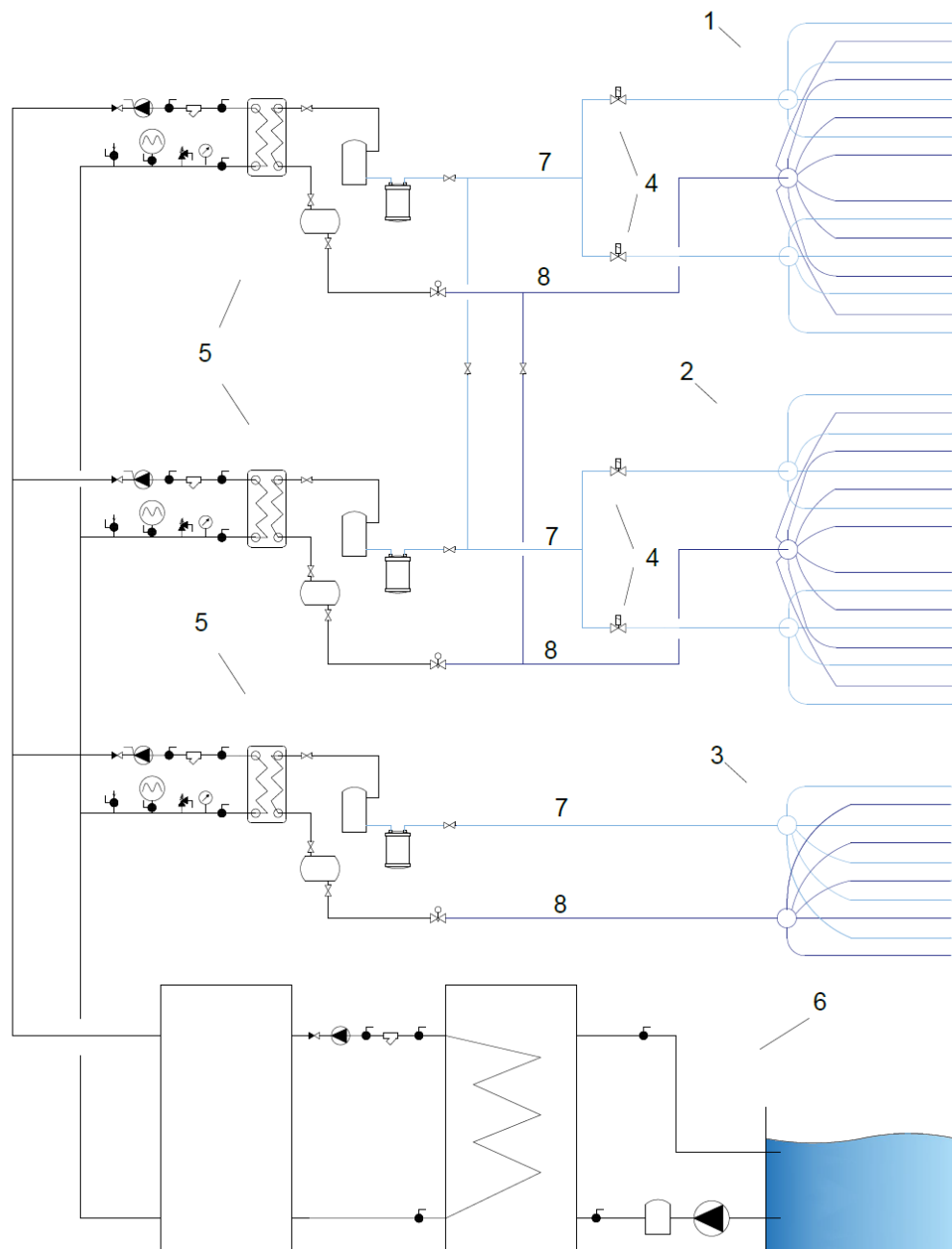
- Odczyt i eksport danych do programów kalkulacyjnych i graficznych,
  - temperatury po stronie wodnej tj. zasilanie, powrót,
  - temperatury gruntu
  - temperatury po stronie freonowej tj. gorący gaz, ciecz, przegrzania zimnych par,
  - ciśnienie parowania/ skraplania,
  - pomiar przepływu wody,
  - pomiar zużycia energii elektrycznej,
- Obliczenie na podstawie powyższych danych ilości ciepła, współczynników efektywności energetycznej,
- Analiza porównawcza czasu powrotu oleju z parownika gruntowego, dla każdej badanej konfiguracji,

- Porównania wyników pomiędzy poszczególnymi punktami pracy, czas wychładzania gruntu, wyznaczenie współczynników energetycznych oraz wydajności grzewczej w określonych warunkach.

Sygnal z czujników temperatury, przetworników ciśnienia, oraz liczników energii elektrycznej, odczytywany jest poprzez moduły pomiarowe marki LUMEL. Akwizycja danych, realizowana jest w programie tego samego producenta, z możliwością eksportowania danych do formatu \*.xls. – Rys.18.



Rys.18 przedstawiono schemat stanowiska badawczego. Schemat obejmuje kompletną instalację hydrauliczną i freonową.



Rys. 19 Schemat instalacji stanowiska badawczego :

1. Freonowy wymiennik gruntowy – 8 pętli x 85m, jedнопłaszczyznowy, głębokość 1,2m.
2. Freonowy wymiennik gruntowy – 8 pętli x 85m, dwupłaszczyznowy głębokość 1,1m oraz 2,1m.
3. Freonowy wymiennik gruntowy – 5 pętli x 85m, jedнопłaszczyznowy, głębokość 1,2m.
4. Elektromagnetyczne zawory odcinające,
5. Agregaty sprężarkowe wraz z wymiennikami freon/woda, o nominalnej wydajności grzewczej 3x 9kW
6. Górne źródło ciepła – instalacja do odprowadzenia ciepła,
7. Kolektor zasilający wymiennik gruntowy,
8. Kolektor powrotny z wymiennika gruntowego,

Poniżej przedstawiono zestawienie niepewności pomiarowych, dla poszczególnych danych :

- Odczyty temperatur  $T_z$ ,  $T_p$ ,  $T_g$ ,  $T_{gr}$  Typ czujnika – PT100,
  - Dokładność pomiaru – klasa A  $\pm 0,15$  °C
- Odczyt wartości ciśnienia po [bar]
  - Typ przetwornika – 4-20mA,
  - Dokładność pomiaru – 0,04bar
- Pomiar mocy elektrycznej  $P_e$  [W] :
  - Dokładność pomiaru – 39W
- Pomiar przepływu  $q$  [m<sup>3</sup>/h]
  - Dokładność pomiaru – 0,012 m<sup>3</sup>/h

Dokładność wartości zależnych :

- Wydajność grzewcza  $Q$  [W] ( $T_z$ ,  $T_p$ ,  $q$ )
  - Dokładność wartości w badanych zakresach do 12kW – 1,04%
- Współczynnik COP ( $Q$ ,  $P_e$ )
  - Dokładność wartości w badanych zakresach do 5 – 1,48%



## 4. Badania wpływu elastyczności wymiarowania wymiennika gruntowego

Wpływ wymiarowania wymiennika na efektywność energetyczną jest jednym z badanych zagadnień, poruszanych w niniejszej pracy. Zastosowanie układu do odzyskiwania oleju, umożliwiające bardziej elastyczne wymiarowanie wymiennika, ma tylko wtedy sens, kiedy jesteśmy w stanie oszacować płynące z tego konkretne korzyści. Wydajność wymiennika, jak wynika z najprostszej zależności :

$$Q = A \times k \times \Delta T$$

A – powierzchnia wymiany ciepła

k – współczynnik przenikania ciepła

$\Delta T$  – logarytmiczna różnica temperatur w wymienniku

jest wprost proporcjonalna do powierzchni wymiany, współczynnika przenikania ciepła oraz różnicy temperatur, w tym przypadku między czynnikiem chłodniczym, a temperaturą gruntu. Zakładając, że współczynnik przenikania ciepła jest i wydajność grzewcza jest nie zmienna, to wzrost powierzchni wymiennika ciepła wpłynie na spadek różnicy temperatur. Ponieważ temperatura gruntu, w danym momencie jest wartością stałą, to spadek  $\Delta T$  wpływa na wzrost temperatury odparowania czynnika w parowniku, co za tym idzie na wzrost efektywności energetycznej całego układu. Wzrost temperatury parowania o 1K, może poprawić wskaźnik COP nawet o 4%. Co prawda przedstawione powyżej bardzo ogólnie i czysto szacunkowo zależności, są w rzeczywistości znacznie bardziej złożone, to mimo wszystko można zauważyć jak wzrost powierzchni wymiennika gruntowego może wpływać na wzrost efektywności. Ponadto kolejnym czynnikiem wpływającym na poprawę efektywności, jest wolniejsza eksploatacja ciepła gruntu. Większa powierzchnia wymiennika to proporcjonalnie większa zajęta objętość gruntu, co za tym idzie wolniejsza jego eksploatacja ciepła. To z kolei oznacza wzrost sezonowego wskaźnika COP, czyli średniego, mierzonego w danym okresie grzewczym, co ma istotne znacznie sumarycznego zużycia energii elektrycznej. Oprócz analizy zagadnienia związanego, z powierzchnią wymiennika gruntowego, istotny również może być sposób jego ułożenia. W celu zmniejszenia

zajętej powierzchni gruntu przeznaczonego na dolne źródło, istnieje możliwość ułożenia wymiennika w formie dwóch pięter jedno pod drugim, przykładowo dla 8 pętli, 4 pętli na głębokość ~1m i kolejne 4 pętli na ~2m. Redukcja zajętego obszaru o nawet 50% to bardzo znacząca zaleta w praktyce, natomiast taki sposób ułożenia wymiennika może pogorszyć regenerację gruntu, tym samym obniżając rzeczywiste sezonowe wskaźniki COP. Stąd istnieje konieczność przeprowadzenia badań porównawczych pomiędzy wymiennikiem jedno, a dwupłaszczyznowym na wychładzanie gruntu i temperaturę odparowania czynnika. Odległości pomiędzy pętlami, zakłada się nie mniejsze niż 0,45-0,5m, a głębokość to 1,2m dla wymiennika jednopłaszczyznowego i 1m oraz 2m dla wymiennika dwupłaszczyznowego, natomiast optymalizacja tej wartości nie jest przedmiotem niniejszej pracy. W związku z powyższym, zaplanowane zostało przeprowadzenie badań porównawczych, układów z odpowiednio większym wymiennikiem gruntowym w stosunku do wymiennika konwencjonalnego. Założona wielkość wymiennika konwencjonalnego to 5 pętli po 82mb, co stanowi bazowy punkt odniesienia, dla porównywanych układów :

- Wymiennika jednopłaszczyznowego o podwyższonej powierzchni +60% (8 pętli)
- Wymiennika jednopłaszczyznowego o jeszcze wyższym przewymiarowaniu (12 pętli) +140%, oraz (16 pętli) +320%.

Ponadto, przeprowadzone zostały badania porównawczej, tej samej wielkości wymienników gruntowych (po 8pętli) dla dwóch różnych sposobów ich ułożenia tj. :

- Wymiennika jednopłaszczyznowego w stosunku do dwupłaszczyznowego o tych samych wymiarach (8 pętli),

#### **4.1. Wymiennik jednopłaszczyznowy o podwyższonej powierzchni +60% (8 pętli) w stosunku do konwencjonalnego (5 pętli).**

Badania porównawcze w tym punkcie podzielono w celu oszacowania wzrostu jednostkowego wskaźnika COP, oraz pod kątem sezonowego, mierzonego w danym

okresie czasu pracy urządzenia. Wykonano badania porównawcze, dla każdego z punktów pomiarowych w konfiguracji :

- Warunki niskotemperaturowe  $T_z=35^{\circ}\text{C}$ , dla temperatury przegrzania  $T_{oh}=9\text{ K}$  oraz  $T_{oh}=13\text{ K}$
- Warunki średniotemperaturowe  $T_z=55^{\circ}\text{C}$ , dla temperatury przegrzania  $T_{oh}=9\text{ K}$  oraz  $T_{oh}=13\text{ K}$
- Warunki pośrednie  $T_z=40^{\circ}\text{C}$ , i  $T_z=50^{\circ}\text{C}$  dla temperatury przegrzania  $T_{oh}=9\text{ K}$  oraz  $T_{oh}=13\text{ K}$  (zestawione w osobnym załączniku),

których celem jest wyznaczenie jednostkowego wzrostu wydajności grzewczej oraz wskaźników efektywności energetycznej COP, układu przewymiarowanego (8 pętli) w stosunku do konwencjonalnego (5 pętli). Dla każdej z możliwych konfiguracji wykonano po 3 pomiary, będące średnią z mierzonych wartości, po wyodrębnieniu błędów przypadkowych. Po obróbce danych z plików źródłowych zestawiono wyniki w poniższych danych tabelarycznych Tabela 3,4,5,6,7,8,9,10, dla warunków niskotemperaturowych  $T_z=35^{\circ}\text{C}$  oraz średnio temperaturowych  $T_z=55^{\circ}\text{C}$ , w dwóch wariantach temperatury przegrzania  $T_{oh} = 13\text{ K}$  i  $T_{oh} = 9\text{ K}$ , a następnie wyznaczono, szukane wartości. Wyniki badań dla pozostałych warunków tj.  $T_z=40^{\circ}\text{C}$  i  $T_z=50^{\circ}\text{C}$ , zestawione zostały w odrębnym załączniku. Badania porównawcze dwóch układów Spr3 oraz Spr1, były wykonywane w tym samym czasie stąd parametry gruntu, w momencie rozpoczęcia badań były takie same. Temperatura odparowania  $T_o$ , dla każdego z układów była ściśle uzależniona od różnicy w konfiguracji (wielkości) wymiennika gruntowego, natomiast parametry wody ( $T_z$ ,  $T_p$ ) co z tym idzie również temp. skraplania  $T_k$ , jak i temp. przegrzania zimnych par  $T_{oh}$ , mające istotny wpływ na efektywność i wydajność układu, stanowiły zmienne w poniższym zestawieniu.

Tabela 3. Zestawienie wydajności grzewczych dla wyszczególnionych parametrów układu. Dla temperatury wody zasilającej  $T_z=35^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

		Spr1		Spr3	
		Parametry wody	Wydajność grzewcza Q[W]	Parametry wody	Wydajność grzewcza Q[W]
$T_{oh} = 13\text{K}$					
pomiar 1	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	33,2	8869	33,14	10635
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	28,18		28,11	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,53		1,83	
pomiar 2	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	34,35	8486	34,42	10217
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	29,56		29,58	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,535		1,83	
pomiar 3	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	35,25	8448	35,36	10263
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	30,50		30,50	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,54		1,83	
$T_{oh} = 9\text{K}$					
pomiar 1	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	33,32	9299	33,21	11253
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	28,06		27,88	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,53		1,83	
pomiar 2	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	34,48	8937	34,48	10883
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	29,44		29,33	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,535		1,83	

pomiar 3	Temp. zas. Tz [°C]	35,3	8901	35,44	10815
	Temp. powr. Tp [°C]	30,29		30,32	
	Przepływ wody qw [m3/h]	1,54		1,83	

Pierwsze zestawienie wydajności grzewczych Tabela 3, przedstawia wydajności grzewcze dla warunków niskotemperaturowych, i dwóch różnych wariantów temperatury przegrzania. Pomijając różnicę wydajności pomiędzy układem Spr 3 i Spr 1, można zaobserwować jej niewielki wzrost przy obniżeniu wartości temperatury przegrzania z 13K na 9K.

Tabela 4. Zestawienie parametrów pracy dla wody zasilającej  $T_z=35^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

		Spr1	Spr3
		Parametry freonu	
	$T_{oh} = 13\text{K}$		
pomiar 1	Temp. ssan. Ts [°C]	2,73	7,96
	Ciśn. Odpar. Zas. Poz [bar]	4,56	5,74
	Temp. odpar. To [°C]	-10,73	-5,15
	Temp. skrapl. Tk [°C]	33,8	33,55
	Temp. ciecz. Tc [°C]	31,86	32,22
	Temp. przegrzan. $\Delta t_{oh}$	13,46	13,11
pomiar 2	Temp. ssan. Ts [°C]	2,58	7,25
	Ciśn. Odpar. Zas. Poz [bar]	4,45	5,57
	Temp. odpar. To [°C]	-11,29	-5,87
	Temp. skrapl. Tk [°C]	35,05	34,92
	Temp. ciecz. Tc [°C]	33,2	33,58
	Temp. przegrzan. $\Delta t_{oh}$	13,87	13,12
pomiar 3	Temp. ssan. Ts [°C]	2,59	6,97
	Ciśn. Odpar. Zas. Poz [bar]	4,47	5,54
	Temp. odpar. To [°C]	-11,19	-6,01

	Temp. skrapl. Tk [°C]	35,9	36,05
	Temp. ciecz. Tc [°C]	33,88	34
	Temp. przegrzan. $\Delta t_{oh}$	13,78	12,98
	$T_{oh} = 9K$		
pomiar 1	Temp. ssan. Ts [°C]	-0,44	5,06
	Ciśn. Odpar. Zas. Poz [bar]	4,61	5,92
	Temp. odpar. To [°C]	-9,55	-4,35
	Temp. skrapl. Tk [°C]	33,82	33,52
	Temp. ciecz. Tc [°C]	31,86	32,22
	Temp. przegrzan. $\Delta t_{oh}$	9,11	9,41
pomiar 2	Temp. ssan. Ts [°C]	-1,09	4,31
	Ciśn. Odpar. Zas. Poz [bar]	4,5	5,62
	Temp. odpar. To [°C]	-10,07	-4,71
	Temp. skrapl. Tk [°C]	35,08	34,88
	Temp. ciecz. Tc [°C]	33,2	33,58
	Temp. przegrzan. $\Delta t_{oh}$	8,98	9,02
pomiar 3	Temp. ssan. Ts [°C]	-1,19	3,91
	Ciśn. Odpar. Zas. Poz [bar]	4,52	5,59
	Temp. odpar. To [°C]	-10,1	-5,01
	Temp. skrapl. Tk [°C]	35,85	36,03
	Temp. ciecz. Tc [°C]	33,88	34
	Temp. przegrzan. $\Delta t_{oh}$	8,91	8,92

W Tabeli 4, zestawione zostały najistotniejsze parametry pracy wpływające na wydajności i efektywność układu, przy których wykonane zostały 3 pomiary wydajności grzewczych w warunkach niskotemperaturowych  $T_z=35^\circ C$ . Następne serie pomiarów, wykonane zostały wraz z zestawieniem wyników dla temperatur  $T_z=40^\circ C$ ,  $50^\circ C$ , natomiast ostatnim punktem był zakres średnotemperaturowy, czyli  $T_z=55^\circ C$  Tabela 5. Celem przeprowadzenia badań dla różnych temperatur zasilania, była weryfikacja jej ewentualnego wpływu na wydajność grzewczą, a w następnym kroku na wskaźniki efektywności energetycznej COP.

Tabela 5. Zestawienie wydajności grzewczych dla wyszczególnionych parametrów układu. Dla temperatury wody zasilającej  $T_z=55^{\circ}\text{C}$ ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

		Spr1		Spr3	
		Parametry wody	Wydajność grzewcza Q[W]	Parametry wody	Wydajność grzewcza Q[W]
$T_{oh} = 13\text{K}$					
pomiar 1	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	54,2	8257	55,08	9863
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	49,53		50,42	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,53		1,835	
pomiar 2	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	55,3	7914	55,1	9435
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	50,83		50,6	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,535		1,83	
pomiar 3	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	55,05	7872	54,8	9495
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	50,6		50,31	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,54		1,83	
$T_{oh} = 9\text{K}$					
pomiar 1	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	54,3	8699	55,18	10456
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	49,38		50,24	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,53		1,835	
pomiar 2	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	55,4	8357	55,2	10026
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	50,7		50,45	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,535		1,83	

pomiar 3	Temp. zas. Tz [°C]	55,15	8316	54,9	10086
	Temp. powr. Tp [°C]	50,47		50,13	
	Przepływ wody qw [m3/h]	1,54		1,83	

W Tabeli 6, podobnie jak w poprzednim przypadku zestawione zostały parametry pracy dla wykonanych pomiarów tym razem w zakresie średniotemperaturowych.

Tabela 6. Zestawienie parametrów pracy dla wody zasilającej  $T_z=55^\circ\text{C}$ ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

		Spr1	Spr3
		Parametry freonu	
	Toh = 13K		
pomiar 1	Temp. ssan. Ts [°C]	2,73	8,8
	Ciśn. Odpar. Zas. Poz [bar]	4,71	5,94
	Temp. odpar. To [°C]	-10	-4,25
	Temp. skrapl. Tk [°C]	54,4	55,5
	Temp. ciecz. Tc [°C]	50,55	51,65
	Temp. przegrzan. $\Delta toh$	12,73	13,05
pomiar 2	Temp. ssan. Ts [°C]	2,58	7,59
	Ciśn. Odpar. Zas. Poz [bar]	4,56	5,68
	Temp. odpar. To [°C]	-10,8	-5,38
	Temp. skrapl. Tk [°C]	55,6	55,3
	Temp. ciecz. Tc [°C]	51,75	51,45
	Temp. przegrzan. $\Delta toh$	13,38	12,97
pomiar 3	Temp. ssan. Ts [°C]	2,59	8,15
	Ciśn. Odpar. Zas. Poz [bar]	4,62	5,77
	Temp. odpar. To [°C]	-10,45	-5
	Temp. skrapl. Tk [°C]	56,01	55,1
	Temp. ciecz. Tc [°C]	52,16	51,25
	Temp. przegrzan. $\Delta toh$	13,04	13,15



	T <sub>oh</sub> = 9K		
pomiar 1	Temp. ssan. Ts [°C]	0,05	5,45
	Ciśn. Odpar. Zas. Poz [bar]	4,88	6
	Temp. odpar. To [°C]	-9,15	-4
	Temp. skrapl. Tk [°C]	54,8	55,5
	Temp. ciecz. Tc [°C]	50,95	51,65
	Temp. przegrzan. Δtoh	9,2	9,45
pomiar 2	Temp. ssan. Ts [°C]	-0,82	4,63
	Ciśn. Odpar. Zas. Poz [bar]	4,76	5,92
	Temp. odpar. To [°C]	-9,77	-4,35
	Temp. skrapl. Tk [°C]	55,7	55,4
	Temp. ciecz. Tc [°C]	51,85	51,55
	Temp. przegrzan. Δtoh	8,95	8,98
pomiar 3	Temp. ssan. Ts [°C]	-0,79	4,58
	Ciśn. Odpar. Zas. Poz [bar]	4,73	5,85
	Temp. odpar. To [°C]	-9,85	-4,65
	Temp. skrapl. Tk [°C]	55,2	55,1
	Temp. ciecz. Tc [°C]	51,35	51,25
	Temp. przegrzan. Δtoh	9,06	9,23

Na podstawie zestawionych wyników w każdej konfiguracji, wyznaczony został wzrost wydajności grzewczej Spr3 w stosunku do Spr1. Tabela 7 przedstawia wzrost wydajności grzewczych dla warunków niskotemperaturowych.

Tabela 7. Zestawienie wielkości wzrostu wydajności grzewczej dla wody zasilającej  $T_z=35^{\circ}\text{C}$  ;  
Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

Pomiar	Wzrost wydajności grzewczej	
Toh = 13K		
1	$\Delta Q_{\text{spr3/spr1}} [\%]$	19,9%
2		20,4%
3		21,5%
	Średnia	20,6%
Toh = 9K		
1	$\Delta Q_{\text{spr3/spr1}} [\%]$	21,0%
2		21,8%
3		21,5%
	Średnia	21,4%

Wyciągnięta średnia wydajność grzewcza  $Q[\text{W}]$  oraz moc elektryczna  $P[\text{W}]$ , pozwala na określenie kluczowej dla całego zadania wartości jaką jest współczynnik COP i jego wzrost. Zestawienie tych wartości, przedstawia Tabel 8, podobnie jak powyżej dla warunków niskotemperaturowych.

Tabela 8. Zestawienie wielkości wydajności grzewczej, mocy elektrycznej oraz współczynników COP wraz z jego wzrostem, dla wody zasilającej  $T_z=35^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

	Spr1	Spr 3
$T_{oh} = 13\text{K}$	Średnia wydajność $Q [\text{W}]$	
	8601	10372
	Średni pobór mocy elektr. $[\text{W}]$	
	2148	2150
	COP	
	4,004	4,824
	Wzrost COP	20,5%

T <sub>oh</sub> = 9K	Średnia wydajność Q [W]	
	9046	10984
	Średni pobór mocy elektr. [W]	
	2133	2142
	COP	
	4,241	5,128
	Wzrost COP	20,9%

Analogicznie jak dla warunków niskotemperaturowych, w Tabeli 9 oraz Tabeli 10, przedstawione zostały wyniki dla parametrów średnotemperaturowych tj. T<sub>z</sub>=55°C.

Tabela 9. Zestawienie wielkości wzrostu wydajności grzewczej dla wody zasilającej T<sub>z</sub>=55°C ; Temperatura przegrzania T<sub>oh</sub> = 13K oraz T<sub>oh</sub> = 9K.

Pomiar	Wzrost wydajności grzewczej	
T <sub>oh</sub> = 13K		
1	ΔQ spr3/spr1 [%]	19,4%
2		19,2%
3		20,6%
	Średnia	19,8%
T <sub>oh</sub> = 9K		
1	ΔQ spr3/spr1 [%]	20,2%
2		20,0%
3		21,3%
	Średnia	20,5%

Tabela 10. Zestawienie wielkości wydajności grzewczej, mocy elektrycznej oraz współczynników COP wraz z jego wzrostem, dla wody zasilającej  $T_z=55^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

	Spr1	Spr 3
$T_{oh} = 13\text{K}$	Średnia wydajność Q [W]	
	8014	9597
	Średni pobór mocy elektr. [W]	
	3266	3276
	COP	
	2,454	2,930
	Wzrost COP	19,4%
$T_{oh} = 9\text{K}$	Średnia wydajność Q [W]	
	8457	10190
	Średni pobór mocy elektr. [W]	
	3245	3262
	COP	
	2,606	3,124
	Wzrost COP	19,9%

Jak wynika z przeprowadzonych badań według zestawionych wyników , możemy potwierdzić, że przy zwiększeniu ilości pętli z konwencjonalnej ilości 5szt. przypadającej na wydajność nominalną 9kW, do 8 szt. :

- Wzrost wydajności grzewczej średnio o +20,6 % i współczynnika efektywności energetycznej COP o +20,4 % dla parametrów niskotemperaturowych.
- Wzrost wydajności grzewczej średnio o +20,7 % i współczynnika efektywności energetycznej COP o +20,1 % dla parametrów wysokotemperaturowych.

Wzrost wydajności grzewczej w zależności od warunków pracy różnił się w zakresie do 1,6%, natomiast współczynnik COP do 1,5%. Stąd możemy wywnioskować, że wszelkie badania porównawcze dotyczące wzrostu wydajności grzewczej oraz COP dla poszczególnych konfiguracji wymiennika gruntowego, mogą być przeprowadzane tylko

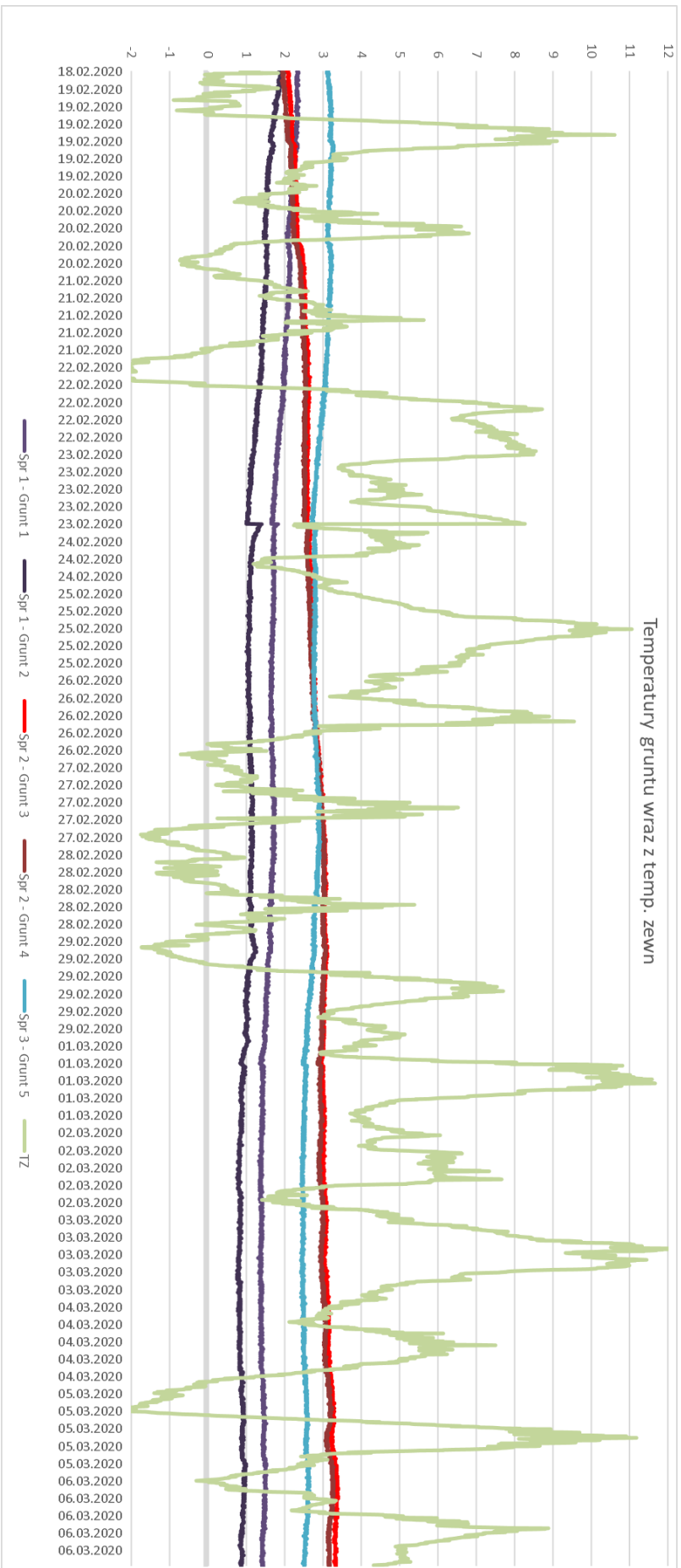
w jednych konkretnie przyjętych warunkach pracy. Różnica na poziomie 1,5-1,6%, jest na tyle niska, że nie ma konieczności przeprowadzania osobno dla każdej temperatury zasilania oraz wartości przegrzania, dalszych badań porównawczych, w przypadku innych konfiguracji wielkości wymiennika gruntowego.

#### **4.2. Badanie wpływu powierzchni wymiennika pod kątem wzrostu sezonowego współczynnika efektywności energetycznej.**

Następnym korkiem było przeprowadzenie badań pod kątem wzrostu sezonowego współczynnika efektywności energetycznej. Podstawą do określenia wzrostu sezonowych współczynników COP w pompach typu bezpośrednie parowanie/woda o zmiennych wielkościach parownika gruntowego, jest wyznaczenie dla każdej z badanych konfiguracji – prędkości wychładzania gruntu, spadku temperatury względem określonego czasu. Stąd przeprowadzono badania porównawcze dla układu Spr1 i Spr3, pracujących równolegle w określonych okresach czasu. Założono dobowy przedział czasu pracy każdego z układów skorygowany proporcjonalnie o stosunek ich wydajność, oraz ze względu na średnie temp. zewnętrzne, tym samym symulując rzeczywiste warunki pracy. Średni stosunek wydajności układów to :

$$\frac{Q_{spr1}}{Q_{spr3}} = \frac{1}{1,2}$$

Wykonano 12 pomiarów, w różnych okresach czasu, natomiast do zestawienia analizowanego, jako najbardziej miarodajny wybrano okres pracy 18dni, ze względu na najbardziej widoczne różnice spadku temp. gruntu. Pomiar temperatur gruntu zestawiony został w stosunku do temp. zewn. Ponadto zakres pomiarów zawiera również pomiar temp. gruntu układu bez pracy, w tym przypadku Spr2 – Grunt 3, Grunt 4, co pozwala na zobrazowanie stosunku gruntu niechłodzonego do eksploatowanego. Wyniki pomiarów zestawione zostały w formie wykresu na Rys. 20.



Rys. 20 Wyniki pomiarów gruntu, na pracujących układach Spr.3 i Spr.1, względem temp. zewn

W następnym kroku zestawiono wyniki pomiarów oraz wyznaczone na tej podstawie spadki temperatur gruntu oraz ich różnicę w stosunku do temperatury odparowania, formie danych tabelarycznych Tabela 11.

Tabela 11. Zestawienie temperatur :

Tgr - Spr. 1 – Grunt 1 (temp. gruntu Spr1)

Tgr - Spr 3 - Grunt 5 (temp. gruntu Spr3)

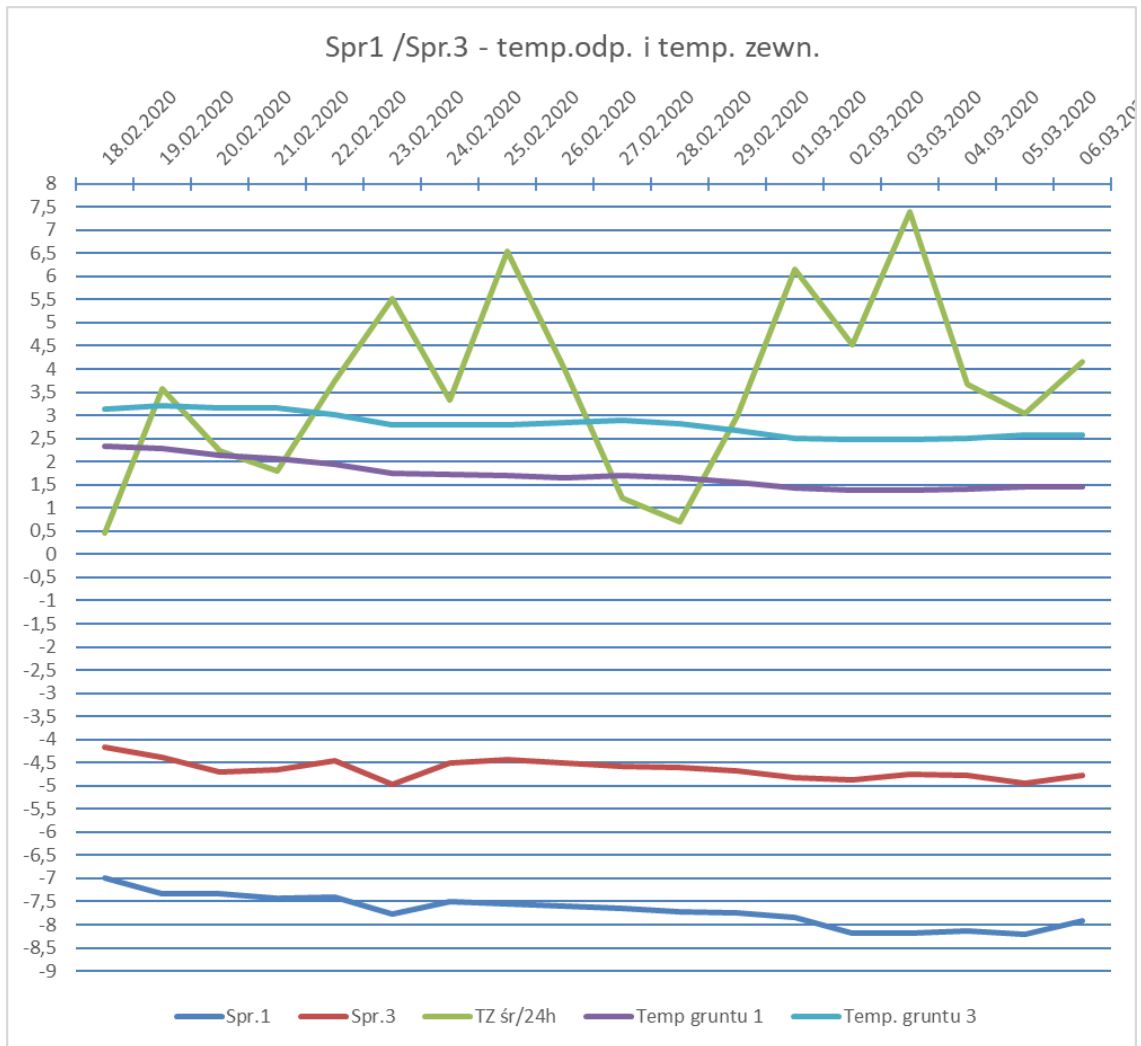
$\Delta T_{gr-o}$  - Spr 1- różnica pomiędzy temperaturą odparowania a temp. gruntu Spr1

$\Delta T_{gr-o}$  - Spr 3- różnica pomiędzy temperaturą odparowania a temp. gruntu Spr3

$T_z$  śr/24h – średnie dobowe temperatury gruntu.

L.p.	Data	Tgr - Spr. 1	Tgr - Spr 3	$\Delta T_{gr-o}$ - Spr 1	$\Delta T_{gr-o}$ - Spr 3	$T_z$ śr/24h
1	18.02.2020	2,33	3,14	-9,33	-7,30	0,45
2	19.02.2020	2,29	3,21	-9,62	-7,60	3,58
3	20.02.2020	2,14	3,17	-9,46	-7,86	2,24
4	21.02.2020	2,08	3,16	-9,50	-7,81	1,80
5	22.02.2020	1,93	3,01	-9,33	-7,48	3,74
6	23.02.2020	1,75	2,80	-9,51	-7,77	5,53
7	24.02.2020	1,71	2,79	-9,23	-7,30	3,34
8	25.02.2020	1,69	2,79	-9,24	-7,22	6,55
9	26.02.2020	1,66	2,84	-9,26	-7,35	3,98
10	27.02.2020	1,71	2,88	-9,36	-7,46	1,22
11	28.02.2020	1,65	2,82	-9,37	-7,42	0,71
12	29.02.2020	1,55	2,68	-9,30	-7,35	2,98
13	01.03.2020	1,43	2,51	-9,28	-7,33	6,15
14	02.03.2020	1,39	2,48	-9,58	-7,35	4,53
15	03.03.2020	1,38	2,48	-9,57	-7,22	7,41
16	04.03.2020	1,40	2,51	-9,54	-7,29	3,66
17	05.03.2020	1,46	2,58	-9,66	-7,53	3,03
18	06.03.2020	1,45	2,57	-9,37	-7,35	4,17
Spadek temp.		<b>0,87</b>	<b>0,57</b>			

Dla przebadania wpływu zmiany temperatury gruntu na wydajność układu, zestawiono dodatkowo również pomiary ciśnienia odparowania Spr1 i Spr3 w formie wykresu Rys 17, oraz danych tabelarycznych wraz z wartością ciśnienia Tabela 12.



Rys. 21 Wyniki pomiarów : temp. gruntu, temp. odparowania oraz temp. zewn. dla Spr 1 i Spr 3.



Tabela 12. Wartości ciśnienia oraz temperatur odparowania Spr.1 i Spr.3

L.p.	Data	Spr 1 (5 pętli) [bar]	Spr 3 (8 pętli) [bar]	To - Spr 1	To - Spr 3
1	18.02.2020	5,33	5,96	-7	-4,15
2	19.02.2020	5,26	5,91	-7,32	-4,39
3	20.02.2020	5,26	5,84	-7,32	-4,69
4	21.02.2020	5,24	5,85	-7,42	-4,65
5	22.02.2020	5,24	5,89	-7,40	-4,47
6	23.02.2020	5,17	5,79	-7,76	-4,97
7	24.02.2020	5,22	5,88	-7,51	-4,51
8	25.02.2020	5,21	5,90	-7,55	-4,44
9	26.02.2020	5,20	5,88	-7,61	-4,51
10	27.02.2020	5,19	5,87	-7,66	-4,58
11	28.02.2020	5,18	5,86	-7,72	-4,60
12	29.02.2020	5,17	5,85	-7,75	-4,67
13	01.03.2020	5,15	5,81	-7,85	-4,82
14	02.03.2020	5,08	5,80	-8,19	-4,87
15	03.03.2020	5,08	5,83	-8,19	-4,74
16	04.03.2020	5,09	5,82	-8,14	-4,78
17	05.03.2020	5,08	5,78	-8,20	-4,95
18	06.03.2020	5,14	5,82	-7,92	-4,78
	<b>Spadek -</b>			<b>0,92</b>	<b>0,63</b>

Na podstawie zestawionych wyników, wyznaczone zostały wartości spadków temperatur, gruntu Tabela 13 oraz temperatur odparowania Tabela 14 dla całego okresu trwania pomiaru.

Tabela 13. Spadki temperatur gruntu Spr.1 i Spr.3

Różnica temperatur gruntu $\Delta T_{gr}$ :	Spr.1 pocz.	Spr.1 koniec	Spadek	Spr.3 pocz.	Spr.3 koniec	Spadek
18.02-2.03 przez 14dni przy $\bar{T}_z=3,25^\circ\text{C}$	2,33°C	1,39°C	-0,94K	3,14°C	2,48°C	-0,66K
2.03- 6.03 przez 4dni przy $\bar{T}_z=4,56^\circ\text{C}$	1,39°C	1,45°C	0,06K	2,48°C	2,57°C	0,10K

Tabela 14. Spadki temperatur odparowanie Spr.1 i Spr.3

Różnica temperatur odparowania $\Delta T_o$ :	Spr.1 pocz.	Spr.1 koniec	Spadek	Spr.3 pocz.	Spr.3 koniec	Spadek
18.02-2.03 przez 14dni przy $\bar{T}_z=3,25^\circ\text{C}$	-7°C	-8,2°C	-1,2K	- 4,15°C	-4,87°C	-0,72K
2.03- 6.03 przez 4dni przy $\bar{T}_z=4,56^\circ\text{C}$	-8,2°C	-7,92°C	0,28K	- 4,87°C	-4,78°C	0,09K

Analizując powyższe zestawienie wyników, można wnioskować, że w określonym obciążeniu chłodniczym gruntu dla temperatur średnich temperatur zewnętrznych około 3°C obserwujemy systematyczny spadek temp. gruntu w okresie 14 dni pracy. Po tym okresie przez ostatnie 4dni, z powodu wyraźnego wzrostu temperatury zewn. do średniej około 4,5°C, pomimo stałej eksploatacji cieplnej, zaobserwowano tendencje wzrostową, co oznacza, że wydajność regeneracji gruntu, przewyższa wydajność jego obciążenia chłodniczego. Stąd do wyznaczania wzrostu rzeczywistych współczynników SCOP, pod uwagę wzięty został zakres wyników pomiaru pierwszych 14 dni, stanowiący średnie temperatury zewnętrzne w skali sezonu. Dla takiego okresu czasu, spadek temperatury odparowania wyniósł o  $\Delta T_{o14dni(Spr3-Spr1)} = 0,48\text{K}$  mniej dla układu Spr3 niż Spr1, co przyczyniło się do mniejszego spadku współczynnika efektywności energetycznej  $\Delta COP_{14dni(Spr3-Spr1)} = 1,4\%$ . Otrzymane wyniki, prezentują wpływ wymiarowania powierzchni wymiennika gruntowego, na spadek efektywności w danym czasie, dla określonego rodzaju gruntu oraz specyfikacji pętli parownika.

### 4.3. Badanie wymiennika jednopłaszczyznowego w szerszym zakresie wymiarowania powierzchni.

Kolejnym punktem agendy badawczej, jest badanie poszerzonego zakresu wymiarowania wymiennika gruntowego dla tych samych niezmiennych założeń tzn. wydajności nominalnej sprężarki 9kW, parametrów wymiennika polegające na zmianie liczby pętli :

- 4 pętli
- 8 pętli
- 12 pętli
- 16 pętli

przypadającej na jeden układ. Badanie te nie są wykonywane w tak szerokim zakresie, co do parametrów górnego źródła, ale wykonanie takich pomiarów, pozwoli na szersze i ogólne zobrazowanie wpływu wielkości wymiennika na COP, w znacznie wyższych proporcjach jego wymiarowania dla tego samego układu. Dla poprawnej pracy na 12 oraz 16 pętłach, wymagana była korekta co do ilości czynnika oraz parametrów pracy zaworu rozprężnego, głównie pod kątem wydłużenia czasu wstępnego stopnia otwarcia. Wykonano 3 serie pomiarów, dla temperatur gruntu  $T_{gr}$  w zakresie od  $4,24^{\circ}\text{C}$  do  $4,95^{\circ}\text{C}$ . Wartości stałe i niezmiennie dla każdej serii pomiarów to :

- temperatura skraplania  $T_k = 36^{\circ}\text{C}$  [ $\pm 1\text{K}$ ]
- temperatura przegrzania  $T_{oh} = 3\text{-}5\text{K}$

W poniższych zestawieniach Tabela 15, 17, 19, przedstawiono liczbę pętli wymiennika którego dotyczy dany pomiar, procentowy wzrost jego powierzchni w stosunku do najmniejszej wielkości czyli 4 pętli, ciśnienie odparowania i odpowiadająca temu temperatura, wydajność grzewcza wraz z jej procentowym wzrost dla każdej z konfiguracji. Ostatnia kolumna to różnica temperatury parowania i temperatury gruntu, natomiast w następnej tabeli 16,18,20 zestawiono wartości poboru mocy elektrycznej, i co najistotniejsze wskaźników efektywności energetycznej COP. Dołączony został również wykres 18,19,20 obrazujących tendencje wzrostową COP, w stosunku do ilości pętli w danej konfiguracji parownika.

Tabela 15. Zestawienie wyników dla serii pomiarów nr.1, Tgr = 4,95°C

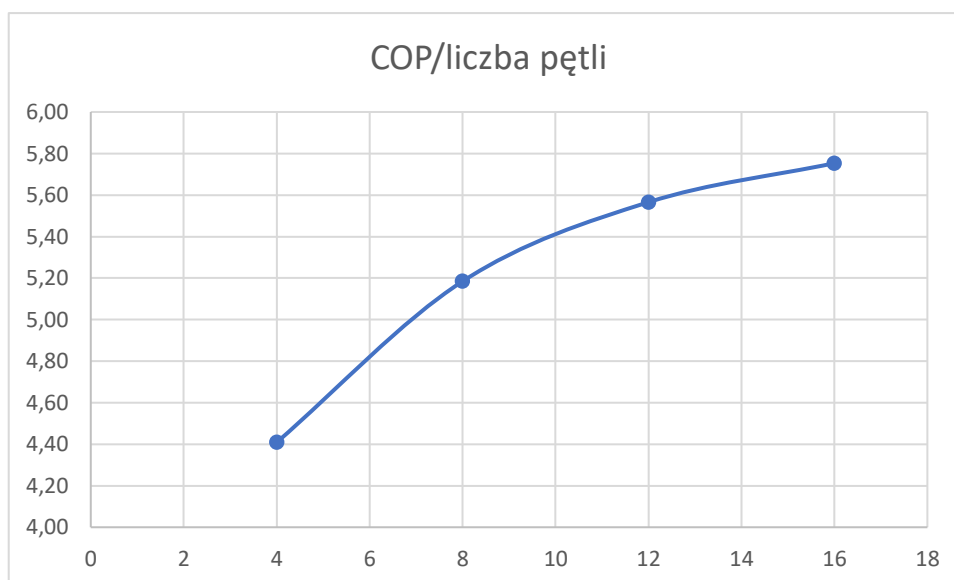
L.p.	Wzrost powierzchni wymiany ciepła [%]	Ciśnienie odparowania - po [bar]	Temperatura odparowania - To [°C]	Wydajność grzewcza Q [kW]	Wzrost wydajności grzewczej [%]	Różnica temp. odparowania i temp. gruntu - $\Delta T_{gr-o}$ [K]
4 pętli	0	5,56	-5,94	9,92	0%	10,89
8 pętli	100%	6,8	-0,66	11,51	16%	5,61
12 pętli	150%	7,31	1,32	12,3	24%	3,63
16 pętli	200%	7,52	2,21	12,6	27%	2,74

Dla powyższego zestawienia, przyporządkowane, zostały wartości w Tabeli 16, odpowiednio średnie pobory mocy elektrycznej oraz na ich podstawie wartości wydajności grzewczej współczynniki COP.

Tabela 16. Zestawienie poboru mocy oraz COP dla serii pomiarów nr.1

L.p.	Pobór energii elektrycznej [kW]	COP
4 pętli	2,25	4,41
8 pętli	2,22	5,18
12 pętli	2,21	5,57
16 pętli	2,19	5,75

Dla lepszego zobrazowania tendencji wzrostu współczynników COP, przygotowane zostały proste wykresy składający się z 4 wyników dla poszczególnych konfiguracji wymiennika.



Rys. 22 Wartości COP w stosunku do liczby pętli – pomiar 1.

Drugi pomiar, wykonany był w podobnej, minimalnie niższej temperaturze gruntu, dla tych samych pozostałych warunków pracy.

Tabela 17. Zestawienie wyników dla serii pomiarów nr.2,  $T_{gr} = 4,8^{\circ}\text{C}$

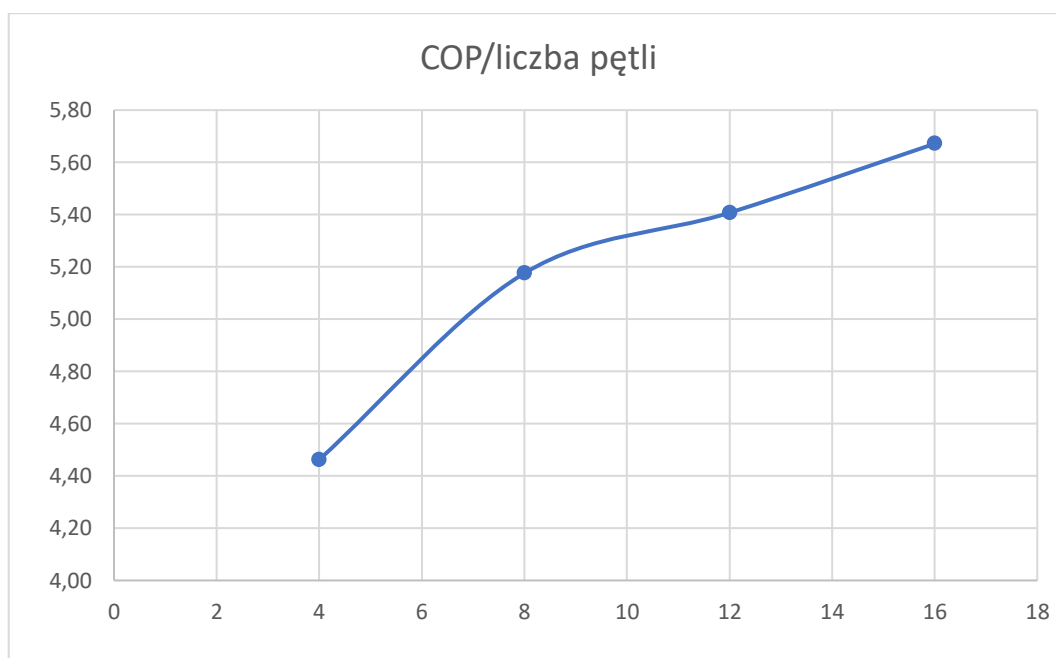
L.p.	Wzrost powierzchni wymiany ciepła [%]	Ciśnienie odparowania - po [bar]	Temperatura odparowania - $T_o$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	Wydajność grzewcza Q [kW]	Wzrost wydajności grzewczej [%]	Różnica temp. odparowania i temp. gruntu - $\Delta T_{gr-o}$ [K]
4 pętli	0	5,30	-6,08	10,04	0%	10,88
8 pętli	100%	6,71	-0,82	11,49	14%	5,62
12 pętli	150%	7,11	0,56	11,95	19%	4,24
16 pętli	200%	7,46	1,89	12,42	24%	2,91

W pomiarze nr.2, zaobserwowano nie proporcjonalną do pozostałych zestawień wartość COP dla opcji wymiennika - 12pętli.

Tabela 18. Zestawienie poboru mocy oraz COP dla serii pomiarów nr.2

L.p.	Pobór energii elektryczne [kW]	COP
4 pętle	2,25	4,46
8 pętli	2,22	5,18
12 pętli	2,21	5,41
16 pętli	2,19	5,67

Taką odchyłkę wartości COP, doskonale widać na Rys.23. Ta jedna wartość wyraźnie odbiega od wyników z wykonanych pozostałych pomiarów tj. nr.1 i nr.3.



Rys. 23 Wartości COP w stosunku do liczby pętli – pomiar nr. 2

Trzeci ostatni pomiar, wykonano na mniejszej o 0,6K temperaturze gruntu, co można zauważyć po również niższych temperaturach odparowania.

Tabela 19. Zestawienie wyników dla serii pomiarów nr.3, Tgr = 4,24°C

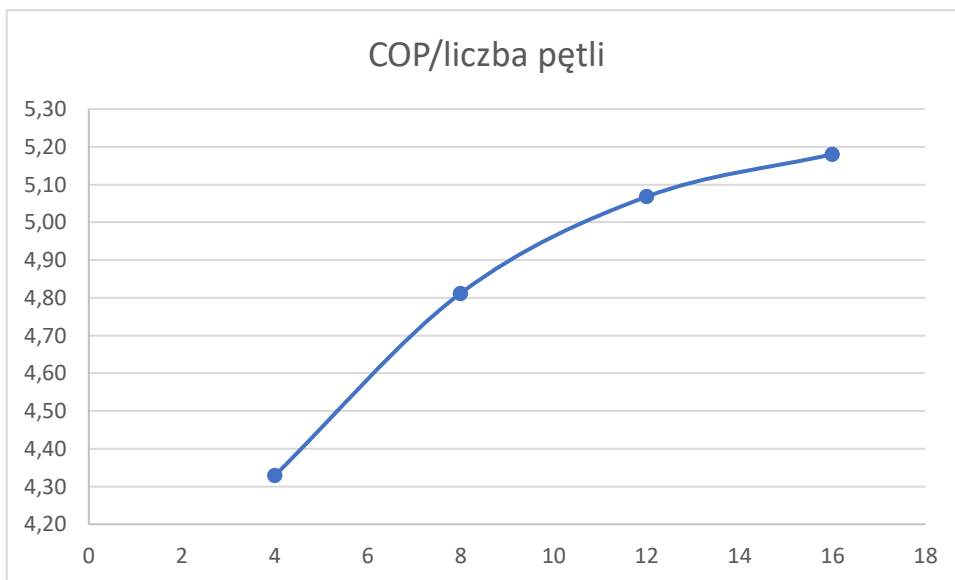
L.p	Wzrost powierzchni wymiany ciepła [%]	Ciśnienie odparowania - po [bar]	Temperatura odparowania - To [°C]	Wydajność grzewcza Q [kW]	Wzrost wydajności grzewczej [%]	Różnica temp. odparowania i temp. gruntu - $\Delta T_{gr-o}$ [K]
4 pętli	0	5,00	-8,58	9,74	0%	12,82
8 pętli	100%	5,9	-4,43	10,73	10%	8,67
12 pętli	150%	6,13	-3,43	11,25	16%	7,67
16 pętli	200%	6,3	-2,71	11,5	18%	6,95

Pomiar nr.3, jak widać po wartościach w Tabela 20 potwierdza proporcje wzrostu wielkości COP w stosunku do pozostałych pomiarów dla każdej z konfiguracji wymiennika 4,8,12,16 pętli.

Tabela 20. Zestawienie poboru mocy oraz COP dla serii pomiarów nr.3

L.p.	Pobór energii elektrycznej [kW]	COP
4 pętli	2,25	4,33
8 pętli	2,23	4,81
12 pętli	2,22	5,07
16 pętli	2,22	5,18

Zachowanie tej samej tendencji co w pozostałych pomiarach, obrazuje wykres Rys.24.



Rys. 24 Wartości COP w stosunku do liczby pętli – pomiar nr. 3

Analizując zestawione wyniki badań dla poszczególnych konfiguracji, możemy wyciągnąć następujące wnioski :

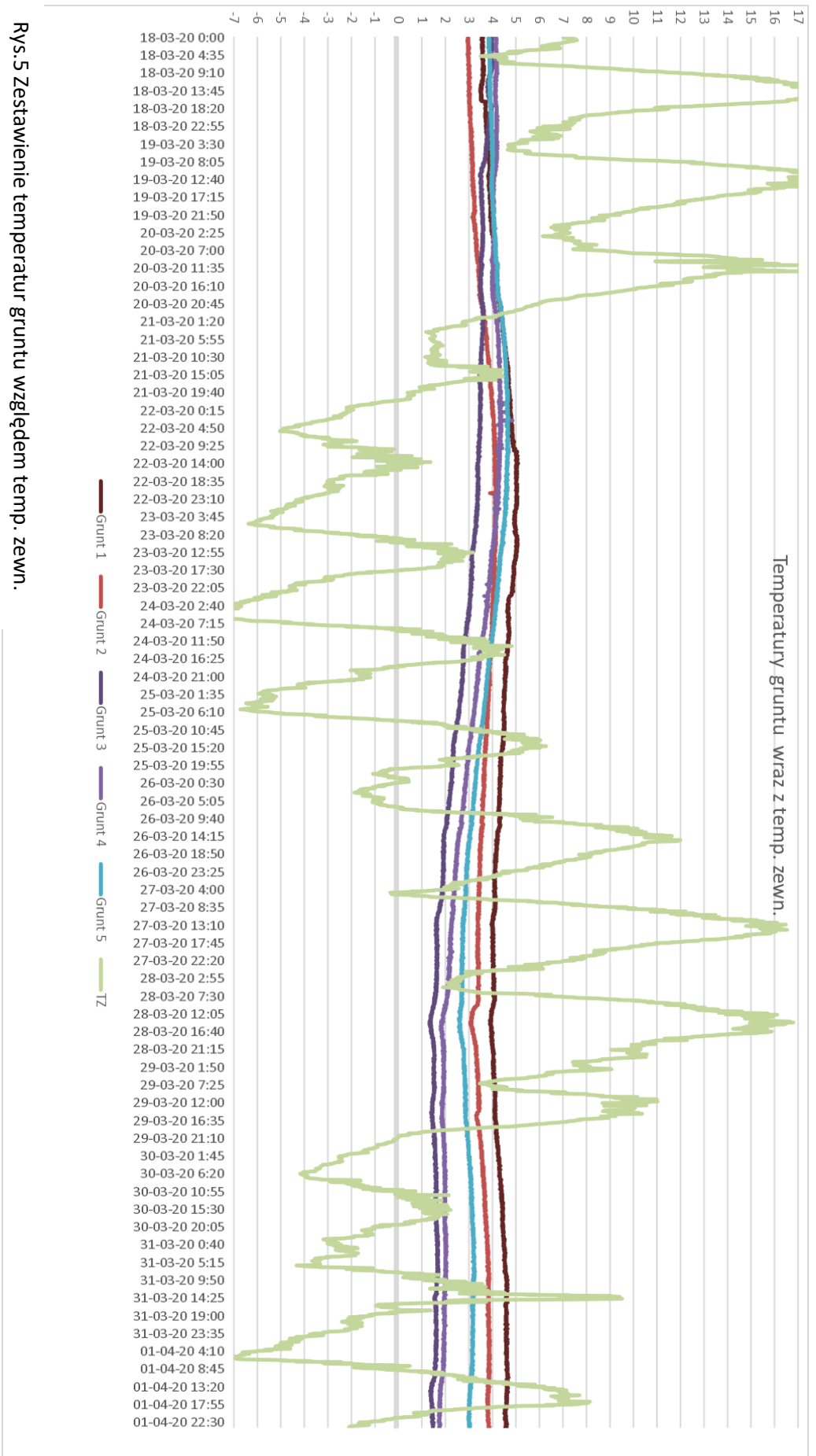
- wraz ze wzrostem powierzchni wymiennika, rośnie wartość wydajności grzewczej oraz COP,
- tendencja wskaźników COP, wykazuje spadek ich wzrostu wraz z kolejną wyższą liczbą pętli, co oznacza, że zwiększanie powierzchni wymiennika jest uzasadnione ekonomicznie tylko do pewnego poziomu. Dla przedstawionych powyżej wyników, takim optymalnym punktem granicznym może być zakres powierzchni odpowiadający między 8 a 12 pętli. Wyjątek stanowi pomiar nr. 2 gdzie obserwujemy odchył wartości COP dla 12 pętli, aczkolwiek można to uznać za błąd przypadkowy.

#### 4.4. Badanie porównawcze wymienników o podwyższonej powierzchni (8pętli) w układzie jednopłaszczyznowym z dwupłaszczyznowym

Poniżej zestawiono wyniki badania porównawczego pod kątem, wychładzania gruntu układu jednopłaszczyznowego 8 pętli jednopłaszczyznowego Spr1 z układem dwu-płaszczyznowym Spr2. Wykonano badania wychładzania gruntu w różnych okresach pomiarowych, z których wybrano jeden najbardziej miarodajny – T= 15 dni.



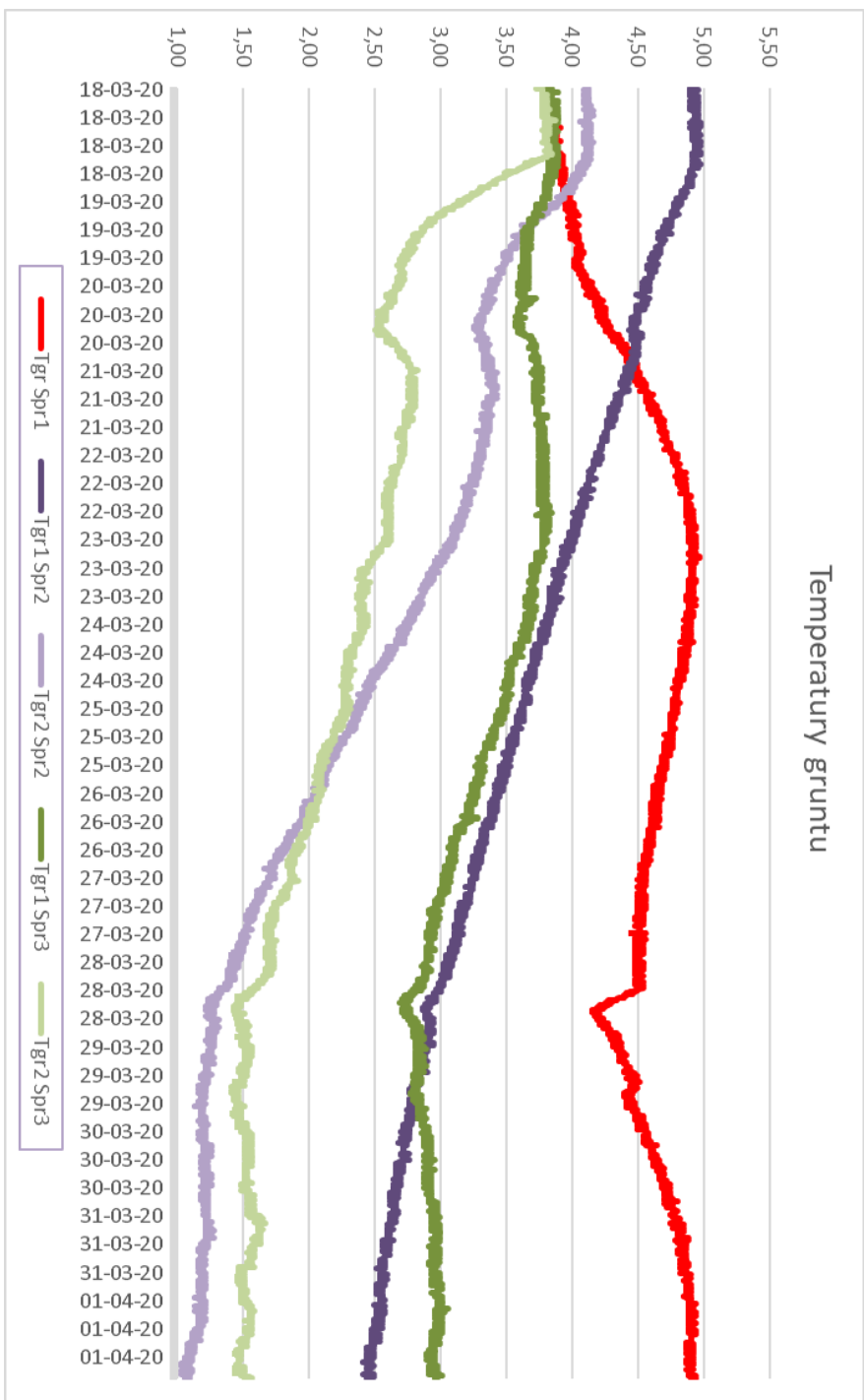
Pierwszy wykres Rys.25 obrazuje, spadek temperatur mierzonych w jednej płaszczyźnie Spr3, Spr2 oraz gruntu nie chłodzonego z układu Spr1, w stosunku do temp. zewnętrznej. Możemy tu zaobserwować większy stopień wychładzania gruntu układu dwupłaszczyznowego Spr2 od układu Spr3.



Rys. 5 Zestawienie temperatur gruntu względem temp. zewn. dla poszczególnych układów :

- Spr. 1 – Grunt 1, 2
- Spr. 2 – Grunt 3, 4
- Spr. 3 – Grunt 5.

Kolejny wykres Rys.26 również przedstawia spadek temperatur gruntu Spr3, Spr2, i wzrost temp. gruntu niechłodzonego Spr1, aczkolwiek tym razem z uwzględnieniem pomiaru temperatury drugiego poziomego wymiennika gruntowego (gł. 2m) –  $T_{gr1\ spr2}$ . Tutaj możemy zaobserwować, powód dla większego wychładzania gruntu Spr2, jakim jest gorsza regeneracja wymiennika na drugim poziomie. Początkowo jak widać temperatura gruntu na niższym poziomie, jest wyższa, natomiast wraz z czasem eksploatacji, obserwujemy znaczący spadek w formie linii prostej, co może świadczyć o bardzo znikomym wpływie warunków zewnętrznych na tą płaszczyznę wymiennika.



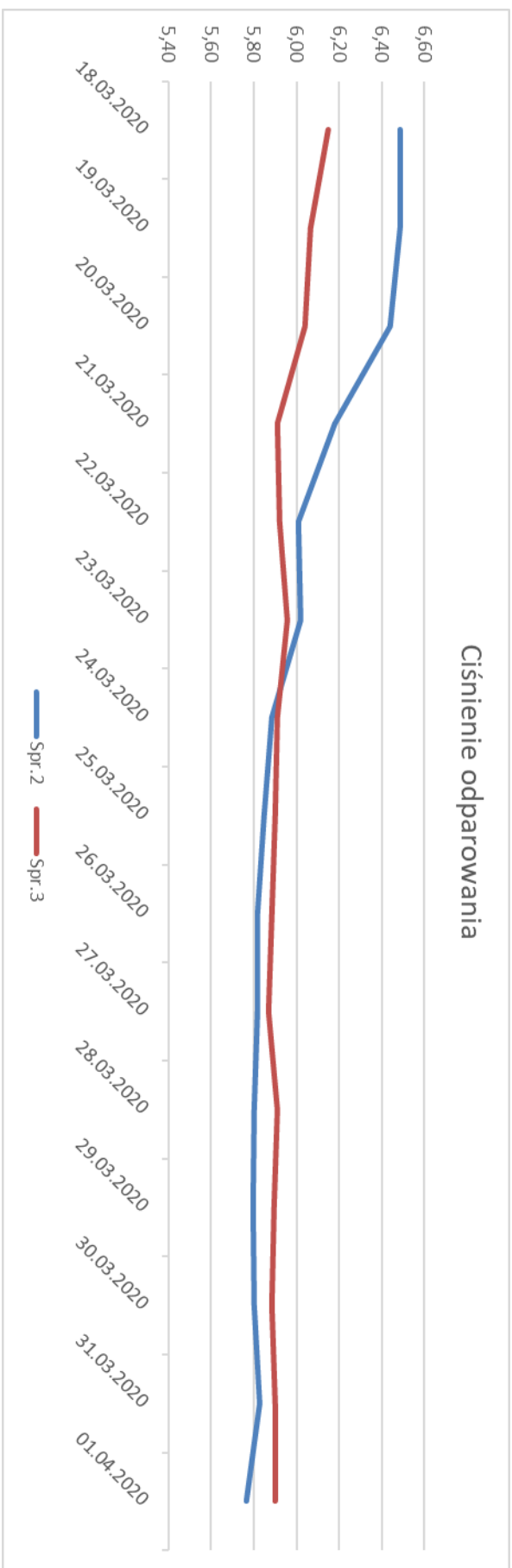
Rys. 26 Zestawienie temperatur gruntu uwzględniające temperaturę gruntu dolnej płaszczyny wymiennika piętrowego.

Kluczowym parametrem do wyznaczenia różnicy współczynników efektywności energetycznej, jest zmiana ciśnienia odparowania poszczególnych układów Spr.2 i Spr3, ponieważ jej zmiana, ma największy wpływ na wydajność grzewczą i wskaźniki COP. Wyniki pomiarów dla tych wartości zestawiono w Tabeli 21, oraz zobrazowane na wykresie Rys.27.

Tabela 21. Zestawienie ciśnień odparowania dla układów Spr.2 i Spr.3.

		Spr.2	Spr.3
		Ciśnienie qo Spr.2 [bar]	Ciśnienie qo Spr3 [bar]
1	18.03.2020	6,49	6,15
2	19.03.2020	6,49	6,07
3	20.03.2020	6,44	6,04
4	21.03.2020	6,18	5,91
5	22.03.2020	6,01	5,92
6	23.03.2020	6,02	5,96
7	24.03.2020	5,88	5,91
8	25.03.2020	5,85	5,90
9	26.03.2020	5,82	5,89
10	27.03.2020	5,82	5,87
11	28.03.2020	5,80	5,91
12	29.03.2020	5,80	5,90
13	30.03.2020	5,80	5,89
14	31.03.2020	5,83	5,90
15	01.04.2020	5,77	5,90

Każda zestawiona w Tabeli 21 wartość ciśnienia odparowania, stanowi średnią dobową wyciągniętą, z określonego dnia pomiarów. Dla zobrazowania tendencji, wykorzystane zostały dane z Tabeli 21, i przedstawione w formie wykresu Rys.27, na którym zależność ciśnienia parowania Spr3 względem Spr2, jest analogiczna do zależności temperatur gruntu.



Rys. 27 Porównanie ciśnień odparowania dla układu Spr.3 i Spr.2.

Ze względu na jednorazowy proces gwałtownego obniżenia temperatury podczas rozpoczęcia badań, trwający pierwsze 4 dni, do wyznaczenia miarodajnej różnicy spadku wskaźnika COP, okres ten został pominięty. Stąd uwzględniono różnice temperatur odparowania w przestrzeni pozostałych 11 dni, które wynosiły odpowiednio  $\Delta T_{o11dni(Spr2)}=1,78K$  oraz  $\Delta T_{o11dni(Spr3)}= 0,05K$ . Dla powyższych wartości, spadek współczynnika efektywności COP układu Spr3 w stosunku do Spr2 byłby mniejszy o  $\Delta COP_{11dni(Spr3-Spr2)}=5,5\%$ . Różnica zużycia energii elektrycznej dla porównania układu konwencjonalnych oraz przewymiarowanych (jedno i dwu płaszczyznowych) w stosunku do wydajności grzewczej, wynika wprost proporcjonalnie do zmian wskaźników COP. Trzeba pamiętać, że różnice spadków COP będą również zależne od bezwzględnych wartości temperatur odparowania (na co wpływ ma m.in : rodzaj gruntu, specyfikacja pętli wymiennika) przy jakich dokonujemy porównanie, stąd mogą się nieznacznie od siebie różnić. Niemniej jednak otrzymane wyniki obrazują wpływ wychładzania gruntu na sezonowe wskaźniki efektywności energetycznej, w przypadku zastosowania wymiennika dwupłaszczyznowego.

## 5. Opracowanie układu umożliwiającego elastyczność wymiarowania.

Podstawą niniejszego zadania jest badanie związane z układem do odzyskiwania oleju z parowników bezpośrednio parowania/woda objętego ochroną patentową. Celem badań była weryfikacja założeń projektowych oraz jego ostateczne opracowanie i przystosowanie do rzeczywistej pracy. Jednym z założeń, było doświadczalne wyznaczenie czasu pracy elektrozaworów odcinających, na podstawie zamontowanych na stanowisku czujników poziomu oleju, tzn. analiza załączania się poszczególnych elektrozaworów oraz ich czas pracy ściśle uzależniony od działania czujników elektronicznych. Niestety wykonanie pierwszych badań, wykazało znaczne problemy w zastosowaniu tej koncepcji ze względu na następujące ograniczenia :

- niestabilność poziomu oleju,
- zbyt mała ilość wytrącanego oleju ze sprężarki do układu, w bardzo odległych okresach czasu,
- rzeczywiste wymiary i warunki montażu wymiennika gruntowego, stanowiący bardzo dużą przestrzeń do retencji oleju, bez możliwości jej dokładnej rewizji.

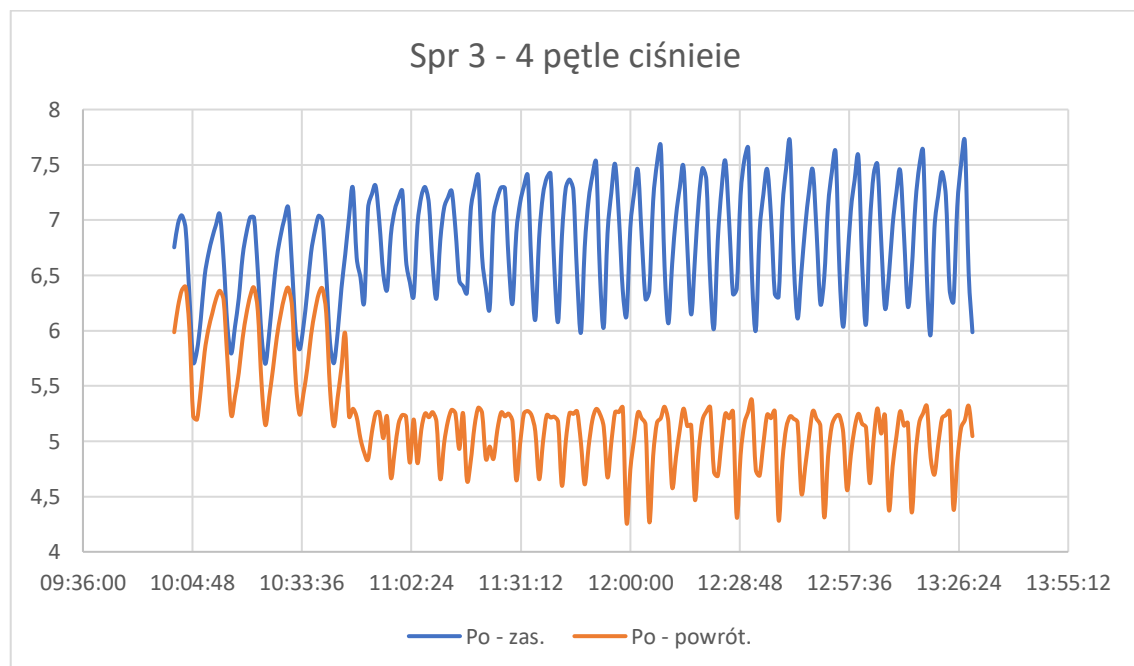
Powyższe czynniki, w znaczący sposób ograniczały możliwości pomiarowe. Optymalnie było by, gdyby średnia prędkość przepływu czynnika w pełnym wymiarze czasu pracy była wyższa niż najmniejsza wymagana dla najbardziej niekorzystnych warunków pracy pod kątem  $\Delta T_{oh}$  [K], OCR [%], oraz  $G$  [kg/m<sup>2</sup>\*s]. Przeprowadzone badania zweryfikowały pierwsze podejście do prac i wykazały, że wyznaczenie zależności, dokładnie określające minimalny czas trwania cyklu pracy elektrycznych zaworów odcinających wraz z obniżoną wartością temperatury przegrzania  $\Delta T_{oh}$ , wymaga przeprowadzenia prac badawczych na układzie parownika przygotowanego w warunkach laboratoryjnych. Znacznie mniejsza jego przestrzeń robocza, możliwość rewizji przepływu, pozwala na dokładny pomiar min. wartości retencji oleju dla poszczególnych wariantów pracy w funkcji czasu. Jest to zagadnienie, które będzie należało rozwiązać w przyszłości. Wszystkie pozostałe punkty planu badawczego, wykonane zostały zgodnie z pierwotnymi założeniami, tj :



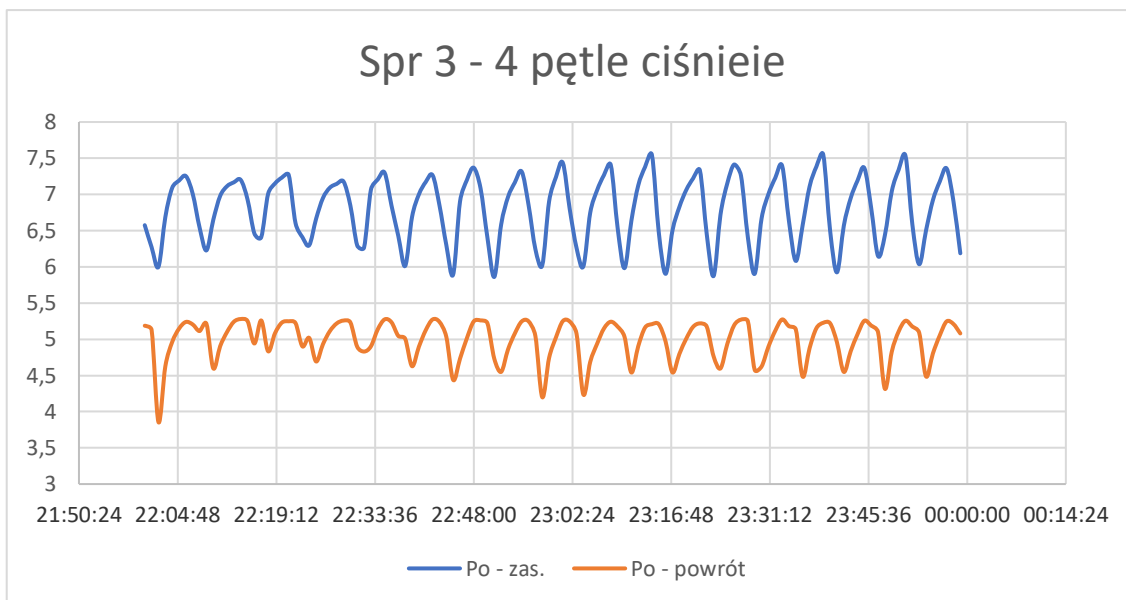
- Badanie pod kątem prawidłowej pracy, układu podczas pracy z częściowo odciętym wymiennikiem.
- Wyznaczenie optymalnej metody załączania się i sterowania elektrycznymi zaworami odcinającymi.
- Badanie wpływu okresowych odcięć wymiennika, na spadek współczynnika COP

### 5.1. Badanie pod kątem prawidłowej pracy, układu podczas pracy z częściowo odciętym wymiennikiem.

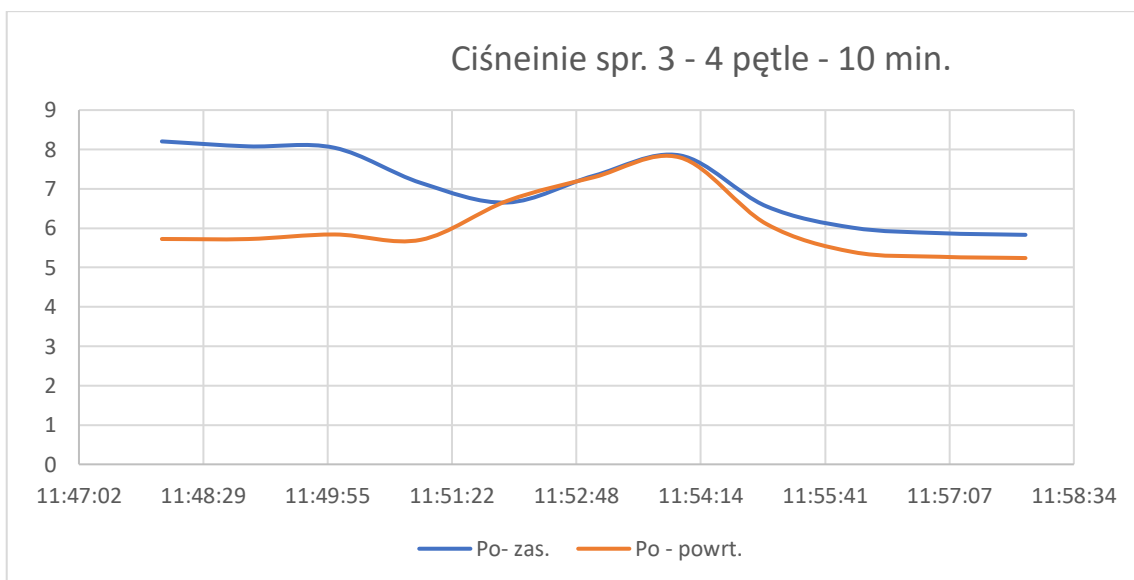
Wykonano serie badań stabilności pracy układu w trybie odzyskiwania oleju na podstawie ciśnień odparowania, aby zweryfikować możliwość zastosowania mechanicznych zaworów rozprężnych. Konfiguracja wymiennika to 8 pętli, z podziałem na 2x po 4pętli. Każda seria badań wykonywana była dla różnych położeń nastawy zaworu. Wybrano 3 serie pomiarów, które zestawiono w formie wykresów i poddano analizie. Wyniki zobrazowano na kolejnych rysunkach Rys. 28, 29 i 30.



Rys. 28 Pomiar ciśnień odparowania Spr.3 4 pętle, czas pomiaru – 3,5h



Rys. 29 Pomiar ciśnień odparowania Spr.3 4 pętle, czas pomiaru – 4h



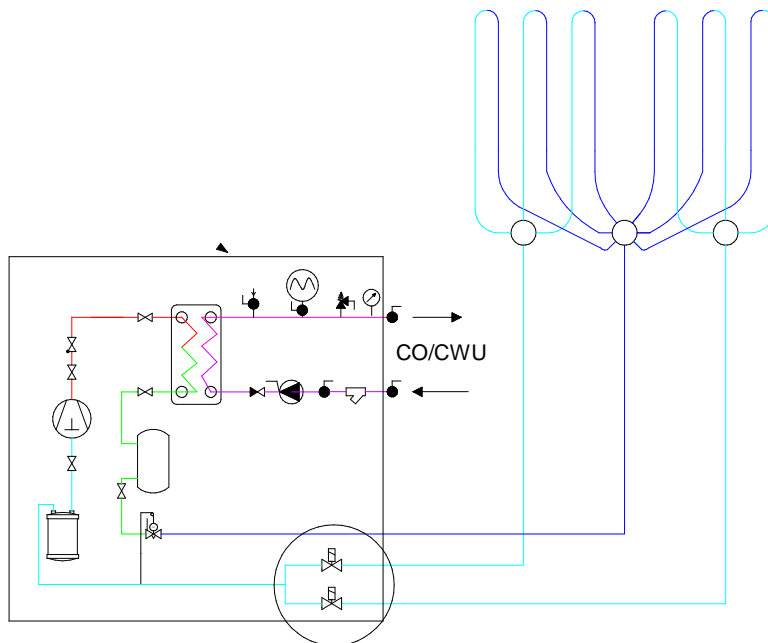
Rys. 30 Pomiar ciśnień odparowania Spr.3 4 pętle, czas pomiaru – 10min

Jak widać na wykonanych pomiarach, podczas pracy w trybie odzysku oleju, w dłuższych okresach czasu pracy występuje duża niestabilność ciśnienie parowania, : poziom destabilizacji - > 1-2 bar, dla czasu pojedynczego cyklu taktowania – ~7-10min, na co kluczowy wpływ ma praca zaworu rozprężnego. Uwzględniając również, konieczność obniżenia do minimum temperatury przegrzania, to przypadku mechanicznych zaworów rozprężnych taka destabilizacja jest technicznie nie możliwa do opanowania. Stąd wniosek, że do prawidłowej pracy układu w trybie odzyskiwania

oleju, konieczne jest zastosowanie elektronicznych zaworów rozprężnych, oraz indywidualny dobór parametrów nastaw regulacji PID.

## 5.2. Wyznaczenie optymalnej okresów oraz metody załączania się i sterowania elektrycznymi zaworami odcinającymi.

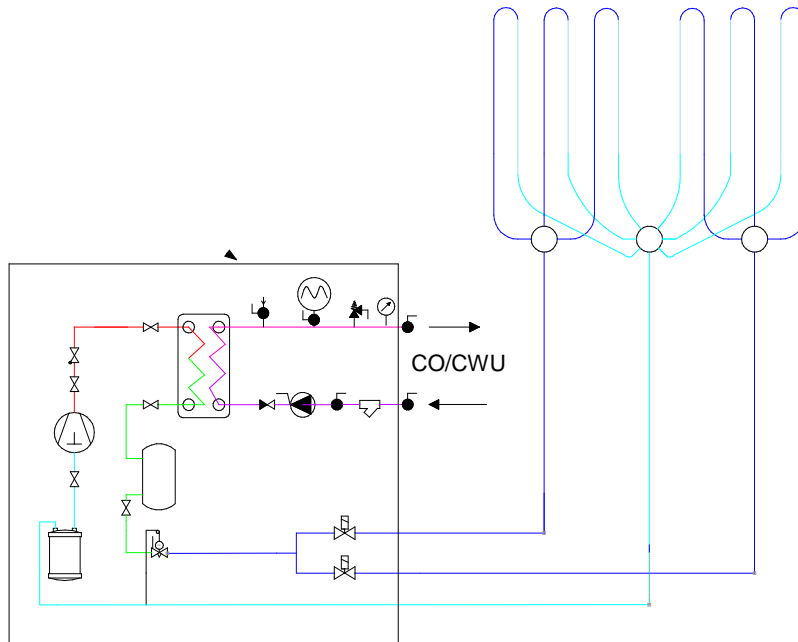
Według obecnej koncepcji opatentowanego rozwiązania, schemat pracy opiera się na, zamykaniu na przemian dwóch elektrozaworów, montowanych na rurociągach powrotnych z wymiennika gruntowego co zobrazowano na Rys. 31. :



Rys. 31 Schemat pierwotnej koncepcji, z zaznaczoną lokalizacją elektrozaworów magnetycznych.

Na podstawie prowadzonych badań zaobserwowano, że takie rozwiązanie charakteryzuje się dużą bezwładnością przepływu czynnika, co wpływa na destabilizację pracy zaworu rozprężnego oraz nieznacznym pomniejszeniem sprawności pracy układu w trybie pracy odzyskiwania oleju. Przyczyną tego problemu jest to, że podczas startu pracy w trybie odzyskiwania oleju, do wyrównania ciśnień zasilanie/powrót, część strumienia zasili zamkniętą strefę wymiennika, dążąc do wyrównania ciśnienia na wtrysku zaworu rozprężnego. To natomiast powoduje mniejszą efektywność, w uzyskaniu większego strumienia przepływu na samym starcie w trybie odzyskania oleju, oraz w jak najszybszym zminimalizowaniu temperatury

przegrzania, koniecznym do sprawnego odzysku oleju. Stąd opracowano koncepcję, polegającą na modyfikacji, opatentowanego układu, polegającej na zmianie lokalizacji elektrozaworów odcinających z sekcji powrotnej na zasilającą, co rozwiązuje powyższe problemy. Schemat koncepcji zaprezentowano na Rys.32.



Rys. 32 Opracowana koncepcja po modyfikacji.

Według informacji zawartych w literaturze [13], wzrost strumienia masowego oraz udziału cieczy (niska temp. przegrzania  $\Delta T_{oh}$ ), w znaczący sposób usprawnia powrót oleju z instalacji parownika. W celu wyznaczenia optymalnych okresów załączania się elektrycznych zaworów odcinających, postanowiono wyszukać takie momenty pracy w których zarówno strumień masowy jak i udział cieczy będzie najwyższy. Na podstawie analizy parametrów pracy, zaobserwowano, że najbardziej optymalnym okresem jest każdorazowy start sprężarki, kiedy przez krótki czas następuje odessanie nadmiernej ilości czynnika z parownika. Taki stan rzeczy znacząco wpływa na zwiększenie efektywność pracy układu w trybie odzyskiwania oleju. Stąd zaproponowano, następujący algorytm pracy :

- Równy ze startem sprężarki, odcinana jest jedna części parownika przez wyznaczony minimalny czas działania, a następnie otwarcie 100% powierzchni parownika.

- Kolejny start sprężarki, to zamknięcie drugiej części parownika, po czym analogicznie praca na pełnym otwarciu całego parownika.
- Minimalny czas odciążenia danej części parownika podczas startu sprężarki jest proporcjonalny do średniego czasu pracy poprzednich pełnych cykliów.

Powyższy opracowany układ wraz z opisanym jego algorytmem pracy został zgłoszony do urzędu patentowego – nr. P.438205. [3]

Reasumując, w wyniku przeprowadzonej analizy, opracowano ostateczną modyfikację usprawniającą poprzednią wersję układu do odzysku oleju, opierającą się na zamianie lokalizacji elektromagnetycznych zaworów odcinających, z kolektorów powrotnych na zasilające. Ponadto opracowano algorytm, optymalizujący układ, polegający na pracy w trybie odzyskiwania oleju, każdorazowo przy załączeniu sprężarki w wyznaczonym minimalnym czasie jego trwania. Taki układ pozwala na skuteczniejszą minimalizację temp. przegrzania, przy częściowo odciętym wymienniku, co za tym idzie wyfukowanie oleju z instalacji.

### **5.3. Badanie wpływu okresowych odcięć wymiennika, na spadek współczynnika COP.**

Zgodnie z opracowanym algorytmem, przyjęto minimalny czas pracy w trybie odzysku oleju, odpowiadający przepływie czynnika z określoną prędkością przez całą długość wymiennika. Założono, że:

- prędkość przepływu dla 4 pętli o średnicy nominalnej  $d_n=10\text{mm}$  : 5,87 m/s (dla wydajności grzewczej 9kW,  $T_o=-10^\circ\text{C}$ ,  $T_k=35^\circ\text{C}$ , R410A, prędkość przyjęte wg. programu doborowego Coolselector2)
- długość wymiennika  $l=82\text{m}$
- czas pracy w trybie odzysku  $t_s=14\text{sek}$ .

Ponieważ ilość załączeń w trybie odzysku, będzie równa liczbie załączeń sprężarki, to zakładając minimalny wymagany czas pracy sprężarki równy  $t_c=6\text{min}$ , to dla najbardziej nie korzystnych warunków udział czasu pracy w trybie odzysku wyniesie  $t_s/t_c=4\%$ . Co prawda przedstawione prędkości, wraz z metodą wyznaczania punktu

optymalnego, są założeniem i mają charakter poglądowy, aczkolwiek pozwalają na wyznaczenie szacunkowego, maksymalnego spadku wartości COP. Do zaprojektowania na tyle dużych wymiennika gruntowych, w których przepływ masowy w pracy nominalnej, będzie oscylował poniżej granicy punktu krytycznego Jacobsa, wymagane jest precyzyjne wyznaczenie minimalnych okresów pracy w trybie odzysku oleju, co stanowi zagadnienie dla nowych projektów badawczych. Badanie spadku współczynnika COP, wykonano dla warunków średniotemperaturowych  $T_2 = 35^\circ\text{C}$ .

Tabela 22 Wydajność grzewcza, pobór mocy elektrycznej i COP, dla wymiennika w trybie odzysku oleju oraz pracy nominalnej.

Spr 3 – odzysk olej	Spr 3 - normal
Średnia wydajność Q [W]	
9210	10190
Średni pobór mocy elektr. [W]	
2140	2150
COP	
4,30	4,73

Przedstawione dane tabelaryczne Tabela 23, są wartościami uzyskanymi z przeprowadzonych pomiarów. Przy założeniu udziału czasu pracy w trybie odzyskiwania oleju :

$$t_s / t_c = 4\%$$

Spadek COP wynosi :

$$\Delta\text{COP} = 1 - \frac{0,04 \times 4,3 + 0,96 \times 4,73}{4,73} = 0,36\%$$

Na podstawie przeprowadzonych pomiarach i przykładowo wyznaczonego minimalnego okresu pracy układu do odzyskiwania oleju w stosunku do pełnego cyklu, określony został jego wpływ na obniżenie całkowitego współczynnika COP. Na tym

przykładzie wartość spadku wyniosła 0,36%, co stanowi nie znaczący wpływ na obniżenie efektywności energetycznej.

## **6. Analiza przebadanego układu umożliwiającego elastyczne wymiarowanie wymienników gruntowych, pod kątem zastosowania w seryjnych urządzeniach.**

Po przeprowadzonych badaniach, ostatnim etapem są prace rozwojowe których celem jest ostateczny prototyp kompletnej pompy ciepła wraz z zastosowanym układem odzysku oleju. Wprowadzenie opracowanego rozwiązania do seryjnych urządzeń, wymaga przeanalizowania dwóch kwestii, tj. :

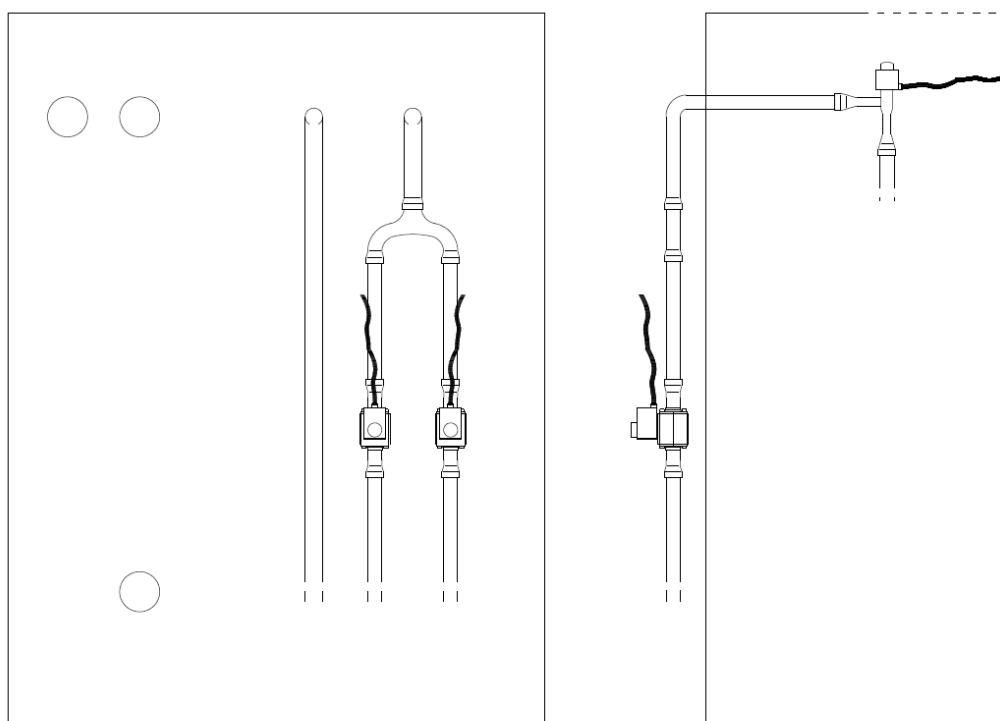
1. Algorytm sterowania,
2. Konstrukcja układu i jego lokalizacja w urządzeniu.

Algorytm sterowania układu, oparty na krótkotrwałym odcięciu określonych sekcji parownika, wybieranych naprzemiennie przy każdym starcie sprężarki, może być zaimplementowany w osobnym niezależnym module lub bezpośrednio w głównym sterowniku pompy ciepła. Zewnętrzny moduł powinien posiadać jedno wejście inicjujące załączenie równo ze startem sprężarki, oraz wyjścia przekaźnikowe każde jedno przypadające na dany elektrozawór. Drugim rozwiązaniem, jest zastosowanie algorytmu w głównym sterowniku pompy ciepła poszerzonym jedynie o dodatkowe wyjścia przekaźnikowe, i taka opcja zdecydowanie ogranicza ilość modułów sterujących oraz upraszcza układ sterowania. Kolejną kwestią do rozwiązania jest przygotowanie konstrukcji opracowanego układu, oraz jej odpowiednia lokalizacja w urządzeniu. Układ taki składa się dwóch elektrozaworów montowanych na rurociągach wyjściowych, połączonych trójnikiem w jeden wspólny rurociąg podłączony do zaworu rozprężnego. Ze względu na zajmowaną sporą przestrzeń takiej konstrukcji podjęto decyzje o wykonanie jej w formie niezależnego modułu, i dołączanie do gotowego urządzenia, zlokalizowanego na zewnątrz obudowy. Wariant ten, pozwoli na sprzedawanie układu odzysku w formie opcji dla każdego przygotowanego pod kątem sterowania do pracy z takim układem seryjnego urządzenia, montowanego niezależnie. Na poniższym Rys. 33 przedstawiono seryjne urządzenie pompy ciepła, natomiast na kolejnym Rys. 34, rzuty wraz z zamontowanym modulem.





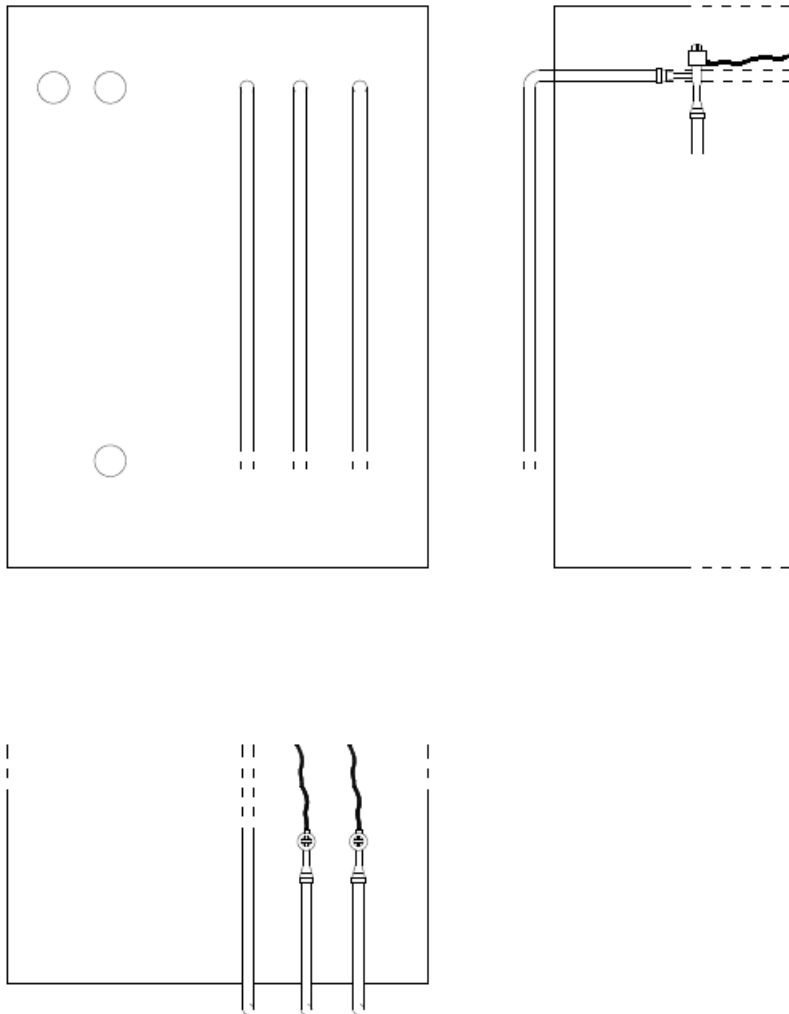
Rys. 33 Seryjna pompa ciepła typu bezpośrednie parowanie/woda



Rys. 34 Moduł do odzysku oleju, zamontowany w seryjnym urządzeniu.

Opracowany został również opcjonalny wariant układu do odzysku oleju redukujący przestrzeń, oraz ilość elementów automatyki. Ponieważ elektroniczne zawory rozprężne mogą również przy pełnym zamknięciu pełnić funkcję elektrycznych zaworów odcinających stąd zamiast dwóch elektrozaworów i standardowo

znajdującego się w urządzeniu jednego elektronicznego zaworu rozprężnego, zaproponowano zastosowanie dwóch elektronicznych zaworów rozprężnych jako cały kompletny układ do odzysku oleju. Redukcja przestrzeni, polegałaby na wyeliminowanie elementów zewnętrznych tak jak przedstawiono na poniższym Rys.35.



Rys. 35 Układ do odzysku oleju realizowany w formie dwóch elektronicznych zaworów rozprężnych.

Pod kątem eksploatacyjnym przedstawione rozwiązanie redukuje ilość elementów potencjalnie awaryjnych z 3 do 2. Natomiast wadą tej opcji jest :

- brak możliwości zastosowania układu, jako zewnętrzny moduł dokładany niezależnie do seryjnych urządzeń,
- konieczność szerszej rozbudowy głównego sterownika pompy o dodatkowe wyjścia sygnałowe do sterowania elektronicznym zaworem rozprężnym.

## 7. Podsumowanie i potwierdzenie tezy.

1. Przeprowadzone badania, potwierdzają przedstawioną tezę o możliwości zastosowania układu odzyskiwania oleju, umożliwiającego względne wymiarowanie parowników gruntowych typu bezpośrednio parowanie woda. Termin względnie, celowo użyty oznacza, że przy pewnych nie określonych w powyższej pracy granicach, mogłoby pojawić się pewne problemy, z którymi opracowany układ sobie nie poradzi. Niemniej jednak, jak wykazano w pierwszej części badawczej, od pewnego punktu, zwiększanie powierzchni wymiennika nie przynosi już wymiernych korzyści związanych z efektywnością urządzenia. Stąd dalsze prace w tym zakresie są bezcelowe.
2. Jak wykazały badania, wzrost powierzchni wymiennika o 60% w stosunku do punktu odniesienia jaki stanowi parownik gruntowy 5 pętli wpłynął na większą wydajność grzewczą jak i jednostkowe wskaźniki COP o około 20%, dla warunków nisko i średniotemperaturowych.
3. Jednostkowy wzrost wartości współczynników COP, to nie jedyna korzyść z większej powierzchni wymiennika, kolejną znaczącą zaletą jest mniejsza eksploatacja gruntu co podwyższa średnie wskaźniki efektywności energetycznej w skali sezonu grzewczego, tym samym obniżając sumaryczne zużycie energii. W jakim stopniu może wpływać wolniejsze wychładzanie gruntu, na sezonowe COP, wykazały wyniki kolejnych badań porównawczych, przeprowadzonych na wybranym okresie czasowym. Doświadczenie przeprowadzono dla układu Spr1 w porównaniu z układem Spr3, dla 50% obciążenia ciepłego gruntu przez 14 dni pracy. Mimo, że zaobserwowano przy wyższych temperaturach zewnętrznych w okolicach 4,5°C przez ostatnie 4 dni, minimalną regenerację gruntu nawet przy 50% mocy nominalnej obciążeniu gruntu, to w pierwszych 14 dniach przy temperaturze zewnętrznej około 3°C, zanotowano wyraźny spadek temperatury odparowania. Oznacza to, że do uwzględnianych korzyści płynących z większych powierzchni parownika gruntowego, należy dodatkowo ująć mniejsze średnie zużycie energii w przestrzeni sezonu grzewczego, dzięki wyższym współczynnikom efektywności

energetycznej w skali danego przedziału czasowego. Dla takiego okresu czasu, spadek temperatury odparowania wyniósł o  $\Delta T_{o_{14dni(Spr3-Spr1)}} = 0,48K$  mniej dla układu Spr3 niż Spr1, co przyczyniło się do mniejszego spadku współczynnika efektywności energetycznej  $\Delta COP_{14dni(Spr3-Spr1)} = 1,4\%$ . W zależności od ilości założonych dni w okresie grzewczym, średnich temperatur oraz wielkości zapotrzebowania na ciepło, otrzymany wynik może służyć jako wyznacznik do szacunkowego określenia spadku wartości sezonowych wskaźników efektywności energetycznej, w stosunku do wielkości parownika gruntowego.

4. Rozwinięcie badań porównawczych, o jeszcze szerszy zakres wymiarowania parownika, pozwolił na zobrazowanie tendencji wzrostowej wskaźnika COP w stosunku do powierzchni wymiennika, i wyznaczenie jego optymalnego przedziału. Pomimo, że seria pomiarów wykonana została dla 4 różnych konfiguracji tj. 4, 8, 12, i 16 pętli odpowiadających określonej wielkości wymiennika, co pokazuje tendencje jedynie względem szerokich zakresów przedziału, możemy stwierdzić, że wymiarowanie powyżej pewnej granicy będzie ekonomicznie nie uzasadnione. Koszty instalacji wymiennika będą już nie proporcjonalnie wyższe od wzrostu efektywności energetycznej. Analizując otrzymane wyniki, możemy stwierdzić, że optymalny przedział powierzchni w stosunku do uzyskanego COP, mieści się w zakresie od 8 do 12 pętli czyli  $35m^2$ - $53m^2/1kW$  nominalnej wydajności grzewczej.
5. Ostatnim etapem badań wpływu elastyczności wymiarowania wymiennika na efektywność, było porównanie parownika gruntowego jedno do dwupłaszczyznowego. Tego typu pomiary nie dotyczą już zależności powierzchni wymiennika w stosunku do efektywności, tylko jego sposób ułożenia w przestrzeni gruntu. Zmiana ułożenia wymiennika z jedno w dwu płaszczyznowy, niesie za sobą ogromną korzyść jaką jest nawet dwukrotnie mniejsza zajmowana powierzchnia, co zwiększa ilość potencjalnych nieruchomości z możliwością zamontowania tego typu pomp ciepła. Niestety jak wykazały przeprowadzone badania, jedyną wadą tego rozwiązanie jest wolniejsza regeneracja gruntu co za tym idzie, nieco osłabione sezonowe współczynniki efektywności energetycznej. Na podstawie 11-dniowego pomiaru, spadek temperatury odparowania w układzie Spr 3

jednopłaszczynowym była o 1,73K mniejszy niż w układzie dwupłaszczynowym Spr2, co w tym przypadku wpłynęło obniżenie sezonowego współczynnika efektywności energetycznej o  $\Delta\text{COP}_{11\text{dni}(\text{Spr3}-\text{Spr2})}=5,5\%$ . Analogicznie jak zaznaczono w rozdziale 4.2, otrzymane wyniki mogą stanowić bazę do określenia szacunkowego spadku sezonowego współczynnika efektywności energetycznej w przypadku zastosowania wymiennika dwupłaszczynowego.

6. Reasumując cały etap badań wpływu wielkości parownika na efektywność, przedstawione wyniki mogą stanowić pomoc w projektowaniu wymiennika gruntowego dla pomp ciepła typ bezpośrednio parowanie/woda, szczególnie w dobieraniu optymalnej powierzchni wymiennika w stosunku do kosztów instalacji oraz uzyskanej jednostkowej i średniej sezonowej efektywności energetycznej. Ponieważ pomiary przeprowadzane były na przygotowanym w warunkach rzeczywistych stanowisku badawczym, mocno ogranicza się do sztywno założonej konstrukcji wymiennika, dlatego zaleca się przeprowadzenie kolejnych projektów badawczych, o bardziej rozbudowanych przedziałach powierzchni parownika oraz jego pozostałych parametrach geometrycznych.
7. Kolejnym, a zarazem kluczowym etapem projektu, było opracowanie i przebadanie rozwiązania umożliwiającego względnie elastyczne wymiarowanie parowników gruntowych, co stanowi potwierdzenie postawionej tezy. Ten etap został podzielony na kilka podpunktów, z których możemy wyciągnąć kilka ogólnych wniosków. Przeprowadzone badania wskazują kierunki, którym należy podążać dla rozwoju układów odzysku oleju z gruntowych wymienników pomp ciepła typu bezpośrednio parowanie /woda. Jedno z założeń planu badawczego, nie zostało zrealizowane ze względu na ograniczenia stanowiskowe. Przygotowane stanowisko do pracy w warunkach rzeczywistych, co za tym idzie dużą przestrzeń roboczą parownika, oraz małą ilość wytrącanego oleju i jego niestabilność, jeden z punktów planu badań dot. minimalnych okresów pracy w trybie odzysku oleju, nie był możliwy do zrealizowania. Rozwiązanie tego problemu, może stanowić zagadnienie dla prowadzonych w przyszłości projektów badawczych, w odpowiednio przygotowanym stanowisku badawczym.

8. W pompach ciepła z układem do odzysku oleju, konieczne jest zastosowanie elektronicznych zaworów rozprężnych, z powodu dużej nie stabilności pracy ~1-2bar, na wersji mechanicznej. Wymagane jest odpowiedni dobór parametrów PID, dla maksymalnej stabilizacji wahań ciśnienia parowania,
9. Najważniejszym punktem projektu badawczego było opracowanie modyfikacji usprawniającej poprzedni, opatentowany układu do odzysku oleju z parowników gruntowych. W nowym rozwiązaniu, zamiast jednego kolektora zasilającego i kilku powrotnych, mamy dwa lub więcej kolektorów zasilających wraz zaworami odcinającymi, jeden rurociąg powrotny. Jak wynika z analizy pracy, korzyści jakie niesie za sobą nowe rozwiązanie w stosunku do poprzedniego, to brak bezwładności przepływu czynnika, powodowanej koniecznością wyrównania ciśnienia pomiędzy zasilaniem a powrotem z parownika na zamkniętej sekcji. Powoduje to krótszy czas uzyskania niskiej temperatury przegrzania, szybsze zalanie czynnikiem, co za tym idzie lepsza efektywności trybu odzyskiwania oleju. Ponadto możliwość zalania mieszaniną z większym udziałem cieczy jednej z otwartych sekcji, bez konieczności dodatkowej ilości czynnika, która może powodować przy pewnych parametrach pracy problemy z ciśnieniem skraplania,
10. W ostatnim punkcie przedmiotowych badań, na podstawie wykonanych pomiarów wydajnościowych, oraz przykładowo wyznaczonego optymalnego czasu pracy trybu odzyskiwania oleju, określony został wpływ takiego układu na spadek współczynnika COP. Na zaprezentowanym przykładzie, spadek wartości COP wyniósł 0,36%, co można uznać za nieznaczące obniżenie efektywności energetycznej urządzenia, w odniesieniu do wpływu na jej wzrost, dzięki możliwości stosowania wymienników gruntowych o dużo większej powierzchni wymiany ciepła.
11. Ostatnim zagadnieniem do rozwiązania, było opracowanie koncepcji konstrukcji układu do odzyskiwania oleju, jego sposób integracji z urządzeniem, oraz algorytmu sterowania. Na podstawie przeprowadzonych prac koncepcyjnych oraz testów przygotowanego prototypu, opracowane i opisane zostały dwa rozwiązania. Pierwsze to algorytm sterowania wraz z jego sposobem zastosowania, a następane przedstawiona na rysunkach konstrukcja układu

odzyskiwania oleju, w postaci nie zależnego modułu montowanego na zewnątrz urządzenia, co pozwala na jego zastosowanie jako niezależnej opcji do seryjnie wyprodukowanej tego typu pompy ciepła. Jako dodatkowe i opcjonalne rozwiązanie konstrukcji układu odzysku oleju, i sposobu jego integracji z urządzeniem, opracowano również wariant zamiany standardowo stosowanego zaworu rozprężnego i dwóch dodatkowych elektrozaworów odcinających, na dwa elektroniczne zawory rozprężne mogące pełnić funkcję zaworów odcinających. Zaletą rozwiązania jest redukcja przestrzeni w urządzeniu, kosztów oraz liczby elementów potencjalnie awaryjnych. W pewnych przypadkach, może być to uznane za istotne korzyści, dlatego takie rozwiązanie została zaprezentowane jako dodatkowa opcja. Natomiast, należy uwzględnić jego wady jakimi są niewątpliwie brak możliwości przygotowania układu jako niezależnego modułu dla urządzeń seryjnych, oraz wymagana poszerzona funkcjonalność sterownika głównego.

12. Reasumując, przeprowadzone badania, oraz opracowane koncepcje, umożliwiają produkcję pomp ciepła typu bezpośrednio parowanie/woda, które jak wykazuje literatura technologicznie są jednym z najbardziej wydajnych rozwiązań na rynku, o jeszcze wyższej efektywności energetycznej, co obecnie jest z najwyższych priorytetów opracowywanych technologii w energetyce.

## 8. Nomenklatura

Temperatury :

$T_z$  [°C] – temp. wody zasilającej

$T_p$  [°C] – temp. wody powrotnej

$T_g$  [°C] – temp. gorącego gazu

$T_s$  [°C] – temp. ssania

$T_o$  [°C] – temp. odparowania

$\Delta T_o$  [K] – temp. przegrzania

$T_k$  [°C] – temp. odparowania

$T_c$  [°C] – temperatura ciekłego czynnika,

$T_{gr}$  [°C] – temperatura gruntu,

$T_{zewn.}$  [°C] – temperatura powietrza zewnętrznego

Ciśnienie :

$p_o$  [bar] – ciśnienie odparowania, (pomiar na ssaniu)

$p_z$  [bar] – ciśnienie zasilania parownika, (pomiar na zasilaniu parownika)

Pomiar energii elektrycznej :

$P_e$  [W] – pobór mocy elektrycznej

Przepływ wody :

$q_w$  [m<sup>3</sup>/h] – wartość przepływu wody

$Q$  [W] - wydajność grzewcza

Spr. 1,2,3, - dotyczy układu 1 - układ z wymiennikiem freonowym 5 pętli, 2 – układ

z wymiennikiem freonowym 8 pętli, dwupłaszczyznowy, 3 – układ 8 pętli

jednopłaszczyznowy,



## 9. Literatura

1. Pędziwiatr Damian PAT 231123 – „Układ bezpośredniego odzyskiwania oleju” (2014)
2. Pędziwiatr Damian PAT 230583 – „Układ odzyskiwania oleju w parownikach pomp ciepła typu bezpośrednie parowanie/woda” (2016)
3. Pędziwiatr Damian Zgłoszenie pat. P.438205 „Zmodyfikowany układ odzyskiwania oleju w parownikach pomp ciepła typu - bezpośrednie parowanie/woda” (2021)
4. EHPA European Heat Pump Association “European Heat Pump Action Plan” (2008)
5. An experimental study of a direct expansion ground-coupled heat pump system in heating mode Xiaotao Wang<sup>1,2,,y</sup>, Chongfang Ma<sup>1,2</sup> and Yuanwei Lu<sup>1,2</sup> (2009)
6. Experimental performance analysis of a direct-expansion ground source heat pump in Xiangtan, China Wei Yang\* (2013)
7. Evaluation of alternative refrigerants for R410A in ground source heat pump system according to ASHRAE classification (2022)
8. Modeling and Analyse of a Direct Expansion Geothermal Heat Pump (DX) : part 1 Modeling of Ground Heat Exchanger Rousseau Clément\*<sup>1</sup>, Jean-Louis Fannou<sup>1</sup>, Louis Lamarche<sup>1</sup> Mohamed Ouzzane<sup>2</sup> (2012)
9. Modeling And Analysis Of A Direct Expansion Geothermal Heat Pump (Dx): Part II-Modeling Of Water-Refrigerant Exchanger (2012)
10. Jacobs, M., Scheideman, F., Kazem, S., & Macken, N. „Oil Transport by Refrigerant Vapor” ASHRAE Transactions (1976) , 318-329.
11. Mehendale S., Radermacher Reinhard “Experimental and Theoretical Investigation of Annular Film Flow Reversal In a Vertical Pipe: Application To Oil Return In Refrigeration Systems” HVAC&R Research, Vol. 6, No. 1 , (2000), 55-74
12. Cremaschi Lorenzo, Hwang Yunho, Radermacher Reinhard “Experimental investigation of oil retention in air conditioning systems” International Journal of Refrigeration 28, (2005), 1018-1028

13. Kurt F. Zoellick, Predrag Hrnjak "Oil Retention and Pressure Drop in Horizontal and Vertical Suction Lines with R410A/POE" International Refrigeration and Air Conditioning Conference (2010), 1-12
14. Vatsal M., Eckhard A. Groll, James E. Braun "Stratified Flow Model to Predict Oil Retention in Horizontal Refrigerant Gas Lines of Unitary Split Systems Running R410A and POE32" International Refrigeration and Air Conditioning Conference (2021), 8-10

## 10. Wykaz tabel

Tabela 1. Zestawienie krytycznych wartości przepływu masowego. Źródło [11],

Tabela 2. Wyniki testów. Źródło : [13],

Tabela 3. Zestawienie wydajności grzewczych dla wyszczególnionych parametrów układu. Dla temperatury wody zasilającej  $T_z=35^\circ\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

Tabela 4. Zestawienie parametrów pracy dla wody zasilającej  $T_z=35^\circ\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

Tabela 5. Zestawienie wydajności grzewczych dla wyszczególnionych parametrów układu. Dla temperatury wody zasilającej  $T_z=55^\circ\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

Tabela 6. Zestawienie parametrów pracy dla wody zasilającej  $T_z=55^\circ\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

Tabela 7. Zestawienie wielkości wzrostu wydajności grzewczej dla wody zasilającej  $T_z=35^\circ\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

Tabela 8. Zestawienie wielkości wydajności grzewczej, mocy elektrycznej oraz współczynników COP wraz z jego wzrostem, dla wody zasilającej  $T_z=35^\circ\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

Tabela 9. Zestawienie wielkości wzrostu wydajności grzewczej dla wody zasilającej  $T_z=55^\circ\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$ .

Tabela 10. Zestawienie wielkości wydajności grzewczej, mocy elektrycznej oraz współczynników COP wraz z jego wzrostem, dla wody zasilającej  $T_z=35^\circ\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$  oraz  $T_{oh} = 9\text{K}$

Tabela 11. Zestawienie temperatur :

$T_{gr}$  - Spr. 1 – Grunt 1 (temp. gruntu Spr1)

$T_{gr}$  - Spr 3 - Grunt 5 (temp. gruntu Spr3)

$\Delta T_{gr-o}$  - Spr 1- różnica pomiędzy temperaturą odparowania a temp. gruntu  
Spr1

$\Delta T_{gr-o}$  - Spr 3- różnica pomiędzy temperaturą odparowania a temp. gruntu  
Spr3

$T_z$  śr/24h – średnie dobowe temperatury gruntu

Tabela 12. Wartości ciśnienia oraz temperatur odparowania Spr.1 i Spr.3

Tabela 13. Spadki temperatur gruntu Spr.1 i Spr.3

Tabela 14. Spadki temperatur odparowanie Spr.1 i Spr.3

Tabela 15. Zestawienie wyników dla serii pomiarów nr.1,  $T_{gr} = 4,95^{\circ}\text{C}$

Tabela 16. Zestawienie poboru mocy oraz COP dla serii pomiarów nr.1

Tabela 17. Zestawienie wyników dla serii pomiarów nr.2,  $T_{gr} = 4,8^{\circ}\text{C}$

Tabela 18. Zestawienie poboru mocy oraz COP dla serii pomiarów nr.2

Tabela 19. Zestawienie wyników dla serii pomiarów nr.3,  $T_{gr} = 4,24^{\circ}\text{C}$

Tabela 20. Zestawienie poboru mocy oraz COP dla serii pomiarów nr.3

Tabela 21. Zestawienie ciśnień odparowania dla układów Spr.2 i Spr.3.

Tabela 22 Wydajność grzewcza, pobór mocy elektrycznej i COP, dla wymiennika w trybie odzysku oleju oraz pracy nominalnej.

Tabela 23. Zestawienie wydajności grzewczych dla wyszczególnionych parametrów układu. Dla temperatury wody zasilającej  $T_z=40^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $Toh = 13\text{K}$

Tabela 24. Zestawienie wydajności grzewczych dla wyszczególnionych parametrów układu. Dla temperatury wody zasilającej  $T_z=40^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $Toh = 9\text{K}$

Tabela 25. Zestawienie wydajności grzewczych dla wyszczególnionych parametrów układu. Dla temperatury wody zasilającej  $T_z=50^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $Toh = 13\text{K}$

Tabela 26. Zestawienie wydajności grzewczych dla wyszczególnionych parametrów układu. Dla temperatury wody zasilającej  $T_z=50^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 9\text{K}$

Tabela 27. Zestawienie wzrostu wydajności grzewczych dla wody zasilającej  $T_z=40^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$

Tabela 28. Zestawienie wielkości wydajności grzewczej, mocy elektrycznej oraz współczynników COP wraz z jego wzrostem, dla wody zasilającej  $T_z=40^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$

Tabela 29. Zestawienie wzrostu wydajności grzewczych dla wody zasilającej  $T_z=40^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 9\text{K}$

Tabela 30. Zestawienie wielkości wydajności grzewczej, mocy elektrycznej oraz współczynników COP wraz z jego wzrostem, dla wody zasilającej  $T_z=40^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 9\text{K}$

## 11. Wykaz rysunków

Rys.1 Podstawowy schemat budowy pompy ciepła :

Rys.2 Porównanie schematu gruntowych pomp ciepła

Rys. 3. Wyniki pomiarów sezonowych współczynników SPF

Rys. 4 Wymiennik gruntowy typu bezpośrednio odparowanie/woda.

Rys. 6 Porównanie układu wymiennika gruntowego typu bezpośredniego odparowania

Rys.7 Wartości COP, wydajności grzewczej oraz mocy elektrycznej w przeprowadzonych badaniach.

Rys.8 Porównanie zużycia energii elektrycznej, w gruntowych pompach ciepła, dla poszczególnych temperatur odparowania. *Źródło : [7].*

Rys. 9 Porównanie modelu z wynikami eksperymentalnymi dla ciśnienia czynnika, temperatury wody, oraz entalpi względem czasu. *Źródło : [8]*

Rys. 10 Schemat przepływu. *Źródło : [13]*

Rys. 11 Retencja oleju. *Źródło : [11]*

Rys. 12 Model w odniesieniu do wyników eksperymentalnych, dot. wielkości retencji oleju w stosunku do przepływu masowego. *Źródło : [14],*

Rys. 13 Zasada działania układu do odzyskiwania oleju [1]

Rys.14 Porównanie standardowego schematu pompy ciepła typu bezpośrednio odparowanie/woda stosunku schematu wraz z opracowanym układem do odzyskiwania oleju.

Rys. 15 Stanowisko badawcze - wymienniki gruntowe, dolne źródło energii

Rys. 16 Stanowisko – górne źródło energii, odbiór ciepła w postaci otwartego zbiornika zewnętrznego, oraz opcjonalnie wymiennik powietrzny. Zdjęcie przedstawia również pomieszczenie stanowiska badawczego.

Rys. 17 Instalacja układów sprężarkowych wraz z instalacją hydrauliczną górnego źródła energii.

Rys.18 przedstawiono schemat stanowiska badawczego. Schemat obejmuje kompletną instalację hydrauliczną i freonową.

Rys. 19 Schemat instalacji stanowiska badawczego

Rys. 20 Wyniki pomiarów gruntu, na pracujących układach Spr.3 i Spr.1, względem temp. zewn

Rys. 21 Wyniki pomiarów : temp. gruntu, temp. odparowania oraz temp. zewn. dla Spr 1 i Spr3.

Rys. 22 Wartości COP w stosunku do liczby pętli – pomiar 1.

Rys. 23 Wartości COP w stosunku do liczby pętli – pomiar nr. 2

Rys. 24 Wartości COP w stosunku do liczby pętli – pomiar nr. 3

Rys.25 Zestawienie temperatur gruntu względem temp. zewn.

Rys.26 Zestawienie temperatur gruntu uwzględniające temperaturę gruntu dolnej płaszczyzny wymiennika piętrowego.

Rys. 27 Porównanie ciśnień odparowania dla układu Spr.3 i Spr.2.

Rys. 28 Pomiar ciśnień odparowania Spr.3 4 pętli, czas pomiaru – 3,5h

Rys. 29 Pomiar ciśnień odparowania Spr.3 4 pętli, czas pomiaru – 4h

Rys. 30 Pomiar ciśnień odparowania Spr.3 4 pętli, czas pomiaru – 10min

Rys. 31 Schemat pierwotnej koncepcji, z zaznaczoną lokalizacją elektrozaworów magnetycznych.

Rys. 32 Opracowana koncepcja po modyfikacji.

Rys. 33 Seryjna pompa ciepła typu bezpośrednio parowanie/woda

Rys. 34 Moduł do odzysku oleju, zamontowany w seryjnym urządzeniu.

Rys. 35 Układ do odzysku oleju realizowany w formie dwóch elektronicznych zaworów rozprężnych.

## 12. Załącznik - dane źródłowe

Tabela 23. Zestawienie wydajności grzewczych dla wyszczególnionych parametrów układu. Dla temperatury wody zasilającej  $T_z=40^{\circ}\text{C}$ ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$

		Spr1		Spr3	
		Parametry wody	Wydajność grzewcza Q[W]	Parametry wody	Wydajność grzewcza Q[W]
pomiar 1	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	38,3	8691	38,19	9957
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	33,38		33,49	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,53		1,835	
pomiar 2	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	39,5	8330	39,6	9931
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	34,8		34,9	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,535		1,83	
pomiar 3	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	40,15	8286	40,31	9994
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	35,49		35,58	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,54		1,83	



Tabela 24. Zestawienie wydajności grzewczych dla wyszczególnionych parametrów układu. Dla temperatury wody zasilającej  $T_z=40^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 9\text{K}$

		Spr1		Spr3	
		Parametry wody	Wydajność grzewcza Q[W]	Parametry wody	Wydajność grzewcza Q[W]
pomiar 1	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	38,4	9133	38,29	10996
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	33,23		33,1	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,53		1,835	
pomiar 2	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	39,6	8773	39,7	10543
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	34,65		34,71	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,535		1,83	
pomiar 3	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	40,25	8730	40,41	10607
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	35,34		35,39	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,54		1,83	

Tabela 25. Zestawienie wydajności grzewczych dla wyszczególnionych parametrów układu. Dla temperatury wody zasilającej  $T_z=50^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$

		Spr1		Spr3	
		Parametry wody	Wydajność grzewcza Q[W]	Parametry wody	Wydajność grzewcza Q[W]
pomiar 1	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	49,1	8407	50,03	10142
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	44,43		45,37	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,53		1,83	
pomiar 2	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	50,15	8062	49,92	9573
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	45,60		45,39	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,535		1,83	
pomiar 3	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	50,15	8026	49,85	9783
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	45,64		45,22	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,54		1,83	

Tabela 26. Zestawienie wydajności grzewczych dla wyszczególnionych parametrów układu. Dla temperatury wody zasilającej  $T_z=50^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 9\text{K}$

		Spr1		Spr3	
		Parametry wody	Wydajność grzewcza Q[W]	Parametry wody	Wydajność grzewcza Q[W]
pomiar 1	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	49,2	8857	50,1	10742
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	44,21		45,02	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,53		1,83	
pomiar 2	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	50,28	8514	49,98	10315
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	45,48		45,10	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,535		1,83	
pomiar 3	Temp. zas. $T_z$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	50,2	8480	49,93	10482
	Temp. powr. $T_p$ [ $^{\circ}\text{C}$ ]	45,43		44,97	
	Przepływ wody $q_w$ [m <sup>3</sup> /h]	1,54		1,83	

Tabela 27. Zestawienie wzrostu wydajności grzewczych dla wody zasilającej  $T_z=40^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$

Pomiar	Wzrost wydajności grzewczej	
1	$\Delta Q \text{ spr3/spr1 [\%]}$	19,4%
2		19,2%
3		20,6%
	Średnia	19,8%

Tabela 28. Zestawienie wielkości wydajności grzewczej, mocy elektrycznej oraz współczynników COP wraz z jego wzrostem, dla wody zasilającej  $T_z=40^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$

Spr1	Spr 3
Średnia wydajność Q [W]	
8436	10102
Średni pobór mocy elektr. [W]	
2378	2382
COP	
3,547	4,241
Wzrost COP	19,6%

Tabela 29. Zestawienie wzrostu wydajności grzewczych dla wody zasilającej  $T_z=40^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 9\text{K}$

Pomiar	Wzrost wydajności grzewczej	
1	$\Delta Q \text{ spr3/spr1 [\%]}$	20,4%
2		20,2%
3		21,5%
	Średnia	20,7%

Tabela 30. Zestawienie wielkości wydajności grzewczej, mocy elektrycznej oraz współczynników COP wraz z jego wzrostem, dla wody zasilającej  $T_z=40^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 9\text{K}$

Spr1	Spr 3
Średnia wydajność Q [W]	
8879	10715
Średni pobór mocy elektr. [W]	
2363	2365
COP	
3,757	4,531
Wzrost COP	20,6%

Tabela 31. Zestawienie wzrostu wydajności grzewczych dla wody zasilającej  $T_z=50^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$

Pomiar	Wzrost wydajności grzewczej	
1	$\Delta Q_{\text{spr3/spr1}} [\%]$	20,6%
2		18,7%
3		21,9%
	Średnia	20,4%

Tabela 32. Zestawienie wielkości wydajności grzewczej, mocy elektrycznej oraz współczynników COP wraz z jego wzrostem, dla wody zasilającej  $T_z=50^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 13\text{K}$

Spr1	Spr 3
Średnia wydajność Q [W]	
8165	9833
Średni pobór mocy elektr. [W]	
2969	2974
COP	
2,750	3,306
Wzrost COP	20,2%

Tabela 33. Zestawienie wzrostu wydajności grzewczych dla wody zasilającej  $T_z=50^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 9\text{K}$

Pomiar	Wzrost wydajności grzewczej	
1	$\Delta Q \text{ spr3/spr1 [\%]}$	21,3%
2		21,2%
3		23,6%
	Średnia	22,0%

Tabela 34. Zestawienie wielkości wydajności grzewczej, mocy elektrycznej oraz współczynników COP wraz z jego wzrostem, dla wody zasilającej  $T_z=50^{\circ}\text{C}$  ; Temperatura przegrzania  $T_{oh} = 9\text{K}$

Spr1	Spr 3
Średnia wydajność Q [W]	
8617	10513
Średni pobór mocy elektr. [W]	
2947	2969
COP	
2,924	3,541
Wzrost COP	21,1%

Tabela 35. Przykładowe, częściowe zestawienie wyników pomiaru temperatury gruntu Tgr, ciśnienia parowania p, oraz temperatury ssania Ts, dla układu Spr2 i Spr3.

Time	Tgr1 Spr2	Tgr2 Spr2	Tgr1 Spr3	Tgr2 Spr3	Tz	p <sub>o</sub> Spr2	p <sub>o</sub> Spr3	Ts Spr2	Ts Spr3
18.03.2020	3,95	4,16	3,87	1,16	7,12	8,19	6,09	15,67	15,87
18.03.2020 00:05	3,95	4,14	3,87	1,16	7,05	8,19	6,08	15,65	15,87
18.03.2020 00:10	3,97	4,16	3,83	1,16	7,01	8,19	6,08	15,65	15,85
18.03.2020 00:15	3,95	4,16	3,83	1,18	7,14	8,19	6,08	15,63	15,87
18.03.2020 00:20	3,95	4,16	3,87	1,16	7,36	8,19	6,08	15,63	15,85
18.03.2020 00:25	3,95	4,12	3,87	1,16	7,38	8,19	6,08	15,63	15,85
18.03.2020 00:30	3,97	4,16	3,83	1,14	7,52	8,19	6,08	15,61	15,82
18.03.2020 00:35	3,97	4,18	3,83	1,18	7,52	8,19	6,08	15,59	15,82
18.03.2020 00:40	4,01	4,18	3,85	1,18	7,58	8,19	6,08	15,61	15,82
18.03.2020 00:45	3,97	4,16	3,89	1,18	7,50	8,19	6,08	15,59	15,80
18.03.2020 00:50	3,95	4,16	3,83	1,18	7,60	8,19	6,08	15,59	15,80
18.03.2020 00:55	3,97	4,18	3,83	1,14	7,48	8,19	6,08	15,57	15,80
18.03.2020 01:00	3,93	4,16	3,83	1,14	7,48	8,19	6,08	15,57	15,85
18.03.2020 01:05	3,93	4,16	3,83	1,18	7,34	8,19	6,08	15,57	15,78
18.03.2020 01:10	3,95	4,16	3,83	1,16	7,30	8,19	6,08	15,57	15,78
18.03.2020 01:15	3,97	4,16	3,87	1,14	7,16	8,19	6,08	15,55	15,76
18.03.2020 01:20	3,95	4,16	3,89	1,18	7,16	8,19	6,08	15,55	15,76
18.03.2020 01:25	3,95	4,16	3,83	1,18	7,01	8,19	6,08	15,53	15,76
18.03.2020 01:30	3,97	4,16	3,83	1,14	7,01	8,19	6,07	15,53	15,74
18.03.2020 01:35	3,97	4,18	3,87	1,18	6,95	8,19	6,07	15,53	15,74
18.03.2020 01:40	3,99	4,16	3,87	1,18	6,85	8,19	6,07	15,53	15,74
18.03.2020 01:45	4,01	4,12	3,85	1,14	6,69	8,19	6,07	15,51	15,72
18.03.2020 01:50	3,91	4,16	3,83	1,18	6,55	8,19	6,07	15,49	15,72
18.03.2020 01:55	3,95	4,16	3,87	1,18	6,49	8,19	6,07	15,49	15,72
18.03.2020 02:00	3,95	4,16	3,83	1,16	6,40	8,19	6,07	15,51	15,70
18.03.2020 02:05	3,95	4,16	3,87	1,18	6,34	8,19	6,07	15,47	15,74
18.03.2020 02:10	3,99	4,16	3,87	1,18	6,34	8,19	6,07	15,49	15,70
18.03.2020 02:15	3,95	4,14	3,87	1,18	6,24	8,19	6,07	15,47	15,70
18.03.2020 02:20	3,93	4,14	3,87	1,16	6,10	8,19	6,07	15,47	15,68
18.03.2020 02:25	3,95	4,14	3,87	1,16	6,24	8,19	6,07	15,45	15,68
18.03.2020 02:30	3,95	4,14	3,87	1,16	6,10	8,19	6,07	15,45	15,68
18.03.2020 02:35	3,95	4,16	3,87	1,16	6,55	8,19	6,07	15,45	15,66
18.03.2020 02:40	3,97	4,16	3,81	1,18	6,85	8,19	6,07	15,43	15,66
18.03.2020 02:45	3,99	4,16	3,87	1,14	6,87	8,19	6,07	15,43	15,68
18.03.2020 02:50	3,95	4,16	3,87	1,18	6,87	8,19	6,07	15,43	15,66
18.03.2020 02:55	3,95	4,16	3,87	1,18	6,89	8,19	6,07	15,43	15,64
18.03.2020 03:00	3,93	4,16	3,87	1,18	6,73	8,19	6,07	15,41	15,68
18.03.2020 03:05	3,97	4,14	3,87	1,18	6,49	8,19	6,07	15,41	15,62
18.03.2020 03:10	3,99	4,14	3,87	1,16	6,36	8,18	6,06	15,39	15,62
18.03.2020 03:15	3,99	4,18	3,87	1,16	6,02	8,19	6,06	15,41	15,62
18.03.2020 03:20	3,97	4,14	3,85	1,16	5,90	8,19	6,06	15,39	15,62



18.03.2020 03:25	3,93	4,18	3,85	1,16	5,55	8,18	6,06	15,37	15,62
18.03.2020 03:30	3,97	4,16	3,85	1,16	5,37	8,18	6,06	15,37	15,64
18.03.2020 03:35	3,97	4,16	3,85	1,16	5,43	8,19	6,06	15,37	15,64
18.03.2020 03:40	3,97	4,16	3,85	1,16	5,14	8,19	6,06	15,37	15,60
18.03.2020 03:45	3,97	4,16	3,85	1,20	4,89	8,19	6,06	15,35	15,60
18.03.2020 03:50	3,95	4,16	3,89	1,18	4,67	8,19	6,06	15,35	15,56
18.03.2020 03:55	3,97	4,16	3,89	1,18	5,25	8,19	6,06	15,33	15,58
18.03.2020 04:00	3,95	4,16	3,92	1,20	4,71	8,18	6,06	15,33	15,56
18.03.2020 04:05	3,95	4,20	3,87	1,18	5,12	8,18	6,06	15,33	15,56
18.03.2020 04:10	3,95	4,16	3,89	1,14	5,05	8,18	6,06	15,33	15,60
18.03.2020 04:15	3,95	4,20	3,89	1,14	4,59	8,19	6,06	15,33	15,54
18.03.2020 04:20	3,99	4,20	3,89	1,18	4,63	8,19	6,06	15,31	15,56
18.03.2020 04:25	3,99	4,20	3,89	1,18	4,50	8,19	6,06	15,35	15,56
18.03.2020 04:30	3,99	4,16	3,87	1,18	4,38	8,19	6,06	15,31	15,54
18.03.2020 04:35	3,97	4,14	3,83	1,18	4,04	8,18	6,06	15,29	15,58
18.03.2020 04:40	3,97	4,18	3,87	1,18	4,12	8,19	6,06	15,29	15,52
18.03.2020 04:45	3,95	4,18	3,87	1,18	3,95	8,18	6,06	15,27	15,52
18.03.2020 04:50	3,99	4,18	3,92	1,18	3,83	8,18	6,06	15,29	15,52
18.03.2020 04:55	3,97	4,18	3,87	1,18	3,51	8,18	6,05	15,27	15,50
18.03.2020 05:00	3,97	4,18	3,87	1,18	3,75	8,18	6,05	15,25	15,50
18.03.2020 05:05	3,99	4,18	3,87	1,18	4,22	8,18	6,05	15,27	15,50
18.03.2020 05:10	3,97	4,16	3,92	1,18	4,14	8,18	6,05	15,25	15,48
18.03.2020 05:15	3,99	4,18	3,89	1,14	4,36	8,18	6,05	15,31	15,48
18.03.2020 05:20	3,99	4,18	3,87	1,16	4,61	8,18	6,05	15,25	15,48
18.03.2020 05:25	3,99	4,18	3,87	1,16	4,48	8,18	6,05	15,23	15,52
18.03.2020 05:30	3,99	4,18	3,89	1,16	4,46	8,18	6,05	15,23	15,52
18.03.2020 05:35	3,97	4,18	3,87	1,16	4,42	8,18	6,05	15,23	15,48
18.03.2020 05:40	3,99	4,18	3,89	1,16	4,38	8,18	6,05	15,21	15,46
18.03.2020 05:45	3,99	4,18	3,87	1,16	4,26	8,18	6,05	15,21	15,46
18.03.2020 05:50	3,99	4,18	3,87	1,16	4,26	8,18	6,05	15,21	15,50
18.03.2020 05:55	3,99	4,18	3,87	1,16	4,46	8,18	6,05	15,21	15,44
18.03.2020 06:00	3,99	4,18	3,87	1,16	4,48	8,18	6,05	15,21	15,44
18.03.2020 06:05	3,95	4,18	3,92	1,16	4,63	8,18	6,05	15,18	15,48
18.03.2020 06:10	3,99	4,18	3,87	1,16	4,50	8,18	6,05	15,18	15,50
18.03.2020 06:15	3,99	4,18	3,87	1,16	4,50	8,18	6,05	15,16	15,44
18.03.2020 06:20	3,95	4,18	3,89	1,16	4,44	8,18	6,05	15,18	15,44
18.03.2020 06:25	3,99	4,20	3,87	1,16	4,67	8,18	6,05	15,16	15,44
18.03.2020 06:30	4,04	4,20	3,89	1,16	4,93	8,18	6,05	15,16	15,46
18.03.2020 06:35	3,99	4,20	3,89	1,18	4,87	8,18	6,05	15,16	15,42
18.03.2020 06:40	3,99	4,18	3,87	1,14	4,40	8,18	6,04	15,14	15,40
18.03.2020 06:45	3,99	4,16	3,89	1,16	4,36	8,18	6,04	15,14	15,44
18.03.2020 06:50	3,99	4,16	3,89	1,16	4,50	8,18	6,04	15,14	15,44
18.03.2020 06:55	3,97	4,18	3,89	1,18	5,08	8,18	6,04	15,16	15,42
18.03.2020 07:00	4,01	4,18	3,89	1,16	5,25	8,18	6,04	15,16	15,38
18.03.2020 07:05	3,99	4,18	3,92	1,16	5,73	8,18	6,04	15,12	15,38
18.03.2020 07:10	3,99	4,20	3,92	1,18	5,83	8,19	6,04	15,16	15,38

18.03.2020 07:15	3,99	4,16	3,87	1,18	6,22	8,18	6,04	15,10	15,40
18.03.2020 07:20	3,99	4,18	3,87	1,14	6,53	8,18	6,04	15,10	15,36
18.03.2020 07:25	3,99	4,18	3,89	1,16	6,75	8,18	6,04	15,12	15,40
18.03.2020 07:30	3,97	4,14	3,87	1,16	7,24	8,18	6,04	15,10	15,36
18.03.2020 07:35	3,97	4,20	3,89	1,16	7,50	8,18	6,04	15,10	15,38
18.03.2020 07:40	3,97	4,18	3,89	1,18	7,52	8,18	6,04	15,08	15,34
18.03.2020 07:45	3,97	4,18	3,92	1,14	7,75	8,18	6,04	15,12	15,34
18.03.2020 07:50	3,95	4,16	3,87	1,14	8,05	8,18	6,04	15,06	15,34
18.03.2020 07:55	3,97	4,20	3,94	1,12	8,31	8,18	6,04	15,08	15,32
18.03.2020 08:00	3,97	4,20	3,87	1,16	8,58	8,18	6,04	15,08	15,34
18.03.2020 08:05	4,01	4,16	3,89	1,12	8,92	8,18	6,04	15,06	15,32
18.03.2020 08:10	3,93	4,18	3,89	1,12	9,17	8,18	6,04	15,06	15,36
18.03.2020 08:15	3,97	4,18	3,92	1,14	9,31	8,18	6,04	15,04	15,32
18.03.2020 08:20	3,93	4,18	3,89	1,14	9,51	8,18	6,04	15,06	15,32
18.03.2020 08:25	3,95	4,20	3,89	1,16	9,43	8,18	6,04	15,04	15,36
18.03.2020 08:30	3,95	4,16	3,92	1,16	9,96	8,18	6,04	15,08	15,30
18.03.2020 08:35	3,95	4,18	3,92	1,16	9,98	8,18	6,04	15,02	15,34
18.03.2020 08:40	3,91	4,18	3,87	1,16	10,35	8,18	6,04	15,04	15,30
18.03.2020 08:45	3,97	4,18	3,89	1,16	10,49	8,18	6,03	15,06	15,30
18.03.2020 08:50	3,93	4,20	3,89	1,14	10,29	8,18	6,03	15,04	15,30
18.03.2020 08:55	3,95	4,16	3,89	1,14	11,06	8,18	6,03	15,02	15,32
18.03.2020 09:00	3,93	4,18	3,92	1,12	11,26	8,18	6,03	15,00	15,28
18.03.2020 09:05	3,89	4,18	3,87	1,16	11,32	8,18	6,03	15,00	15,28
18.03.2020 09:10	3,95	4,18	3,89	1,16	11,61	8,18	6,03	15,00	15,28
18.03.2020 09:15	3,91	4,16	3,87	1,14	11,97	8,18	6,03	15,00	15,28
18.03.2020 09:20	3,91	4,18	3,89	1,12	11,95	8,18	6,03	14,98	15,26
18.03.2020 09:25	3,93	4,22	3,92	1,14	12,50	8,18	6,03	15,02	15,30
18.03.2020 09:30	3,93	4,16	3,89	1,16	12,64	8,18	6,03	14,98	15,26
18.03.2020 09:35	3,93	4,18	3,89	1,14	12,83	8,18	6,03	15,00	15,28
18.03.2020 09:40	3,87	4,18	3,92	1,16	13,00	8,18	6,03	14,96	15,30
18.03.2020 09:45	3,89	4,14	3,92	1,16	12,88	8,18	6,03	14,96	15,28
18.03.2020 09:50	3,89	4,18	3,92	1,16	13,65	8,18	6,03	14,96	15,28
18.03.2020 09:55	3,89	4,16	3,89	1,16	13,37	8,18	6,03	14,94	15,28
18.03.2020 10:00	3,85	4,14	3,89	1,16	13,57	8,18	6,03	14,96	15,22
18.03.2020 10:05	3,89	4,16	3,94	1,18	14,34	8,18	6,03	14,94	15,22
18.03.2020 10:10	3,87	4,16	3,89	1,14	14,26	8,18	6,03	14,92	15,20
18.03.2020 10:15	3,85	4,18	3,89	1,14	14,81	8,18	6,03	14,94	15,22
18.03.2020 10:20	3,89	4,16	3,87	1,16	14,30	8,18	6,03	14,92	15,26
18.03.2020 10:25	3,89	4,16	3,92	1,16	15,28	8,18	6,03	14,96	15,20
18.03.2020 10:30	3,87	4,10	3,92	1,16	14,65	8,18	6,03	14,92	15,20
18.03.2020 10:35	3,89	4,16	3,87	1,18	15,30	8,18	6,03	14,90	15,22
18.03.2020 10:40	3,85	4,16	3,89	1,14	14,57	8,18	6,03	14,90	15,22
18.03.2020 10:45	3,85	4,14	3,89	1,14	15,83	8,18	6,03	14,90	15,20
18.03.2020 10:50	3,85	4,14	3,89	1,16	15,46	8,18	6,03	14,92	15,22
18.03.2020 10:55	3,81	4,14	3,89	1,16	15,14	8,18	6,03	14,90	15,16
18.03.2020 11:00	3,83	4,16	3,89	1,14	15,93	8,18	6,03	14,94	15,22

18.03.2020 11:05	3,85	4,14	3,89	1,12	15,66	8,18	6,03	14,88	15,20
18.03.2020 11:10	3,81	4,18	3,89	1,16	16,15	8,18	6,02	14,88	15,18
18.03.2020 11:15	3,81	4,14	3,89	1,12	15,24	8,18	6,02	14,88	15,20
18.03.2020 11:20	3,83	4,10	3,85	1,14	16,17	8,18	6,02	14,86	15,16
18.03.2020 11:25	3,79	4,14	3,89	1,12	16,19	8,18	6,02	14,86	15,13
18.03.2020 11:30	3,85	4,14	3,89	1,18	15,56	8,18	6,02	14,86	15,13
18.03.2020 11:35	3,85	4,14	3,89	1,14	16,48	8,18	6,02	14,86	15,13
18.03.2020 11:40	3,81	4,14	3,89	1,12	16,35	8,18	6,02	14,86	15,13
18.03.2020 11:45	3,81	4,14	3,92	1,12	16,56	8,18	6,02	14,84	15,13
18.03.2020 11:50	3,81	4,14	3,92	1,14	16,62	8,18	6,02	14,84	15,16
18.03.2020 11:55	3,79	4,14	3,92	1,14	16,56	8,18	6,02	14,84	15,16
18.03.2020 12:00	3,81	4,16	3,85	1,10	17,00	8,18	6,02	14,86	15,11
18.03.2020 12:05	3,81	4,14	3,92	1,14	16,64	8,18	6,02	14,82	15,16
18.03.2020 12:10	3,81	4,10	3,92	1,14	16,41	8,18	6,02	14,86	15,16
18.03.2020 12:15	3,81	4,14	3,87	1,14	16,70	8,18	6,02	14,82	15,09
18.03.2020 12:20	3,83	4,12	3,87	1,16	17,49	8,18	6,02	14,80	15,09
18.03.2020 12:25	3,81	4,16	3,87	1,10	17,65	8,18	6,02	14,82	15,13
18.03.2020 12:30	3,81	4,16	3,87	1,10	17,69	8,18	6,02	14,80	15,11
18.03.2020 12:35	3,83	4,12	3,87	1,12	17,17	8,18	6,02	14,80	15,13
18.03.2020 12:40	3,79	4,12	3,87	1,14	17,08	8,18	6,02	14,82	15,07
18.03.2020 12:45	3,83	4,16	3,87	1,12	17,02	8,18	6,02	14,82	15,09
18.03.2020 12:50	3,79	4,12	3,87	1,12	16,74	8,18	6,02	14,78	15,05
18.03.2020 12:55	3,77	4,12	3,94	1,12	17,43	8,18	6,02	14,78	15,11
18.03.2020 13:00	3,81	4,12	3,87	1,12	17,33	8,18	6,02	14,76	15,07
18.03.2020 13:05	3,81	4,12	3,87	1,12	17,96	8,18	6,02	14,78	15,09
18.03.2020 13:10	3,81	4,14	3,87	1,12	17,65	8,18	6,02	14,76	15,09
18.03.2020 13:15	3,81	4,12	3,87	1,12	18,00	8,18	6,02	14,76	15,03
18.03.2020 13:20	3,81	4,12	3,89	1,12	17,33	8,18	6,02	14,74	15,03
18.03.2020 13:25	3,81	4,14	3,89	1,10	18,14	8,18	6,01	14,78	15,07
18.03.2020 13:30	3,81	4,12	3,89	1,12	18,08	8,18	6,01	14,74	15,05
18.03.2020 13:35	3,83	4,14	3,89	1,10	17,31	8,18	6,01	14,74	15,05
18.03.2020 13:40	3,81	4,14	3,89	1,10	17,51	8,18	6,01	14,74	15,03
18.03.2020 13:45	3,83	4,12	3,92	1,10	17,71	8,18	6,01	14,74	15,05
18.03.2020 13:50	3,79	4,16	3,92	1,12	18,04	8,18	6,01	14,76	15,01
18.03.2020 13:55	3,83	4,12	3,89	1,06	18,18	8,18	6,01	14,72	15,01
18.03.2020 14:00	3,79	4,12	3,87	1,10	17,98	8,18	6,01	14,70	15,03
18.03.2020 14:05	3,81	4,10	3,89	1,10	17,75	8,18	6,01	14,70	15,05
18.03.2020 14:10	3,85	4,12	3,87	1,12	18,04	8,18	6,01	14,70	15,03
18.03.2020 14:15	3,79	4,12	3,92	1,08	17,33	8,18	6,01	14,70	14,99
18.03.2020 14:20	3,83	4,12	3,92	1,08	17,88	8,18	6,01	14,68	14,97
18.03.2020 14:25	3,81	4,10	3,92	1,12	17,67	8,18	6,01	14,68	14,99
18.03.2020 14:30	3,83	4,14	3,87	1,08	17,65	8,18	6,01	14,68	14,95
18.03.2020 14:35	3,83	4,10	3,87	1,12	17,96	8,18	6,01	14,68	14,99
18.03.2020 14:40	3,83	4,10	3,92	1,08	18,02	8,18	6,01	14,66	14,99
18.03.2020 14:45	3,83	4,10	3,87	1,12	17,57	8,18	6,01	14,66	14,95
18.03.2020 14:50	3,83	4,14	3,87	1,08	17,81	8,18	6,01	14,68	14,95

18.03.2020 14:55	3,87	4,14	3,87	1,12	18,00	8,18	6,01	14,66	14,99
18.03.2020 15:00	3,83	4,14	3,87	1,08	18,12	8,18	6,01	14,64	14,99
18.03.2020 15:05	3,83	4,10	3,92	1,12	17,88	8,18	6,01	14,64	14,97
18.03.2020 15:10	3,81	4,14	3,89	1,12	17,96	8,18	6,01	14,66	14,97
18.03.2020 15:15	3,81	4,16	3,92	1,08	17,84	8,18	6,01	14,64	14,97
18.03.2020 15:20	3,85	4,14	3,89	1,12	17,86	8,18	6,01	14,66	14,95
18.03.2020 15:25	3,87	4,12	3,92	1,12	17,79	8,18	6,01	14,62	14,95
18.03.2020 15:30	3,87	4,12	3,89	1,10	17,90	8,18	6,01	14,66	14,95
18.03.2020 15:35	3,87	4,16	3,92	1,08	17,65	8,18	6,01	14,64	14,95
18.03.2020 15:40	3,85	4,14	3,92	1,06	17,77	8,18	6,01	14,62	14,95
18.03.2020 15:45	3,85	4,14	3,92	1,10	17,41	8,18	6,01	14,62	14,95
18.03.2020 15:50	3,85	4,14	3,89	1,08	17,25	8,18	6,01	14,64	14,89
18.03.2020 15:55	3,85	4,14	3,89	1,06	17,43	8,18	6,00	14,62	14,93
18.03.2020 16:00	3,87	4,12	3,89	1,10	16,88	8,18	6,00	14,60	14,93
18.03.2020 16:05	3,87	4,12	3,89	1,10	17,12	8,18	6,00	14,58	14,87
18.03.2020 16:10	3,89	4,12	3,92	1,10	16,90	8,18	6,00	14,60	14,87
18.03.2020 16:15	3,87	4,14	3,89	1,10	16,54	8,18	6,00	14,58	14,89
18.03.2020 16:20	3,89	4,14	3,92	1,10	16,66	8,18	6,00	14,62	14,87
18.03.2020 16:25	3,89	4,12	3,92	1,06	16,60	8,18	6,00	14,58	14,89
18.03.2020 16:30	3,89	4,12	3,92	1,10	16,62	8,18	6,00	14,62	14,89
18.03.2020 16:35	3,91	4,12	3,87	1,10	16,52	8,18	6,00	14,56	14,89
18.03.2020 16:40	3,91	4,14	3,92	1,08	16,39	8,18	6,00	14,56	14,89
18.03.2020 16:45	3,91	4,16	3,92	1,10	15,99	8,18	6,00	14,60	14,89
18.03.2020 16:50	3,91	4,14	3,92	1,12	15,89	8,18	6,00	14,53	14,87
18.03.2020 16:55	3,91	4,14	3,89	1,06	15,68	8,18	6,00	14,58	14,87
18.03.2020 17:00	3,91	4,14	3,89	1,06	15,20	8,18	6,00	14,53	14,83
18.03.2020 17:05	3,91	4,14	3,89	1,10	15,20	8,18	6,00	14,58	14,85
18.03.2020 17:10	3,93	4,16	3,94	1,10	14,63	8,18	6,00	14,51	14,83
18.03.2020 17:15	3,93	4,12	3,94	1,10	14,47	8,18	6,00	14,56	14,85
18.03.2020 17:20	3,95	4,14	3,94	1,10	14,26	8,18	6,00	14,56	14,81
18.03.2020 17:25	3,93	4,16	3,92	1,12	13,98	8,18	6,00	14,49	14,85
18.03.2020 17:30	3,93	4,16	3,92	1,08	13,61	8,18	6,00	14,53	14,83
18.03.2020 17:35	3,93	4,14	3,92	1,08	13,41	8,18	6,00	14,49	14,83
18.03.2020 17:40	3,95	4,18	3,92	1,08	13,27	8,18	6,00	14,51	14,77
18.03.2020 17:45	3,95	4,12	3,92	1,08	12,77	8,18	6,00	14,49	14,81
18.03.2020 17:50	3,95	4,16	3,94	1,10	12,60	8,18	6,00	14,51	14,81
18.03.2020 17:55	3,95	4,16	3,94	1,10	12,46	8,18	6,00	14,47	14,77
18.03.2020 18:00	3,99	4,18	3,92	1,06	11,85	8,18	6,00	14,45	14,79
18.03.2020 18:05	3,97	4,18	3,92	1,10	11,24	8,18	6,00	14,49	14,79
18.03.2020 18:10	3,97	4,18	3,96	1,14	11,12	8,18	6,00	14,45	14,79
18.03.2020 18:15	3,97	4,18	3,94	1,08	10,94	8,18	6,00	14,45	14,77
18.03.2020 18:20	3,97	4,18	3,92	1,14	10,98	8,18	6,00	14,43	14,73
18.03.2020 18:25	3,97	4,18	3,92	1,10	10,90	8,18	6,00	14,43	14,73
18.03.2020 18:30	3,97	4,18	3,92	1,14	11,51	8,18	6,00	14,43	14,75
18.03.2020 18:35	3,97	4,18	3,92	1,10	11,45	8,18	6,00	14,41	14,75
18.03.2020 18:40	3,97	4,18	3,92	1,10	11,34	8,18	5,99	14,45	14,73

18.03.2020 18:45	3,95	4,18	3,92	1,10	11,08	8,18	5,99	14,41	14,73
18.03.2020 18:50	3,95	4,18	3,94	1,14	10,79	8,18	5,99	14,41	14,69
18.03.2020 18:55	3,95	4,18	3,94	1,10	10,55	8,18	5,99	14,43	14,69
18.03.2020 19:00	3,93	4,18	3,94	1,10	9,96	8,18	5,99	14,43	14,73
18.03.2020 19:05	3,93	4,18	3,92	1,08	9,92	8,18	5,99	14,43	14,73
18.03.2020 19:10	3,97	4,18	3,94	1,08	10,02	8,18	5,99	14,39	14,71
18.03.2020 19:15	3,93	4,18	3,94	1,10	9,92	8,18	5,99	14,41	14,71
18.03.2020 19:20	3,93	4,18	3,98	1,10	9,68	8,18	5,99	14,37	14,71
18.03.2020 19:25	3,93	4,18	3,94	1,08	9,33	8,18	5,99	14,37	14,69
18.03.2020 19:30	3,91	4,18	3,94	1,10	9,35	8,18	5,99	14,35	14,69
18.03.2020 19:35	3,91	4,16	3,94	1,08	9,23	8,18	5,99	14,39	14,69
18.03.2020 19:40	3,87	4,18	3,94	1,08	9,05	8,18	5,99	14,35	14,65
18.03.2020 19:45	3,91	4,18	3,98	1,08	8,92	8,18	5,99	14,37	14,69
18.03.2020 19:50	3,91	4,18	3,94	1,14	8,80	8,18	5,99	14,37	14,67
18.03.2020 19:55	3,91	4,18	3,94	1,08	8,74	8,18	5,99	14,35	14,67
18.03.2020 20:00	3,91	4,16	3,98	1,08	8,62	8,18	5,99	14,37	14,67
18.03.2020 20:05	3,89	4,18	3,94	1,08	8,33	8,18	5,99	14,37	14,65
18.03.2020 20:10	3,91	4,16	3,94	1,08	8,11	8,18	5,99	14,35	14,63
18.03.2020 20:15	3,89	4,18	3,94	1,08	8,03	8,18	5,99	14,31	14,59
18.03.2020 20:20	3,89	4,16	3,98	1,06	7,99	8,18	5,99	14,33	14,63
18.03.2020 20:25	3,87	4,16	3,92	1,10	7,85	8,18	5,99	14,33	14,59
18.03.2020 20:30	3,89	4,22	3,94	1,08	7,81	8,18	5,99	14,33	14,63
18.03.2020 20:35	3,91	4,16	3,98	1,06	7,68	8,18	5,99	14,33	14,61
18.03.2020 20:40	3,87	4,18	3,94	1,06	7,81	8,18	5,99	14,27	14,61
18.03.2020 20:45	3,87	4,16	3,98	1,06	7,60	8,18	5,99	14,31	14,59
18.03.2020 20:50	3,87	4,18	3,98	1,06	7,68	8,18	5,99	14,31	14,61
18.03.2020 20:55	3,87	4,18	3,98	1,10	7,48	8,18	5,99	14,27	14,59
18.03.2020 21:00	3,87	4,16	3,98	1,10	7,30	8,18	5,99	14,25	14,57
18.03.2020 21:05	3,87	4,16	3,96	1,06	7,54	8,18	5,99	14,25	14,57
18.03.2020 21:10	3,85	4,18	3,98	1,04	7,66	8,18	5,99	14,23	14,53
18.03.2020 21:15	3,91	4,18	3,94	1,04	7,66	8,18	5,99	14,27	14,51
18.03.2020 21:20	3,87	4,18	3,98	1,04	7,70	8,18	5,99	14,27	14,55
18.03.2020 21:25	3,89	4,22	3,98	1,04	7,56	8,18	5,99	14,27	14,53
18.03.2020 21:30	3,85	4,22	3,98	1,04	7,52	8,18	5,99	14,27	14,53
18.03.2020 21:35	3,89	4,16	3,94	1,08	7,30	8,18	5,99	14,21	14,53
18.03.2020 21:40	3,89	4,18	3,98	1,04	7,46	8,18	5,98	14,19	14,53
18.03.2020 21:45	3,89	4,16	3,98	1,04	7,46	8,18	5,98	14,23	14,46
18.03.2020 21:50	3,89	4,16	3,98	1,08	7,36	8,18	5,98	14,25	14,51
18.03.2020 21:55	3,83	4,16	3,96	1,04	7,28	8,18	5,98	14,23	14,46
18.03.2020 22:00	3,87	4,20	3,98	1,06	7,01	8,18	5,98	14,23	14,51
18.03.2020 22:05	3,87	4,16	3,94	1,06	7,50	8,18	5,98	14,21	14,51
18.03.2020 22:10	3,87	4,16	3,98	1,02	7,24	8,18	5,98	14,21	14,49
18.03.2020 22:15	3,85	4,20	3,98	1,06	7,32	8,18	5,98	14,17	14,49
18.03.2020 22:20	3,85	4,20	3,98	1,02	7,36	8,18	5,98	14,19	14,46
18.03.2020 22:25	3,85	4,20	3,96	1,04	7,38	8,18	5,98	14,19	14,51
18.03.2020 22:30	3,89	4,16	3,96	1,04	7,34	8,18	5,98	14,15	14,46

18.03.2020 22:35	3,85	4,20	3,96	1,04	7,07	8,18	5,98	14,19	14,44
18.03.2020 22:40	3,83	4,18	3,96	1,04	7,40	8,18	5,98	14,17	14,44
18.03.2020 22:45	3,85	4,18	3,96	1,02	7,32	8,18	5,98	14,17	14,44
18.03.2020 22:50	3,85	4,20	4,00	0,98	7,24	8,18	5,98	14,13	14,38
18.03.2020 22:55	3,85	4,20	3,98	1,00	6,83	8,18	5,98	14,15	14,40
18.03.2020 23:00	3,83	4,18	3,98	1,02	6,85	8,18	5,98	14,15	14,42
18.03.2020 23:05	3,83	4,16	3,98	1,04	6,16	8,18	5,98	14,15	14,40
18.03.2020 23:10	3,83	4,20	3,98	1,00	6,18	8,18	5,98	14,13	14,38
18.03.2020 23:15	3,83	4,18	3,96	1,04	6,12	8,18	5,98	14,09	14,40
18.03.2020 23:20	3,83	4,20	3,98	0,98	6,69	8,18	5,98	14,11	14,38
18.03.2020 23:25	3,83	4,18	3,98	1,00	6,53	8,18	5,98	14,11	14,38
18.03.2020 23:30	3,83	4,20	3,98	1,00	5,92	8,18	5,98	14,05	14,38
18.03.2020 23:35	3,83	4,18	3,98	0,98	6,63	8,18	5,98	14,07	14,36
18.03.2020 23:40	3,83	4,20	3,98	1,00	7,30	8,18	5,98	14,05	14,34
18.03.2020 23:45	3,83	4,20	3,94	0,98	7,18	8,18	5,97	14,09	14,34
18.03.2020 23:50	3,81	4,16	3,98	1,00	7,14	8,18	5,97	14,07	14,34
18.03.2020 23:55	3,83	4,16	3,98	0,98	6,40	8,18	5,97	14,07	14,34
19.03.2020	3,77	4,20	3,98	0,98	6,12	8,18	5,98	14,07	14,32
19.03.2020 00:05	3,81	4,20	3,98	0,98	5,92	8,18	5,97	14,05	14,32
19.03.2020 00:10	3,81	4,14	3,96	0,98	5,94	8,18	5,98	14,07	14,32
19.03.2020 00:15	3,81	4,18	3,98	0,98	5,88	8,18	5,97	14,03	14,30
19.03.2020 00:20	3,81	4,20	3,96	0,98	5,61	8,18	5,97	14,07	14,30
19.03.2020 00:25	3,81	4,18	4,00	0,98	5,71	8,18	5,97	13,99	14,28
19.03.2020 00:30	3,81	4,20	3,98	0,98	5,69	8,18	5,97	14,03	14,28
19.03.2020 00:35	3,81	4,14	3,96	0,96	5,88	8,18	5,97	14,01	14,26
19.03.2020 00:40	3,83	4,18	3,96	0,96	5,88	8,18	5,97	14,01	14,26
19.03.2020 00:45	3,79	4,18	3,98	0,96	5,83	8,18	5,97	13,99	14,26
19.03.2020 00:50	3,81	4,18	3,98	0,96	6,42	8,18	5,97	13,99	14,26
19.03.2020 00:55	3,79	4,18	3,98	0,94	6,38	8,18	5,97	13,99	14,24
19.03.2020 01:00	3,79	4,18	4,02	0,96	6,36	8,18	5,97	13,97	14,24
19.03.2020 01:05	3,79	4,18	3,98	0,94	6,36	8,18	5,97	13,97	14,22
19.03.2020 01:10	3,81	4,18	3,98	0,96	6,71	8,18	5,97	13,97	14,22
19.03.2020 01:15	3,79	4,18	3,96	0,96	6,79	8,18	5,97	13,91	14,22
19.03.2020 01:20	3,81	4,18	3,98	0,94	6,71	8,18	5,97	13,95	14,20
19.03.2020 01:25	3,79	4,18	3,98	0,94	6,79	8,18	5,97	13,95	14,20
19.03.2020 01:30	3,81	4,18	3,98	0,94	6,91	8,18	5,97	13,95	14,20
19.03.2020 01:35	3,79	4,18	3,98	0,94	6,85	8,18	5,97	13,93	14,18
19.03.2020 01:40	3,83	4,18	4,02	0,94	6,55	8,18	5,97	13,93	14,18
19.03.2020 01:45	3,77	4,18	3,98	0,94	6,08	8,18	5,97	13,91	14,18
19.03.2020 01:50	3,81	4,16	3,98	0,92	5,73	8,18	5,97	13,91	14,16
19.03.2020 01:55	3,81	4,18	3,98	0,92	5,96	8,18	5,97	13,91	14,16
19.03.2020 02:00	3,79	4,18	3,98	0,94	6,30	8,18	5,97	13,91	14,10
19.03.2020 02:05	3,81	4,18	4,02	0,94	6,81	8,18	5,97	13,84	14,14
19.03.2020 02:10	3,77	4,18	3,98	0,90	6,18	8,18	5,97	13,88	14,14
19.03.2020 02:15	3,77	4,18	3,98	0,94	6,46	8,18	5,97	13,86	14,14
19.03.2020 02:20	3,77	4,18	3,96	0,90	6,61	8,18	5,97	13,86	14,12

19.03.2020 02:25	3,77	4,18	3,98	0,90	6,12	8,18	5,97	13,86	14,10
19.03.2020 02:30	3,77	4,18	3,98	0,92	5,63	8,18	5,97	13,86	14,12
19.03.2020 02:35	3,79	4,18	4,02	0,92	5,20	8,18	5,96	13,84	14,14
19.03.2020 02:40	3,75	4,18	3,96	0,92	5,37	8,18	5,96	13,84	14,14
19.03.2020 02:45	3,75	4,18	4,00	0,92	5,33	8,18	5,96	13,84	14,10
19.03.2020 02:50	3,75	4,18	3,98	0,90	5,37	8,18	5,96	13,82	14,08
19.03.2020 02:55	3,79	4,18	4,00	0,94	5,47	8,18	5,96	13,82	14,08
19.03.2020 03:00	3,75	4,18	3,98	0,90	5,43	8,18	5,96	13,80	14,08
19.03.2020 03:05	3,77	4,20	3,98	0,92	5,12	8,18	5,96	13,80	14,06
19.03.2020 03:10	3,75	4,22	4,02	0,90	5,29	8,18	5,96	13,80	14,06
19.03.2020 03:15	3,79	4,18	3,98	0,90	5,41	8,18	5,96	13,78	14,06
19.03.2020 03:20	3,77	4,16	3,98	0,86	5,49	8,18	5,96	13,78	14,04
19.03.2020 03:25	3,75	4,18	3,98	0,92	5,27	8,18	5,96	13,78	14,04
19.03.2020 03:30	3,79	4,18	4,00	0,90	5,18	8,18	5,96	13,78	14,02
19.03.2020 03:35	3,73	4,18	3,98	0,90	4,93	8,18	5,96	13,76	14,02
19.03.2020 03:40	3,73	4,18	3,98	0,86	4,83	8,18	5,96	13,74	14,06
19.03.2020 03:45	3,79	4,16	4,02	0,86	4,73	8,18	5,96	13,76	14,00
19.03.2020 03:50	3,73	4,16	3,98	0,86	4,67	8,18	5,96	13,76	14,00
19.03.2020 03:55	3,77	4,18	4,02	0,88	4,73	8,18	5,96	13,74	14,00
19.03.2020 04:00	3,77	4,22	3,98	0,90	4,89	8,18	5,96	13,72	13,98
19.03.2020 04:05	3,77	4,20	3,96	0,88	4,93	8,18	5,96	13,72	13,98
19.03.2020 04:10	3,77	4,18	3,98	0,90	4,69	8,18	5,96	13,72	14,02
19.03.2020 04:15	3,77	4,16	3,98	0,86	4,81	8,18	5,96	13,72	13,98
19.03.2020 04:20	3,73	4,20	4,02	0,84	4,79	8,17	5,96	13,72	13,96
19.03.2020 04:25	3,71	4,20	3,98	0,88	4,81	8,17	5,96	13,70	13,96
19.03.2020 04:30	3,73	4,18	4,00	0,90	4,93	8,17	5,96	13,70	13,96
19.03.2020 04:35	3,77	4,18	3,98	0,86	4,95	8,17	5,96	13,70	13,94
19.03.2020 04:40	3,73	4,18	3,98	0,84	4,83	8,18	5,96	13,68	13,94
19.03.2020 04:45	3,77	4,20	4,02	0,84	4,77	8,18	5,96	13,66	13,98
19.03.2020 04:50	3,71	4,22	4,02	0,82	4,83	8,18	5,96	13,66	13,92
19.03.2020 04:55	3,77	4,16	3,98	0,84	4,85	8,18	5,95	13,62	13,92
19.03.2020 05:00	3,77	4,18	3,96	0,80	4,77	8,17	5,95	13,66	13,90
19.03.2020 05:05	3,77	4,18	3,98	0,84	4,65	8,17	5,95	13,64	13,90
19.03.2020 05:10	3,71	4,18	4,02	0,86	4,77	8,17	5,95	13,64	13,90
19.03.2020 05:15	3,71	4,18	3,98	0,84	4,77	8,17	5,95	13,62	13,92
19.03.2020 05:20	3,71	4,18	3,98	0,84	4,91	8,17	5,95	13,62	13,88
19.03.2020 05:25	3,73	4,18	4,00	0,84	5,37	8,17	5,95	13,64	13,88
19.03.2020 05:30	3,73	4,18	4,00	0,80	5,59	8,17	5,95	13,62	13,86
19.03.2020 05:35	3,73	4,18	4,00	0,84	5,43	8,17	5,95	13,60	13,86
19.03.2020 05:40	3,71	4,18	4,04	0,84	5,45	8,17	5,95	13,60	13,86
19.03.2020 05:45	3,73	4,20	3,98	0,82	5,57	8,17	5,95	13,60	13,84
19.03.2020 05:50	3,73	4,18	4,00	0,84	5,61	8,17	5,95	13,58	13,84
19.03.2020 05:55	3,71	4,18	4,02	0,84	5,55	8,17	5,95	13,60	13,84
19.03.2020 06:00	3,75	4,20	4,04	0,82	5,39	8,17	5,95	13,58	13,88
19.03.2020 06:05	3,75	4,18	4,00	0,82	5,47	8,17	5,95	13,58	13,82
19.03.2020 06:10	3,69	4,18	4,04	0,82	5,65	8,17	5,95	13,58	13,82

19.03.2020 06:15	3,71	4,18	4,00	0,82	5,71	8,17	5,95	13,58	13,82
19.03.2020 06:20	3,71	4,20	4,00	0,82	6,12	8,17	5,95	13,56	13,84
19.03.2020 06:25	3,71	4,16	4,00	0,84	6,34	8,17	5,95	13,56	13,84
19.03.2020 06:30	3,73	4,16	4,00	0,80	6,63	8,17	5,95	13,56	13,77
19.03.2020 06:35	3,73	4,16	4,02	0,80	6,83	8,17	5,95	13,54	13,77
19.03.2020 06:40	3,73	4,18	4,02	0,78	7,46	8,17	5,95	13,54	13,79
19.03.2020 06:45	3,75	4,20	4,04	0,78	7,54	8,17	5,95	13,52	13,77
19.03.2020 06:50	3,69	4,20	4,00	0,78	7,58	8,17	5,95	13,54	13,82
19.03.2020 06:55	3,69	4,14	4,00	0,82	7,52	8,17	5,95	13,52	13,82
19.03.2020 07:00	3,69	4,18	3,98	0,82	7,60	8,17	5,95	13,52	13,75
19.03.2020 07:05	3,69	4,18	3,98	0,82	7,52	8,17	5,95	13,50	13,79
19.03.2020 07:10	3,71	4,18	4,02	0,76	7,56	8,17	5,95	13,50	13,75
19.03.2020 07:15	3,69	4,20	4,02	0,78	8,21	8,17	5,95	13,50	13,73
19.03.2020 07:20	3,71	4,20	4,00	0,78	8,46	8,17	5,95	13,48	13,73
19.03.2020 07:25	3,67	4,18	4,00	0,80	8,76	8,17	5,95	13,48	13,73
19.03.2020 07:30	3,67	4,18	4,02	0,80	8,97	8,17	5,95	13,48	13,73
19.03.2020 07:35	3,67	4,16	3,98	0,76	9,37	8,17	5,95	13,46	13,77
19.03.2020 07:40	3,69	4,20	3,98	0,76	9,49	8,17	5,95	13,46	13,71
19.03.2020 07:45	3,69	4,16	3,98	0,80	9,88	8,17	5,95	13,46	13,71
19.03.2020 07:50	3,69	4,18	4,00	0,78	10,31	8,17	5,94	13,44	13,71
19.03.2020 07:55	3,67	4,14	4,00	0,73	11,04	8,17	5,94	13,44	13,69
19.03.2020 08:00	3,69	4,16	4,00	0,73	11,32	8,17	5,94	13,44	13,69
19.03.2020 08:05	3,67	4,18	4,02	0,76	11,59	8,17	5,94	13,48	13,71
19.03.2020 08:10	3,67	4,16	4,02	0,76	11,67	8,17	5,94	13,42	13,67
19.03.2020 08:15	3,65	4,16	4,00	0,73	12,58	8,17	5,94	13,42	13,67
19.03.2020 08:20	3,63	4,16	4,00	0,78	12,34	8,17	5,94	13,40	13,71
19.03.2020 08:25	3,67	4,18	4,00	0,76	12,60	8,17	5,94	13,40	13,67
19.03.2020 08:30	3,63	4,14	3,98	0,76	12,96	8,17	5,94	13,40	13,69
19.03.2020 08:35	3,63	4,16	3,98	0,76	12,46	8,17	5,94	13,40	13,65
19.03.2020 08:40	3,63	4,14	4,02	0,76	12,94	8,17	5,94	13,38	13,63
19.03.2020 08:45	3,59	4,16	4,02	0,76	13,06	8,17	5,94	13,38	13,69
19.03.2020 08:50	3,65	4,16	4,04	0,76	13,33	8,17	5,94	13,38	13,63
19.03.2020 08:55	3,61	4,14	4,00	0,71	13,33	8,17	5,94	13,38	13,63
19.03.2020 09:00	3,61	4,14	4,02	0,71	13,59	8,17	5,94	13,42	13,65
19.03.2020 09:05	3,61	4,14	4,00	0,71	13,65	8,17	5,94	13,36	13,63
19.03.2020 09:10	3,63	4,16	4,02	0,73	14,16	8,17	5,94	13,36	13,61
19.03.2020 09:15	3,63	4,16	4,02	0,73	14,28	8,17	5,94	13,36	13,61
19.03.2020 09:20	3,59	4,14	4,00	0,76	14,42	8,17	5,94	13,36	13,59
19.03.2020 09:25	3,59	4,18	4,00	0,71	14,67	8,17	5,94	13,34	13,59
19.03.2020 09:30	3,61	4,16	4,00	0,71	14,87	8,17	5,94	13,34	13,57
19.03.2020 09:35	3,61	4,16	3,98	0,71	15,32	8,17	5,94	13,34	13,63
19.03.2020 09:40	3,57	4,12	4,02	0,73	14,79	8,17	5,94	13,32	13,57
19.03.2020 09:45	3,59	4,14	4,00	0,73	15,30	8,17	5,94	13,32	13,61
19.03.2020 09:50	3,53	4,14	4,00	0,69	15,42	8,17	5,94	13,26	13,61
19.03.2020 09:55	3,57	4,14	4,00	0,69	15,89	8,17	5,94	13,32	13,61
19.03.2020 10:00	3,53	4,14	3,98	0,73	15,68	8,17	5,94	13,32	13,59



19.03.2020 10:05	3,57	4,10	4,00	0,71	16,25	8,17	5,94	13,30	13,59
19.03.2020 10:10	3,53	4,14	4,00	0,71	15,72	8,17	5,94	13,30	13,55
19.03.2020 10:15	3,55	4,16	4,02	0,73	16,58	8,17	5,94	13,30	13,55
19.03.2020 10:20	3,55	4,12	3,98	0,71	16,41	8,17	5,94	13,28	13,57
19.03.2020 10:25	3,55	4,12	4,02	0,71	16,84	8,17	5,94	13,28	13,57
19.03.2020 10:30	3,57	4,14	3,98	0,67	16,98	8,17	5,94	13,30	13,53
19.03.2020 10:35	3,57	4,12	4,00	0,65	17,19	8,17	5,94	13,26	13,51
19.03.2020 10:40	3,55	4,12	4,00	0,65	16,64	8,17	5,94	13,26	13,57
19.03.2020 10:45	3,53	4,12	4,00	0,67	16,70	8,17	5,94	13,30	13,51
19.03.2020 10:50	3,55	4,12	3,96	0,67	17,12	8,17	5,94	13,26	13,55
19.03.2020 10:55	3,55	4,12	4,02	0,67	16,78	8,17	5,94	13,23	13,49
19.03.2020 11:00	3,55	4,10	3,98	0,69	17,35	8,17	5,94	13,23	13,53
19.03.2020 11:05	3,51	4,12	3,96	0,63	17,90	8,17	5,94	13,28	13,49
19.03.2020 11:10	3,51	4,12	4,02	0,67	18,26	8,17	5,94	13,23	13,49
19.03.2020 11:15	3,49	4,08	4,02	0,67	18,20	8,17	5,94	13,21	13,49
19.03.2020 11:20	3,51	4,10	3,98	0,65	18,02	8,17	5,94	13,21	13,47
19.03.2020 11:25	3,51	4,08	3,98	0,69	18,61	8,17	5,94	13,21	13,51
19.03.2020 11:30	3,51	4,12	3,98	0,63	19,05	8,17	5,94	13,21	13,49
19.03.2020 11:35	3,46	4,08	3,98	0,63	19,38	8,17	5,94	13,19	13,49
19.03.2020 11:40	3,51	4,10	3,98	0,63	19,99	8,17	5,94	13,23	13,53
19.03.2020 11:45	3,49	4,12	3,98	0,63	19,93	8,17	5,93	13,19	13,47
19.03.2020 11:50	3,49	4,08	3,96	0,67	18,95	8,17	5,93	13,19	13,49
19.03.2020 11:55	3,46	4,08	3,98	0,63	18,57	8,17	5,93	13,19	13,47
19.03.2020 12:00	3,55	4,06	4,00	0,67	17,59	8,17	5,93	13,19	13,51
19.03.2020 12:05	3,51	4,04	3,96	0,59	17,37	8,17	5,93	13,17	13,49
19.03.2020 12:10	3,51	4,04	3,98	0,61	16,60	8,17	5,93	13,21	13,49
19.03.2020 12:15	3,51	4,04	3,98	0,65	17,51	8,17	5,93	13,17	13,49
19.03.2020 12:20	3,51	4,08	3,96	0,65	18,51	8,17	5,93	13,17	13,45
19.03.2020 12:25	3,53	4,04	4,00	0,65	18,24	8,17	5,93	13,17	13,45
19.03.2020 12:30	3,51	4,06	3,98	0,65	18,87	8,17	5,93	13,19	13,49
19.03.2020 12:35	3,51	4,02	4,00	0,63	17,41	8,17	5,93	13,15	13,49
19.03.2020 12:40	3,51	4,08	3,96	0,63	17,33	8,17	5,93	13,19	13,49
19.03.2020 12:45	3,51	4,06	3,96	0,63	17,00	8,17	5,93	13,15	13,45
19.03.2020 12:50	3,51	4,08	3,96	0,63	17,59	8,17	5,93	13,17	13,49
19.03.2020 12:55	3,53	4,06	3,98	0,61	16,64	8,17	5,93	13,13	13,47
19.03.2020 13:00	3,51	4,06	3,98	0,61	17,27	8,17	5,93	13,13	13,45
19.03.2020 13:05	3,51	4,02	3,98	0,61	16,88	8,17	5,93	13,17	13,47
19.03.2020 13:10	3,53	4,08	3,96	0,61	18,71	8,17	5,93	13,17	13,43
19.03.2020 13:15	3,55	4,02	4,00	0,63	17,49	8,17	5,93	13,13	13,45
19.03.2020 13:20	3,49	4,06	3,98	0,61	17,45	8,17	5,93	13,13	13,45
19.03.2020 13:25	3,55	4,06	3,96	0,63	16,90	8,17	5,93	13,13	13,47
19.03.2020 13:30	3,51	4,06	3,98	0,61	19,15	8,17	5,93	13,13	13,43
19.03.2020 13:35	3,49	4,04	4,00	0,57	19,87	8,17	5,93	13,11	13,43
19.03.2020 13:40	3,51	4,06	3,98	0,61	17,98	8,17	5,93	13,11	13,43
19.03.2020 13:45	3,53	4,06	3,96	0,59	16,39	8,17	5,93	13,13	13,47
19.03.2020 13:50	3,49	4,04	3,96	0,61	15,70	8,17	5,93	13,11	13,47

19.03.2020 13:55	3,51	4,04	3,98	0,59	16,21	8,17	5,93	13,15	13,43
19.03.2020 14:00	3,55	4,04	3,96	0,59	16,01	8,17	5,93	13,11	13,47
19.03.2020 14:05	3,53	4,06	3,96	0,61	15,85	8,17	5,93	13,11	13,45
19.03.2020 14:10	3,53	4,04	4,00	0,61	16,05	8,17	5,93	13,15	13,47
19.03.2020 14:15	3,53	4,02	3,96	0,59	16,23	8,17	5,93	13,15	13,45
19.03.2020 14:20	3,53	4,02	3,98	0,61	16,86	8,17	5,93	13,11	13,49
19.03.2020 14:25	3,53	4,08	3,98	0,57	17,27	8,17	5,93	13,11	13,45
19.03.2020 14:30	3,53	4,02	3,94	0,55	16,72	8,17	5,93	13,15	13,45
19.03.2020 14:35	3,51	4,04	3,98	0,61	17,02	8,17	5,93	13,09	13,49
19.03.2020 14:40	3,51	4,04	3,96	0,59	16,17	8,17	5,93	13,09	13,45
19.03.2020 14:45	3,53	4,06	4,00	0,57	16,13	8,17	5,93	13,11	13,49
19.03.2020 14:50	3,53	4,06	3,96	0,57	16,17	8,17	5,93	13,09	13,49
19.03.2020 14:55	3,53	4,04	3,96	0,55	16,41	8,17	5,93	13,11	13,49
19.03.2020 15:00	3,53	4,02	3,96	0,61	15,91	8,17	5,93	13,09	13,47
19.03.2020 15:05	3,51	4,00	4,00	0,55	16,13	8,17	5,93	13,11	13,47
19.03.2020 15:10	3,51	4,00	4,00	0,55	15,68	8,17	5,93	13,09	13,49
19.03.2020 15:15	3,55	4,02	4,00	0,59	15,18	8,17	5,93	13,09	13,51
19.03.2020 15:20	3,57	4,04	3,98	0,59	15,09	8,17	5,93	13,09	13,51
19.03.2020 15:25	3,57	4,08	4,00	0,53	15,40	8,17	5,93	13,09	13,47
19.03.2020 15:30	3,55	4,02	3,96	0,57	14,89	8,17	5,93	13,13	13,47
19.03.2020 15:35	3,55	4,06	3,98	0,59	14,93	8,17	5,93	13,09	13,47
19.03.2020 15:40	3,55	4,02	4,00	0,55	15,11	8,17	5,93	13,13	13,47
19.03.2020 15:45	3,55	4,02	4,00	0,55	15,42	8,17	5,93	13,11	13,53
19.03.2020 15:50	3,53	4,02	3,96	0,57	15,38	8,17	5,93	13,15	13,47
19.03.2020 15:55	3,51	4,06	3,96	0,57	15,40	8,17	5,93	13,09	13,47
19.03.2020 16:00	3,53	4,04	4,02	0,57	15,26	8,17	5,93	13,13	13,53
19.03.2020 16:05	3,51	4,04	3,96	0,57	15,24	8,17	5,93	13,09	13,53
19.03.2020 16:10	3,51	4,04	3,96	0,55	15,11	8,17	5,93	13,13	13,49
19.03.2020 16:15	3,51	4,04	4,00	0,53	15,24	8,17	5,93	13,09	13,55
19.03.2020 16:20	3,55	4,02	4,00	0,55	14,71	8,17	5,93	13,09	13,49
19.03.2020 16:25	3,55	4,02	4,00	0,53	14,79	8,17	5,93	13,09	13,55
19.03.2020 16:30	3,57	4,06	4,02	0,57	14,67	8,17	5,93	13,09	13,51
19.03.2020 16:35	3,53	4,06	3,98	0,53	14,53	8,17	5,93	13,11	13,55
19.03.2020 16:40	3,53	4,04	4,02	0,51	14,32	8,17	5,93	13,09	13,57
19.03.2020 16:45	3,57	4,04	3,98	0,53	14,20	8,17	5,93	13,11	13,51
19.03.2020 16:50	3,55	4,04	4,02	0,51	13,94	8,17	5,93	13,11	13,51
19.03.2020 16:55	3,53	4,04	4,00	0,53	13,88	8,17	5,93	13,11	13,53
19.03.2020 17:00	3,57	4,04	4,00	0,51	13,71	8,17	5,93	13,13	13,57
19.03.2020 17:05	3,51	4,02	4,02	0,51	13,59	8,17	5,93	13,11	13,53
19.03.2020 17:10	3,57	4,04	3,98	0,53	13,63	8,17	5,93	13,11	13,57
19.03.2020 17:15	3,51	4,02	4,02	0,51	13,53	8,17	5,93	13,11	13,55
19.03.2020 17:20	3,57	4,02	4,04	0,53	13,49	8,17	5,93	13,11	13,59
19.03.2020 17:25	3,55	4,02	4,02	0,51	13,43	8,17	5,93	13,17	13,55
19.03.2020 17:30	3,51	4,02	4,02	0,53	13,33	8,17	5,93	13,11	13,61
19.03.2020 17:35	3,55	4,02	3,98	0,51	13,15	8,17	5,93	13,13	13,55
19.03.2020 17:40	3,55	4,06	3,98	0,51	13,08	8,17	5,93	13,15	13,57

19.03.2020 17:45	3,55	4,06	4,02	0,51	12,90	8,17	5,93	13,13	13,61
19.03.2020 17:50	3,55	4,00	4,02	0,51	13,00	8,17	5,93	13,13	13,61
19.03.2020 17:55	3,53	4,04	4,00	0,49	12,90	8,17	5,93	13,17	13,59
19.03.2020 18:00	3,55	4,06	4,02	0,49	12,58	8,17	5,93	13,13	13,59
19.03.2020 18:05	3,53	4,04	4,00	0,55	12,69	8,17	5,93	13,13	13,63
19.03.2020 18:10	3,53	4,04	4,00	0,51	12,36	8,17	5,93	13,13	13,59
19.03.2020 18:15	3,55	4,04	4,02	0,53	12,44	8,17	5,93	13,15	13,65
19.03.2020 18:20	3,59	4,08	4,00	0,49	12,26	8,17	5,93	13,15	13,65
19.03.2020 18:25	3,57	4,02	4,02	0,49	12,08	8,18	5,93	13,19	13,61
19.03.2020 18:30	3,55	4,02	4,00	0,51	11,97	8,18	5,93	13,15	13,65
19.03.2020 18:35	3,53	4,02	4,00	0,53	11,85	8,17	5,93	13,15	13,63
19.03.2020 18:40	3,57	4,08	4,00	0,53	12,03	8,18	5,93	13,15	13,63
19.03.2020 18:45	3,57	4,02	4,00	0,53	11,99	8,17	5,93	13,17	13,63
19.03.2020 18:50	3,53	4,08	4,00	0,49	11,97	8,18	5,93	13,17	13,63
19.03.2020 18:55	3,59	4,02	4,04	0,49	12,20	8,18	5,93	13,17	13,71
19.03.2020 19:00	3,57	4,02	4,02	0,49	12,08	8,18	5,93	13,17	13,65
19.03.2020 19:05	3,57	4,02	4,00	0,53	11,75	8,18	5,93	13,21	13,65
19.03.2020 19:10	3,57	4,06	4,00	0,53	11,95	8,17	5,94	13,17	13,67
19.03.2020 19:15	3,57	4,02	4,00	0,51	11,69	8,17	5,94	13,19	13,67
19.03.2020 19:20	3,53	4,02	4,00	0,51	11,77	8,18	5,94	13,19	13,67
19.03.2020 19:25	3,57	4,06	4,04	0,51	11,71	8,18	5,94	13,23	13,73
19.03.2020 19:30	3,57	4,06	4,04	0,49	11,40	8,18	5,94	13,19	13,69
19.03.2020 19:35	3,55	4,06	4,04	0,51	11,40	8,18	5,94	13,19	13,69
19.03.2020 19:40	3,57	4,06	4,04	0,51	11,30	8,18	5,94	13,19	13,75
19.03.2020 19:45	3,55	4,06	4,00	0,51	11,18	8,18	5,94	13,21	13,71
19.03.2020 19:50	3,55	4,04	4,04	0,51	11,08	8,18	5,94	13,19	13,75
19.03.2020 19:55	3,55	4,06	4,04	0,55	11,10	8,18	5,94	13,21	13,73
19.03.2020 20:00	3,55	4,04	4,04	0,51	10,61	8,18	5,94	13,23	13,73
19.03.2020 20:05	3,59	4,04	4,04	0,49	10,73	8,18	5,94	13,28	13,75
19.03.2020 20:10	3,59	4,08	4,04	0,49	10,45	8,18	5,94	13,28	13,75
19.03.2020 20:15	3,55	4,04	4,04	0,49	10,27	8,18	5,94	13,23	13,82
19.03.2020 20:20	3,55	4,00	4,04	0,53	10,65	8,18	5,94	13,23	13,77
19.03.2020 20:25	3,59	4,08	4,04	0,49	10,31	8,18	5,94	13,23	13,82
19.03.2020 20:30	3,55	4,04	4,04	0,53	10,21	8,18	5,94	13,26	13,77
19.03.2020 20:35	3,59	4,02	4,00	0,49	10,10	8,18	5,94	13,26	13,79
19.03.2020 20:40	3,57	4,02	4,04	0,49	9,98	8,18	5,94	13,28	13,79
19.03.2020 20:45	3,57	4,06	4,08	0,53	10,04	8,18	5,94	13,23	13,82
19.03.2020 20:50	3,57	4,06	4,02	0,51	10,10	8,18	5,94	13,28	13,82
19.03.2020 20:55	3,57	4,06	4,02	0,47	9,94	8,18	5,94	13,28	13,86
19.03.2020 21:00	3,57	4,02	4,04	0,51	10,00	8,18	5,94	13,30	13,84
19.03.2020 21:05	3,57	4,06	4,08	0,51	9,86	8,18	5,94	13,30	13,84
19.03.2020 21:10	3,57	4,08	4,04	0,51	9,68	8,18	5,94	13,30	13,84
19.03.2020 21:15	3,57	4,06	4,06	0,51	9,57	8,18	5,94	13,30	13,86
19.03.2020 21:20	3,57	4,06	4,08	0,51	9,62	8,17	5,94	13,32	13,90
19.03.2020 21:25	3,59	4,06	4,08	0,51	9,51	8,18	5,94	13,32	13,88
19.03.2020 21:30	3,59	4,02	4,06	0,49	9,37	8,18	5,94	13,36	13,92

19.03.2020 21:35	3,59	4,02	4,06	0,51	9,25	8,18	5,94	13,34	13,88
19.03.2020 21:40	3,55	4,06	4,04	0,47	9,25	8,18	5,94	13,34	13,90
19.03.2020 21:45	3,57	4,06	4,04	0,53	9,19	8,18	5,94	13,34	13,90
19.03.2020 21:50	3,61	4,06	4,04	0,53	9,09	8,18	5,94	13,34	13,92
19.03.2020 21:55	3,57	4,02	4,04	0,47	9,43	8,18	5,94	13,34	13,96
19.03.2020 22:00	3,57	4,00	4,04	0,47	8,92	8,18	5,94	13,36	13,94
19.03.2020 22:05	3,61	4,04	4,04	0,51	8,56	8,18	5,94	13,36	13,96
19.03.2020 22:10	3,57	4,04	4,04	0,45	8,60	8,18	5,94	13,42	13,94
19.03.2020 22:15	3,57	4,04	4,04	0,51	8,70	8,18	5,94	13,38	14,00
19.03.2020 22:20	3,57	4,04	4,04	0,51	8,74	8,18	5,94	13,38	13,98
19.03.2020 22:25	3,57	4,04	4,04	0,49	8,90	8,17	5,94	13,40	13,98
19.03.2020 22:30	3,57	4,04	4,08	0,51	8,62	8,17	5,94	13,40	14,00
19.03.2020 22:35	3,57	4,04	4,06	0,49	8,80	8,17	5,94	13,42	14,02
19.03.2020 22:40	3,61	4,04	4,04	0,51	8,48	8,17	5,94	13,42	14,02
19.03.2020 22:45	3,61	4,04	4,04	0,49	8,23	8,17	5,94	13,42	14,02
19.03.2020 22:50	3,61	4,08	4,08	0,49	8,40	8,17	5,94	13,42	13,98
19.03.2020 22:55	3,59	4,06	4,08	0,53	8,40	8,17	5,95	13,44	14,04
19.03.2020 23:00	3,61	4,04	4,08	0,49	8,40	8,17	5,95	13,44	14,06
19.03.2020 23:05	3,61	4,04	4,04	0,49	8,46	8,17	5,95	13,44	14,06
19.03.2020 23:10	3,61	4,04	4,08	0,49	8,33	8,18	5,95	13,48	14,08
19.03.2020 23:15	3,57	4,04	4,04	0,49	8,54	8,17	5,95	13,46	14,08
19.03.2020 23:20	3,61	4,04	4,08	0,49	8,76	8,18	5,95	13,48	14,14
19.03.2020 23:25	3,59	4,06	4,08	0,49	8,27	8,18	5,95	13,48	14,10
19.03.2020 23:30	3,57	4,04	4,04	0,49	8,25	8,17	5,95	13,48	14,12
19.03.2020 23:35	3,61	4,08	4,06	0,49	8,19	8,17	5,95	13,50	14,12
19.03.2020 23:40	3,61	4,08	4,08	0,49	8,17	8,17	5,95	13,50	14,12
19.03.2020 23:45	3,57	4,04	4,06	0,49	8,07	8,17	5,95	13,50	14,14
19.03.2020 23:50	3,57	4,04	4,10	0,49	7,97	8,17	5,95	13,52	14,14
19.03.2020 23:55	3,57	4,04	4,08	0,49	7,62	8,17	5,95	13,48	14,16
20.03.2020	3,61	4,06	4,08	0,49	7,66	8,17	5,95	13,54	14,18
20.03.2020 00:05	3,61	4,08	4,04	0,49	7,40	8,17	5,95	13,54	14,14
20.03.2020 00:10	3,61	4,02	4,08	0,49	7,44	8,17	5,95	13,56	14,20
20.03.2020 00:15	3,57	4,06	4,08	0,49	7,44	8,17	5,95	13,52	14,20
20.03.2020 00:20	3,61	4,04	4,06	0,49	7,22	8,17	5,95	13,56	14,22
20.03.2020 00:25	3,61	4,04	4,10	0,49	7,09	8,17	5,95	13,54	14,24
20.03.2020 00:30	3,61	4,08	4,10	0,49	6,89	8,17	5,95	13,58	14,24
20.03.2020 00:35	3,61	4,04	4,08	0,53	6,93	8,17	5,95	13,60	14,24
20.03.2020 00:40	3,61	4,04	4,08	0,47	6,63	8,17	5,95	13,60	14,24
20.03.2020 00:45	3,59	4,06	4,10	0,49	7,01	8,17	5,95	13,56	14,26
20.03.2020 00:50	3,59	4,04	4,04	0,47	6,87	8,17	5,96	13,62	14,28
20.03.2020 00:55	3,59	4,08	4,08	0,51	6,73	8,17	5,96	13,62	14,28
20.03.2020 01:00	3,63	4,06	4,08	0,47	6,89	8,17	5,96	13,64	14,34
20.03.2020 01:05	3,59	4,06	4,08	0,51	6,65	8,17	5,96	13,66	14,28
20.03.2020 01:10	3,59	4,02	4,08	0,51	6,51	8,17	5,96	13,66	14,32
20.03.2020 01:15	3,59	4,06	4,08	0,51	7,28	8,17	5,96	13,66	14,34
20.03.2020 01:20	3,59	4,08	4,08	0,51	6,99	8,17	5,96	13,68	14,32

20.03.2020 01:25	3,63	4,06	4,14	0,51	6,93	8,17	5,96	13,70	14,40
20.03.2020 01:30	3,59	4,02	4,10	0,51	7,16	8,17	5,96	13,70	14,38
20.03.2020 01:35	3,59	4,06	4,08	0,51	7,14	8,17	5,96	13,72	14,38
20.03.2020 01:40	3,59	4,06	4,08	0,51	6,65	8,17	5,96	13,66	14,34
20.03.2020 01:45	3,63	4,06	4,10	0,49	6,71	8,17	5,96	13,72	14,40
20.03.2020 01:50	3,61	4,06	4,08	0,51	6,95	8,17	5,96	13,72	14,40
20.03.2020 01:55	3,63	4,06	4,08	0,51	6,89	8,17	5,96	13,70	14,42
20.03.2020 02:00	3,59	4,04	4,08	0,51	7,18	8,17	5,96	13,70	14,42
20.03.2020 02:05	3,59	4,04	4,08	0,51	6,89	8,17	5,96	13,76	14,46
20.03.2020 02:10	3,59	4,06	4,10	0,51	7,03	8,17	5,96	13,76	14,46
20.03.2020 02:15	3,59	4,06	4,10	0,47	6,99	8,17	5,96	13,78	14,46
20.03.2020 02:20	3,59	4,06	4,10	0,51	7,16	8,17	5,96	13,80	14,49
20.03.2020 02:25	3,59	4,06	4,08	0,51	7,07	8,17	5,96	13,80	14,49
20.03.2020 02:30	3,59	4,06	4,10	0,51	7,20	8,17	5,96	13,78	14,49
20.03.2020 02:35	3,59	4,08	4,10	0,47	7,30	8,17	5,96	13,78	14,49
20.03.2020 02:40	3,59	4,06	4,10	0,49	7,22	8,17	5,97	13,78	14,55
20.03.2020 02:45	3,57	4,08	4,06	0,51	7,05	8,17	5,97	13,80	14,55
20.03.2020 02:50	3,61	4,08	4,12	0,47	7,03	8,17	5,97	13,84	14,57
20.03.2020 02:55	3,61	4,08	4,10	0,47	6,71	8,17	5,97	13,86	14,57
20.03.2020 03:00	3,61	4,08	4,12	0,51	6,67	8,17	5,97	13,88	14,55
20.03.2020 03:05	3,57	4,08	4,12	0,49	6,67	8,17	5,97	13,84	14,59
20.03.2020 03:10	3,57	4,04	4,12	0,53	6,61	8,17	5,97	13,88	14,63
20.03.2020 03:15	3,61	4,04	4,12	0,47	6,73	8,17	5,97	13,91	14,59
20.03.2020 03:20	3,61	4,08	4,12	0,47	6,49	8,17	5,97	13,88	14,63
20.03.2020 03:25	3,61	4,04	4,12	0,49	6,14	8,17	5,97	13,88	14,65
20.03.2020 03:30	3,61	4,08	4,12	0,53	6,30	8,17	5,97	13,91	14,65
20.03.2020 03:35	3,61	4,08	4,12	0,51	6,53	8,17	5,97	13,95	14,67
20.03.2020 03:40	3,57	4,04	4,12	0,49	6,63	8,17	5,97	13,91	14,65
20.03.2020 03:45	3,61	4,04	4,14	0,49	6,81	8,17	5,97	13,97	14,69
20.03.2020 03:50	3,57	4,08	4,12	0,49	7,44	8,17	5,97	13,99	14,71
20.03.2020 03:55	3,61	4,04	4,14	0,51	7,38	8,17	5,97	13,99	14,69
20.03.2020 04:00	3,61	4,06	4,08	0,49	7,36	8,17	5,97	13,99	14,73
20.03.2020 04:05	3,61	4,04	4,12	0,49	7,30	8,17	5,97	13,97	14,75
20.03.2020 04:10	3,59	4,06	4,14	0,49	7,18	8,17	5,97	13,99	14,77
20.03.2020 04:15	3,61	4,04	4,08	0,49	7,01	8,17	5,98	14,03	14,77
20.03.2020 04:20	3,57	4,04	4,14	0,51	7,05	8,17	5,98	14,05	14,75
20.03.2020 04:25	3,61	4,04	4,14	0,51	7,26	8,17	5,98	14,01	14,77
20.03.2020 04:30	3,57	4,04	4,14	0,51	7,46	8,17	5,98	14,07	14,81
20.03.2020 04:35	3,61	4,04	4,14	0,49	7,36	8,17	5,98	14,07	14,81
20.03.2020 04:40	3,61	4,06	4,10	0,45	7,46	8,17	5,98	14,09	14,83
20.03.2020 04:45	3,57	4,04	4,14	0,51	7,73	8,17	5,98	14,11	14,85
20.03.2020 04:50	3,57	4,08	4,14	0,51	7,58	8,17	5,98	14,07	14,87
20.03.2020 04:55	3,61	4,04	4,14	0,49	7,56	8,17	5,98	14,09	14,85
20.03.2020 05:00	3,61	4,04	4,14	0,51	7,52	8,17	5,98	14,13	14,85
20.03.2020 05:05	3,61	4,04	4,14	0,49	7,50	8,17	5,98	14,11	14,91
20.03.2020 05:10	3,57	4,04	4,14	0,51	7,50	8,17	5,98	14,13	14,87

20.03.2020 05:15	3,61	4,06	4,10	0,51	7,52	8,17	5,99	14,13	14,93
20.03.2020 05:20	3,61	4,06	4,10	0,51	7,60	8,17	5,99	14,15	14,89
20.03.2020 05:25	3,57	4,06	4,16	0,47	7,73	8,17	5,99	14,15	14,91
20.03.2020 05:30	3,57	4,06	4,10	0,47	7,79	8,17	5,99	14,17	14,97
20.03.2020 05:35	3,57	4,06	4,12	0,51	8,23	8,17	5,99	14,17	14,95
20.03.2020 05:40	3,57	4,06	4,16	0,51	8,44	8,17	5,99	14,19	14,99
20.03.2020 05:45	3,57	4,06	4,16	0,51	7,95	8,17	5,99	14,21	14,97
20.03.2020 05:50	3,61	4,04	4,14	0,49	7,89	8,17	5,99	14,21	15,01
20.03.2020 05:55	3,57	4,04	4,12	0,51	7,66	8,17	5,99	14,23	15,05
20.03.2020 06:00	3,57	4,06	4,12	0,49	8,09	8,17	5,99	14,23	15,01
20.03.2020 06:05	3,61	4,06	4,10	0,49	8,11	8,17	5,99	14,25	15,05
20.03.2020 06:10	3,57	4,06	4,12	0,51	7,95	8,17	5,99	14,25	15,07
20.03.2020 06:15	3,57	4,02	4,12	0,51	8,11	8,17	5,99	14,27	15,09
20.03.2020 06:20	3,59	4,06	4,16	0,51	8,03	8,17	5,99	14,27	15,11
20.03.2020 06:25	3,57	4,02	4,12	0,51	8,09	8,17	5,99	14,29	15,07
20.03.2020 06:30	3,55	4,06	4,14	0,47	8,21	8,17	6,00	14,31	15,11
20.03.2020 06:35	3,59	4,02	4,14	0,49	8,03	8,17	6,00	14,37	15,11
20.03.2020 06:40	3,59	4,04	4,14	0,49	8,07	8,17	6,00	14,33	15,11
20.03.2020 06:45	3,59	4,02	4,14	0,53	7,44	8,17	6,00	14,35	15,18
20.03.2020 06:50	3,55	4,04	4,10	0,53	7,44	8,17	6,00	14,35	15,13
20.03.2020 06:55	3,59	4,04	4,14	0,49	7,87	8,17	6,00	14,37	15,16
20.03.2020 07:00	3,59	4,04	4,12	0,49	8,11	8,17	6,00	14,37	15,18
20.03.2020 07:05	3,59	4,08	4,14	0,49	8,48	8,17	6,00	14,39	15,18
20.03.2020 07:10	3,59	4,04	4,16	0,49	8,86	8,17	6,00	14,39	15,20
20.03.2020 07:15	3,59	4,04	4,12	0,53	8,86	8,17	6,00	14,45	15,26
20.03.2020 07:20	3,55	4,04	4,14	0,49	9,27	8,17	6,00	14,43	15,22
20.03.2020 07:25	3,55	4,04	4,16	0,49	9,33	8,17	6,00	14,43	15,24
20.03.2020 07:30	3,57	4,02	4,12	0,51	9,45	8,17	6,01	14,45	15,26
20.03.2020 07:35	3,55	4,04	4,16	0,49	9,60	8,17	6,01	14,45	15,28
20.03.2020 07:40	3,57	4,02	4,12	0,49	9,70	8,17	6,01	14,47	15,32
20.03.2020 07:45	3,57	4,06	4,14	0,47	9,84	8,17	6,01	14,49	15,28
20.03.2020 07:50	3,53	4,04	4,14	0,47	9,96	8,17	6,01	14,49	15,30
20.03.2020 07:55	3,55	4,04	4,16	0,49	10,69	8,17	6,01	14,51	15,32
20.03.2020 08:00	3,55	4,04	4,12	0,49	11,20	8,17	6,01	14,51	15,32
20.03.2020 08:05	3,57	4,02	4,14	0,47	11,40	8,17	6,01	14,53	15,34
20.03.2020 08:10	3,53	4,02	4,12	0,51	11,99	8,17	6,01	14,56	15,34
20.03.2020 08:15	3,57	4,02	4,14	0,47	11,77	8,17	6,01	14,58	15,36
20.03.2020 08:20	3,53	4,04	4,14	0,49	12,24	8,17	6,01	14,58	15,34
20.03.2020 08:25	3,57	4,02	4,16	0,49	12,98	8,17	6,01	14,58	15,40
20.03.2020 08:30	3,53	4,02	4,14	0,51	13,19	8,17	6,02	14,60	15,42
20.03.2020 08:35	3,57	4,04	4,14	0,49	13,33	8,17	6,02	14,60	15,42
20.03.2020 08:40	3,57	4,06	4,16	0,49	13,49	8,17	6,02	14,62	15,44
20.03.2020 08:45	3,51	4,00	4,16	0,49	13,67	8,17	6,02	14,64	15,46
20.03.2020 08:50	3,51	4,02	4,16	0,51	13,65	8,17	6,02	14,66	15,50
20.03.2020 08:55	3,53	4,06	4,18	0,47	13,75	8,17	6,02	14,70	15,48
20.03.2020 09:00	3,53	4,00	4,14	0,51	14,02	8,17	6,02	14,64	15,48

20.03.2020 09:05	3,53	4,04	4,14	0,47	14,04	8,17	6,02	14,68	15,50
20.03.2020 09:10	3,53	4,02	4,14	0,51	14,26	8,17	6,02	14,70	15,52
20.03.2020 09:15	3,53	4,02	4,16	0,47	14,40	8,17	6,02	14,70	15,54
20.03.2020 09:20	3,55	3,98	4,14	0,47	13,92	8,17	6,02	14,72	15,52
20.03.2020 09:25	3,49	4,00	4,16	0,49	14,02	8,17	6,02	14,74	15,56
20.03.2020 09:30	3,53	3,98	4,14	0,45	15,48	8,17	6,03	14,76	15,58
20.03.2020 09:35	3,51	3,96	4,12	0,47	15,38	8,17	6,03	14,76	15,58
20.03.2020 09:40	3,49	3,98	4,18	0,47	14,02	8,17	6,03	14,78	15,58
20.03.2020 09:45	3,49	3,98	4,14	0,45	13,37	8,17	6,03	14,78	15,60
20.03.2020 09:50	3,51	4,00	4,14	0,47	11,67	8,17	6,03	14,76	15,62
20.03.2020 09:55	3,53	4,00	4,14	0,45	10,94	8,17	6,03	14,80	15,64
20.03.2020 10:00	3,53	3,98	4,14	0,47	11,22	8,17	6,03	14,82	15,64
20.03.2020 10:05	3,51	4,00	4,14	0,45	11,55	8,17	6,03	14,84	15,66
20.03.2020 10:10	3,53	3,98	4,14	0,47	13,57	8,17	6,03	14,84	15,66
20.03.2020 10:15	3,53	4,06	4,14	0,47	14,63	8,17	6,03	14,82	15,70
20.03.2020 10:20	3,55	4,00	4,22	0,49	14,99	8,17	6,03	14,84	15,70
20.03.2020 10:25	3,53	4,02	4,20	0,49	15,42	8,17	6,03	14,84	15,72
20.03.2020 10:30	3,53	4,06	4,20	0,49	15,74	8,17	6,04	14,90	15,72
20.03.2020 10:35	3,55	4,02	4,22	0,51	16,19	8,17	6,04	14,90	15,74
20.03.2020 10:40	3,55	4,06	4,24	0,53	14,69	8,17	6,04	14,92	15,76
20.03.2020 10:45	3,55	4,06	4,22	0,51	15,87	8,17	6,04	14,90	15,72
20.03.2020 10:50	3,59	4,04	4,22	0,47	15,70	8,17	6,04	14,90	15,78
20.03.2020 10:55	3,55	4,04	4,20	0,53	17,02	8,17	6,04	14,96	15,78
20.03.2020 11:00	3,55	4,00	4,20	0,47	14,38	8,17	6,04	14,96	15,80
20.03.2020 11:05	3,53	4,06	4,24	0,51	14,06	8,17	6,04	14,98	15,80
20.03.2020 11:10	3,55	4,08	4,20	0,47	14,04	8,17	6,04	14,98	15,82
20.03.2020 11:15	3,53	4,04	4,22	0,49	13,23	8,17	6,04	15,00	15,85
20.03.2020 11:20	3,57	4,04	4,20	0,47	13,25	8,17	6,04	15,02	15,85
20.03.2020 11:25	3,53	4,04	4,22	0,51	12,98	8,17	6,05	14,98	15,82
20.03.2020 11:30	3,57	4,04	4,18	0,47	13,57	8,17	6,05	15,04	15,89
20.03.2020 11:35	3,57	4,02	4,22	0,49	14,63	8,17	6,05	15,00	15,91
20.03.2020 11:40	3,55	4,04	4,24	0,47	14,97	8,17	6,05	15,02	15,91
20.03.2020 11:45	3,55	4,02	4,20	0,45	14,32	8,17	6,05	15,08	15,93
20.03.2020 11:50	3,53	4,06	4,22	0,47	14,53	8,17	6,05	15,10	15,95
20.03.2020 11:55	3,51	4,04	4,22	0,47	13,98	8,17	6,05	15,06	15,95
20.03.2020 12:00	3,51	4,02	4,20	0,47	14,10	8,17	6,05	15,12	15,93
20.03.2020 12:05	3,55	4,02	4,22	0,47	15,56	8,17	6,05	15,10	15,97
20.03.2020 12:10	3,55	4,02	4,22	0,43	14,16	8,17	6,05	15,14	15,99
20.03.2020 12:15	3,53	4,00	4,20	0,47	15,30	8,17	6,06	15,14	15,99
20.03.2020 12:20	3,51	4,00	4,20	0,49	16,41	8,17	6,06	15,12	16,01
20.03.2020 12:25	3,51	4,04	4,20	0,45	16,21	8,17	6,06	15,12	16,03
20.03.2020 12:30	3,51	4,02	4,20	0,45	17,14	8,17	6,06	15,18	16,03
20.03.2020 12:35	3,53	4,00	4,22	0,45	14,87	8,17	6,06	15,16	16,05
20.03.2020 12:40	3,49	4,02	4,20	0,45	14,26	8,17	6,06	15,21	16,01
20.03.2020 12:45	3,51	3,98	4,16	0,45	14,61	8,17	6,06	15,18	16,05
20.03.2020 12:50	3,51	4,02	4,22	0,47	14,61	8,17	6,06	15,25	16,03

20.03.2020 12:55	3,53	3,98	4,22	0,47	14,00	8,17	6,06	15,25	16,11
20.03.2020 13:00	3,55	4,00	4,22	0,49	13,86	8,17	6,07	15,23	16,11
20.03.2020 13:05	3,53	4,04	4,20	0,49	13,57	8,17	6,07	15,23	16,09
20.03.2020 13:10	3,51	4,00	4,20	0,49	13,41	8,17	6,07	15,29	16,15
20.03.2020 13:15	3,51	4,00	4,20	0,49	13,69	8,17	6,07	15,27	16,15
20.03.2020 13:20	3,53	4,00	4,18	0,43	13,35	8,17	6,07	15,27	16,13
20.03.2020 13:25	3,51	4,02	4,20	0,47	13,37	8,17	6,07	15,33	16,17
20.03.2020 13:30	3,55	4,02	4,20	0,45	13,06	8,17	6,07	15,29	16,15
20.03.2020 13:35	3,51	4,00	4,18	0,47	13,21	8,17	6,07	15,31	16,19
20.03.2020 13:40	3,51	4,02	4,20	0,47	13,51	8,17	6,07	15,33	16,21
20.03.2020 13:45	3,51	4,04	4,16	0,43	13,49	8,17	6,07	15,33	16,21
20.03.2020 13:50	3,51	3,98	4,20	0,47	13,37	8,17	6,07	15,33	16,23
20.03.2020 13:55	3,51	4,02	4,20	0,43	13,19	8,17	6,08	15,39	16,21
20.03.2020 14:00	3,51	3,98	4,20	0,47	13,02	8,17	6,08	15,37	16,25
20.03.2020 14:05	3,51	3,98	4,20	0,47	12,92	8,17	6,08	15,37	16,27
20.03.2020 14:10	3,51	4,00	4,20	0,45	12,56	8,17	6,08	15,39	16,29
20.03.2020 14:15	3,49	4,04	4,20	0,45	12,40	8,17	6,08	15,41	16,29
20.03.2020 14:20	3,49	4,00	4,22	0,45	12,30	8,17	6,08	15,41	16,25
20.03.2020 14:25	3,49	4,00	4,20	0,45	12,24	8,17	6,08	15,43	16,27
20.03.2020 14:30	3,51	4,00	4,18	0,47	12,34	8,17	6,08	15,45	16,27
20.03.2020 14:35	3,49	4,00	4,20	0,45	12,14	8,17	6,09	15,45	16,29
20.03.2020 14:40	3,53	4,02	4,18	0,45	12,20	8,17	6,09	15,47	16,31
20.03.2020 14:45	3,49	4,02	4,20	0,45	12,18	8,18	6,09	15,49	16,35
20.03.2020 14:50	3,49	4,02	4,24	0,45	12,42	8,18	6,09	15,49	16,37
20.03.2020 14:55	3,49	3,98	4,20	0,43	12,38	8,17	6,09	15,49	16,31
20.03.2020 15:00	3,51	4,02	4,20	0,47	12,50	8,17	6,09	15,49	16,37
20.03.2020 15:05	3,51	3,98	4,20	0,47	12,38	8,17	6,09	15,51	16,39
20.03.2020 15:10	3,51	3,98	4,22	0,45	12,48	8,17	6,09	15,51	16,39
20.03.2020 15:15	3,51	4,00	4,20	0,43	12,30	8,17	6,09	15,53	16,41
20.03.2020 15:20	3,53	4,04	4,16	0,45	12,12	8,17	6,09	15,53	16,41
20.03.2020 15:25	3,51	4,00	4,22	0,45	11,97	8,18	6,10	15,55	16,43
20.03.2020 15:30	3,51	3,98	4,22	0,43	11,83	8,18	6,10	15,57	16,41
20.03.2020 15:35	3,51	4,02	4,22	0,43	11,47	8,18	6,10	15,57	16,41
20.03.2020 15:40	3,49	4,06	4,22	0,41	11,18	8,18	6,10	15,59	16,47
20.03.2020 15:45	3,53	4,00	4,22	0,45	11,14	8,18	6,10	15,59	16,49
20.03.2020 15:50	3,49	4,00	4,20	0,41	11,24	8,18	6,10	15,59	16,45
20.03.2020 15:55	3,53	3,98	4,22	0,45	11,38	8,18	6,10	15,61	16,49
20.03.2020 16:00	3,49	4,02	4,22	0,47	11,69	8,18	6,10	15,65	16,47
20.03.2020 16:05	3,51	4,02	4,22	0,43	11,51	8,18	6,10	15,63	16,47
20.03.2020 16:10	3,49	4,02	4,22	0,43	11,26	8,18	6,10	15,65	16,49
20.03.2020 16:15	3,49	4,02	4,22	0,45	11,20	8,17	6,10	15,65	16,49
20.03.2020 16:20	3,49	4,00	4,20	0,45	10,96	8,18	6,11	15,67	16,52
20.03.2020 16:25	3,49	4,00	4,22	0,45	10,79	8,18	6,11	15,67	16,52
20.03.2020 16:30	3,51	4,04	4,20	0,45	10,65	8,17	6,11	15,69	16,54
20.03.2020 16:35	3,51	4,04	4,26	0,45	10,59	8,17	6,11	15,69	16,54
20.03.2020 16:40	3,51	4,02	4,22	0,45	10,51	8,18	6,11	15,71	16,56



20.03.2020 16:45	3,51	4,04	4,20	0,45	10,27	8,17	6,11	15,71	16,56
20.03.2020 16:50	3,46	3,98	4,22	0,45	10,14	8,17	6,11	15,71	16,58
20.03.2020 16:55	3,51	4,02	4,22	0,43	10,10	8,18	6,11	15,73	16,58
20.03.2020 17:00	3,51	4,00	4,24	0,45	10,06	8,18	6,12	15,71	16,60
20.03.2020 17:05	3,53	4,00	4,22	0,47	10,12	8,18	6,12	15,75	16,60
20.03.2020 17:10	3,53	4,04	4,26	0,45	9,96	8,17	6,12	15,75	16,60
20.03.2020 17:15	3,53	4,02	4,26	0,43	9,86	8,18	6,12	15,77	16,66
20.03.2020 17:20	3,51	4,02	4,20	0,47	9,74	8,18	6,12	15,79	16,62
20.03.2020 17:25	3,51	3,98	4,20	0,43	9,68	8,18	6,12	15,79	16,68
20.03.2020 17:30	3,51	4,02	4,20	0,47	9,57	8,18	6,12	15,81	16,68
20.03.2020 17:35	3,51	4,02	4,24	0,47	9,53	8,18	6,12	15,81	16,66
20.03.2020 17:40	3,53	4,02	4,24	0,47	9,39	8,18	6,12	15,81	16,68
20.03.2020 17:45	3,53	4,02	4,24	0,47	9,25	8,18	6,12	15,83	16,68
20.03.2020 17:50	3,49	4,02	4,24	0,47	9,23	8,18	6,12	15,83	16,68
20.03.2020 17:55	3,53	4,06	4,20	0,47	9,13	8,18	6,12	15,86	16,70
20.03.2020 18:00	3,53	4,02	4,20	0,47	9,03	8,18	6,13	15,86	16,70
20.03.2020 18:05	3,51	4,00	4,24	0,47	8,88	8,18	6,13	15,88	16,72
20.03.2020 18:10	3,53	4,02	4,20	0,47	8,76	8,18	6,13	15,90	16,74
20.03.2020 18:15	3,55	4,00	4,24	0,43	8,68	8,18	6,13	15,92	16,74
20.03.2020 18:20	3,55	4,00	4,26	0,45	8,64	8,18	6,13	15,90	16,74
20.03.2020 18:25	3,53	4,00	4,24	0,47	8,46	8,18	6,13	15,90	16,76
20.03.2020 18:30	3,55	4,02	4,24	0,47	8,42	8,18	6,13	15,94	16,76
20.03.2020 18:35	3,55	4,06	4,28	0,43	8,23	8,18	6,13	15,94	16,76
20.03.2020 18:40	3,55	4,00	4,24	0,47	7,89	8,18	6,14	15,94	16,78
20.03.2020 18:45	3,53	4,04	4,24	0,47	7,85	8,18	6,14	15,94	16,82
20.03.2020 18:50	3,53	4,04	4,24	0,45	7,62	8,18	6,14	15,98	16,80
20.03.2020 18:55	3,53	4,04	4,24	0,45	7,66	8,18	6,14	15,98	16,80
20.03.2020 19:00	3,55	4,02	4,24	0,47	7,52	8,18	6,14	15,98	16,82
20.03.2020 19:05	3,57	4,04	4,24	0,45	7,50	8,18	6,14	16,00	16,82
20.03.2020 19:10	3,53	4,00	4,26	0,45	7,52	8,18	6,14	16,00	16,84
20.03.2020 19:15	3,53	4,04	4,24	0,45	7,44	8,18	6,14	16,02	16,84
20.03.2020 19:20	3,53	4,04	4,24	0,47	7,38	8,18	6,14	16,00	16,84
20.03.2020 19:25	3,53	4,08	4,24	0,49	7,32	8,18	6,14	16,04	16,86
20.03.2020 19:30	3,51	4,04	4,24	0,45	7,24	8,18	6,15	16,02	16,88
20.03.2020 19:35	3,57	4,02	4,28	0,45	7,26	8,18	6,15	16,04	16,86
20.03.2020 19:40	3,51	4,04	4,24	0,45	6,99	8,17	6,15	16,02	16,88
20.03.2020 19:45	3,57	4,02	4,28	0,45	6,85	8,18	6,15	16,06	16,88
20.03.2020 19:50	3,55	4,02	4,28	0,47	6,65	8,18	6,15	16,08	16,88
20.03.2020 19:55	3,51	4,06	4,28	0,47	6,51	8,18	6,15	16,06	16,92
20.03.2020 20:00	3,55	4,06	4,26	0,51	6,42	8,18	6,15	16,10	16,94
20.03.2020 20:05	3,55	4,06	4,26	0,47	6,32	8,18	6,15	16,12	16,94
20.03.2020 20:10	3,55	4,06	4,30	0,51	6,26	8,18	6,15	16,12	16,96
20.03.2020 20:15	3,53	4,04	4,30	0,47	6,24	8,18	6,16	16,14	16,96
20.03.2020 20:20	3,53	4,08	4,30	0,45	6,14	8,18	6,16	16,14	16,96
20.03.2020 20:25	3,57	4,08	4,34	0,47	6,08	8,18	6,16	16,10	16,98
20.03.2020 20:30	3,57	4,08	4,32	0,49	6,10	8,18	6,16	16,18	16,98

20.03.2020 20:35	3,57	4,08	4,34	0,51	6,10	8,18	6,16	16,16	16,98
20.03.2020 20:40	3,57	4,08	4,32	0,49	6,02	8,18	6,16	16,18	16,98
20.03.2020 20:45	3,61	4,06	4,34	0,49	6,00	8,18	6,16	16,14	17,00
20.03.2020 20:50	3,57	4,08	4,32	0,49	5,96	8,18	6,16	16,18	17,00
20.03.2020 20:55	3,57	4,12	4,32	0,51	5,92	8,18	6,16	16,20	17,02
20.03.2020 21:00	3,59	4,06	4,32	0,49	5,96	8,18	6,17	16,20	17,00
20.03.2020 21:05	3,59	4,06	4,32	0,53	5,77	8,18	6,17	16,22	17,02
20.03.2020 21:10	3,59	4,06	4,36	0,49	5,77	8,18	6,17	16,22	17,02
20.03.2020 21:15	3,59	4,10	4,32	0,49	5,67	8,18	6,17	16,18	17,02
20.03.2020 21:20	3,59	4,10	4,36	0,53	5,69	8,18	6,17	16,18	17,04
20.03.2020 21:25	3,57	4,10	4,32	0,53	5,69	8,18	6,17	16,24	17,04
20.03.2020 21:30	3,57	4,10	4,36	0,53	5,61	8,18	6,17	16,24	17,06
20.03.2020 21:35	3,61	4,10	4,36	0,51	5,49	8,18	6,17	16,24	17,06
20.03.2020 21:40	3,63	4,10	4,34	0,57	5,43	8,18	6,17	16,26	17,04
20.03.2020 21:45	3,61	4,14	4,36	0,53	5,45	8,18	6,18	16,22	17,06
20.03.2020 21:50	3,55	4,12	4,34	0,53	5,43	8,18	6,18	16,28	17,08
20.03.2020 21:55	3,61	4,08	4,34	0,55	5,39	8,18	6,18	16,24	17,08
20.03.2020 22:00	3,59	4,12	4,34	0,55	5,35	8,18	6,18	16,26	17,12
20.03.2020 22:05	3,61	4,12	4,38	0,57	5,33	8,18	6,18	16,30	17,08
20.03.2020 22:10	3,59	4,12	4,38	0,57	5,31	8,18	6,18	16,26	17,10
20.03.2020 22:15	3,63	4,12	4,34	0,55	5,27	8,18	6,18	16,30	17,12
20.03.2020 22:20	3,59	4,12	4,38	0,55	5,22	8,18	6,18	16,30	17,12
20.03.2020 22:25	3,63	4,12	4,34	0,55	5,16	8,18	6,18	16,32	17,12
20.03.2020 22:30	3,59	4,12	4,38	0,55	5,08	8,18	6,18	16,28	17,12
20.03.2020 22:35	3,59	4,12	4,34	0,55	4,97	8,18	6,19	16,34	17,12
20.03.2020 22:40	3,63	4,12	4,38	0,55	4,95	8,18	6,19	16,34	17,08
20.03.2020 22:45	3,61	4,16	4,38	0,57	4,95	8,18	6,19	16,34	17,14
20.03.2020 22:50	3,61	4,10	4,38	0,57	4,91	8,18	6,19	16,36	17,14
20.03.2020 22:55	3,57	4,12	4,38	0,57	4,87	8,18	6,19	16,36	17,16
20.03.2020 23:00	3,61	4,16	4,36	0,55	4,75	8,18	6,19	16,34	17,16
20.03.2020 23:05	3,61	4,16	4,38	0,59	4,67	8,18	6,19	16,38	17,16
20.03.2020 23:10	3,59	4,14	4,38	0,59	4,65	8,18	6,19	16,38	17,19
20.03.2020 23:15	3,59	4,16	4,38	0,59	4,61	8,18	6,19	16,36	17,19
20.03.2020 23:20	3,63	4,16	4,40	0,55	4,46	8,18	6,19	16,36	17,16
20.03.2020 23:25	3,59	4,14	4,40	0,59	4,36	8,18	6,20	16,40	17,21
20.03.2020 23:30	3,63	4,14	4,40	0,61	4,40	8,18	6,20	16,42	17,21
20.03.2020 23:35	3,59	4,16	4,42	0,59	4,34	8,18	6,20	16,38	17,16
20.03.2020 23:40	3,63	4,16	4,40	0,59	4,34	8,18	6,20	16,44	17,21
20.03.2020 23:45	3,59	4,18	4,38	0,61	4,30	8,18	6,20	16,44	17,23
20.03.2020 23:50	3,59	4,16	4,42	0,59	4,28	8,18	6,20	16,46	17,23
20.03.2020 23:55	3,63	4,14	4,40	0,59	4,12	8,18	6,20	16,44	17,23
21.03.2020	3,61	4,14	4,40	0,59	4,16	8,18	6,20	16,46	17,25
21.03.2020 00:05	3,61	4,18	4,40	0,59	4,12	8,18	6,21	16,46	17,25
21.03.2020 00:10	3,61	4,14	4,42	0,59	4,12	8,18	6,21	16,48	17,25
21.03.2020 00:15	3,61	4,14	4,40	0,61	4,16	8,18	6,21	16,44	17,25
21.03.2020 00:20	3,61	4,20	4,40	0,61	4,06	8,18	6,21	16,48	17,25

21.03.2020 00:25	3,61	4,18	4,40	0,65	3,77	8,18	6,21	16,48	17,27
21.03.2020 00:30	3,61	4,18	4,42	0,59	3,36	8,18	6,21	16,46	17,27
21.03.2020 00:35	3,63	4,18	4,40	0,59	3,53	8,18	6,21	16,48	17,27
21.03.2020 00:40	3,59	4,18	4,45	0,59	3,26	8,18	6,21	16,46	17,29
21.03.2020 00:45	3,59	4,22	4,45	0,65	3,38	8,18	6,21	16,48	17,29
21.03.2020 00:50	3,59	4,18	4,38	0,63	3,36	8,18	6,21	16,48	17,29
21.03.2020 00:55	3,59	4,16	4,40	0,65	3,32	8,18	6,22	16,51	17,29
21.03.2020 01:00	3,63	4,18	4,45	0,63	3,16	8,18	6,22	16,55	17,29
21.03.2020 01:05	3,57	4,18	4,45	0,65	3,18	8,18	6,22	16,51	17,31
21.03.2020 01:10	3,59	4,22	4,45	0,65	3,16	8,18	6,22	16,57	17,31
21.03.2020 01:15	3,63	4,16	4,45	0,61	3,00	8,18	6,22	16,53	17,33
21.03.2020 01:20	3,63	4,20	4,40	0,63	2,96	8,18	6,22	16,53	17,33
21.03.2020 01:25	3,63	4,18	4,40	0,61	2,79	8,18	6,22	16,57	17,31
21.03.2020 01:30	3,61	4,22	4,45	0,65	2,85	8,18	6,22	16,59	17,33
21.03.2020 01:35	3,61	4,16	4,42	0,65	2,73	8,18	6,22	16,59	17,35
21.03.2020 01:40	3,61	4,16	4,40	0,65	2,79	8,18	6,22	16,61	17,35
21.03.2020 01:45	3,59	4,22	4,45	0,65	2,75	8,18	6,23	16,57	17,33
21.03.2020 01:50	3,61	4,22	4,45	0,65	2,71	8,18	6,23	16,61	17,31
21.03.2020 01:55	3,59	4,16	4,45	0,65	2,77	8,18	6,23	16,59	17,35
21.03.2020 02:00	3,59	4,20	4,42	0,65	2,77	8,18	6,23	16,63	17,37
21.03.2020 02:05	3,55	4,20	4,45	0,65	2,79	8,18	6,23	16,59	17,35
21.03.2020 02:10	3,59	4,22	4,45	0,61	2,83	8,18	6,23	16,65	17,37
21.03.2020 02:15	3,59	4,22	4,45	0,65	2,81	8,18	6,23	16,63	17,37
21.03.2020 02:20	3,59	4,20	4,45	0,65	2,89	8,18	6,23	16,61	17,37
21.03.2020 02:25	3,59	4,22	4,45	0,67	2,77	8,18	6,23	16,63	17,39
21.03.2020 02:30	3,59	4,22	4,45	0,69	2,85	8,18	6,23	16,65	17,39
21.03.2020 02:35	3,59	4,22	4,45	0,71	2,59	8,18	6,23	16,63	17,37
21.03.2020 02:40	3,59	4,22	4,47	0,67	2,34	8,18	6,24	16,67	17,41
21.03.2020 02:45	3,59	4,22	4,42	0,67	2,30	8,18	6,24	16,67	17,41
21.03.2020 02:50	3,59	4,22	4,42	0,71	2,22	8,18	6,24	16,69	17,41
21.03.2020 02:55	3,61	4,20	4,45	0,71	2,16	8,18	6,24	16,69	17,41
21.03.2020 03:00	3,63	4,20	4,42	0,71	2,02	8,18	6,24	16,71	17,41
21.03.2020 03:05	3,61	4,20	4,45	0,67	2,08	8,18	6,24	16,67	17,37
21.03.2020 03:10	3,57	4,20	4,42	0,71	2,00	8,18	6,24	16,71	17,43
21.03.2020 03:15	3,57	4,22	4,49	0,67	2,00	8,18	6,24	16,71	17,43
21.03.2020 03:20	3,59	4,22	4,49	0,67	1,73	8,18	6,24	16,71	17,45
21.03.2020 03:25	3,61	4,22	4,47	0,67	1,73	8,18	6,25	16,69	17,47
21.03.2020 03:30	3,59	4,20	4,49	0,71	1,63	8,18	6,25	16,71	17,45
21.03.2020 03:35	3,59	4,24	4,47	0,67	1,51	8,18	6,25	16,71	17,45
21.03.2020 03:40	3,59	4,20	4,47	0,69	1,61	8,18	6,25	16,71	17,45
21.03.2020 03:45	3,59	4,24	4,47	0,71	1,69	8,18	6,25	16,71	17,47
21.03.2020 03:50	3,59	4,24	4,47	0,71	1,67	8,18	6,25	16,75	17,47
21.03.2020 03:55	3,63	4,20	4,49	0,71	1,57	8,18	6,25	16,71	17,47
21.03.2020 04:00	3,59	4,24	4,49	0,71	1,47	8,18	6,25	16,73	17,49
21.03.2020 04:05	3,59	4,24	4,47	0,71	1,39	8,18	6,25	16,77	17,49
21.03.2020 04:10	3,61	4,24	4,49	0,71	1,18	8,18	6,25	16,79	17,49

21.03.2020 04:15	3,59	4,22	4,49	0,71	1,26	8,18	6,26	16,75	17,49
21.03.2020 04:20	3,59	4,24	4,47	0,71	1,28	8,18	6,26	16,75	17,49
21.03.2020 04:25	3,57	4,24	4,47	0,71	1,35	8,18	6,26	16,75	17,49
21.03.2020 04:30	3,59	4,24	4,47	0,71	1,37	8,18	6,26	16,77	17,49
21.03.2020 04:35	3,59	4,24	4,53	0,73	1,37	8,18	6,26	16,79	17,51
21.03.2020 04:40	3,57	4,24	4,49	0,73	1,45	8,18	6,26	16,81	17,51
21.03.2020 04:45	3,57	4,24	4,49	0,73	1,51	8,18	6,26	16,79	17,51
21.03.2020 04:50	3,59	4,24	4,47	0,73	1,43	8,18	6,26	16,79	17,51
21.03.2020 04:55	3,57	4,24	4,49	0,69	1,47	8,18	6,26	16,79	17,49
21.03.2020 05:00	3,57	4,26	4,47	0,73	1,51	8,18	6,26	16,83	17,53
21.03.2020 05:05	3,57	4,24	4,49	0,73	1,51	8,18	6,27	16,83	17,55
21.03.2020 05:10	3,57	4,24	4,49	0,78	1,57	8,18	6,27	16,81	17,55
21.03.2020 05:15	3,57	4,24	4,49	0,73	1,49	8,18	6,27	16,81	17,53
21.03.2020 05:20	3,57	4,24	4,49	0,76	1,47	8,18	6,27	16,83	17,55
21.03.2020 05:25	3,57	4,24	4,49	0,73	1,55	8,18	6,27	16,83	17,57
21.03.2020 05:30	3,57	4,24	4,53	0,73	1,51	8,18	6,27	16,83	17,53
21.03.2020 05:35	3,57	4,24	4,49	0,73	1,45	8,18	6,27	16,85	17,57
21.03.2020 05:40	3,57	4,24	4,53	0,78	1,51	8,18	6,27	16,85	17,57
21.03.2020 05:45	3,57	4,24	4,49	0,73	1,47	8,18	6,27	16,89	17,59
21.03.2020 05:50	3,55	4,24	4,49	0,73	1,35	8,18	6,27	16,85	17,57
21.03.2020 05:55	3,57	4,24	4,49	0,73	1,49	8,18	6,28	16,87	17,59
21.03.2020 06:00	3,57	4,30	4,53	0,76	1,47	8,18	6,28	16,87	17,59
21.03.2020 06:05	3,57	4,24	4,49	0,73	1,43	8,18	6,28	16,87	17,55
21.03.2020 06:10	3,57	4,26	4,49	0,76	1,49	8,18	6,28	16,89	17,59
21.03.2020 06:15	3,55	4,26	4,49	0,76	1,41	8,18	6,28	16,87	17,61
21.03.2020 06:20	3,55	4,26	4,49	0,76	1,47	8,18	6,28	16,89	17,61
21.03.2020 06:25	3,55	4,26	4,49	0,76	1,51	8,18	6,28	16,89	17,61
21.03.2020 06:30	3,55	4,24	4,49	0,76	1,53	8,18	6,28	16,93	17,59
21.03.2020 06:35	3,55	4,26	4,53	0,80	1,55	8,18	6,28	16,93	17,61
21.03.2020 06:40	3,55	4,24	4,55	0,76	1,49	8,18	6,28	16,91	17,61
21.03.2020 06:45	3,55	4,30	4,51	0,76	1,61	8,18	6,29	16,91	17,63
21.03.2020 06:50	3,55	4,26	4,51	0,76	1,59	8,18	6,29	16,95	17,63
21.03.2020 06:55	3,55	4,26	4,51	0,76	1,75	8,18	6,29	16,93	17,63
21.03.2020 07:00	3,55	4,28	4,55	0,76	1,69	8,18	6,29	16,93	17,65
21.03.2020 07:05	3,55	4,26	4,49	0,76	1,63	8,18	6,29	16,93	17,65
21.03.2020 07:10	3,55	4,26	4,55	0,76	1,71	8,18	6,29	16,95	17,65
21.03.2020 07:15	3,55	4,26	4,51	0,76	1,71	8,18	6,29	16,95	17,65
21.03.2020 07:20	3,55	4,26	4,51	0,78	1,77	8,18	6,29	16,97	17,67
21.03.2020 07:25	3,59	4,26	4,51	0,78	1,83	8,18	6,29	16,91	17,65
21.03.2020 07:30	3,55	4,26	4,51	0,78	1,73	8,18	6,29	16,95	17,65
21.03.2020 07:35	3,55	4,22	4,55	0,78	1,77	8,18	6,30	16,97	17,63
21.03.2020 07:40	3,55	4,22	4,51	0,73	1,90	8,18	6,30	16,97	17,67
21.03.2020 07:45	3,55	4,28	4,51	0,80	1,59	8,18	6,30	16,97	17,67
21.03.2020 07:50	3,55	4,26	4,51	0,78	1,55	8,18	6,30	16,97	17,67
21.03.2020 07:55	3,55	4,28	4,51	0,82	1,67	8,18	6,30	17,03	17,69
21.03.2020 08:00	3,53	4,28	4,51	0,78	1,71	8,18	6,30	17,01	17,67

21.03.2020 08:05	3,53	4,24	4,51	0,78	1,55	8,18	6,30	17,03	17,69
21.03.2020 08:10	3,53	4,26	4,51	0,78	1,49	8,18	6,30	16,99	17,65
21.03.2020 08:15	3,57	4,26	4,51	0,78	1,61	8,18	6,30	17,01	17,69
21.03.2020 08:20	3,53	4,26	4,51	0,78	1,69	8,18	6,30	17,01	17,65
21.03.2020 08:25	3,57	4,26	4,51	0,78	1,49	8,18	6,31	17,01	17,71
21.03.2020 08:30	3,57	4,26	4,55	0,78	1,45	8,18	6,31	17,01	17,71
21.03.2020 08:35	3,53	4,26	4,55	0,82	1,41	8,18	6,31	17,01	17,71
21.03.2020 08:40	3,53	4,26	4,55	0,78	1,55	8,18	6,31	17,07	17,69
21.03.2020 08:45	3,57	4,28	4,57	0,78	1,47	8,19	6,31	17,03	17,67
21.03.2020 08:50	3,57	4,28	4,51	0,80	1,47	8,18	6,31	17,05	17,73
21.03.2020 08:55	3,53	4,28	4,57	0,78	1,41	8,18	6,31	17,03	17,73
21.03.2020 09:00	3,53	4,28	4,53	0,78	1,55	8,18	6,31	17,05	17,69
21.03.2020 09:05	3,53	4,28	4,57	0,80	1,45	8,18	6,31	17,03	17,69
21.03.2020 09:10	3,53	4,26	4,51	0,80	1,61	8,18	6,31	17,05	17,71
21.03.2020 09:15	3,53	4,28	4,53	0,80	1,55	8,19	6,32	17,05	17,69
21.03.2020 09:20	3,53	4,28	4,53	0,78	1,67	8,19	6,32	17,05	17,75
21.03.2020 09:25	3,51	4,28	4,57	0,78	1,57	8,19	6,32	17,05	17,75
21.03.2020 09:30	3,53	4,28	4,53	0,80	1,53	8,19	6,32	17,07	17,77
21.03.2020 09:35	3,51	4,28	4,53	0,80	1,67	8,19	6,32	17,07	17,75
21.03.2020 09:40	3,55	4,28	4,53	0,80	1,59	8,19	6,32	17,11	17,75
21.03.2020 09:45	3,51	4,26	4,53	0,80	1,51	8,19	6,32	17,11	17,77
21.03.2020 09:50	3,51	4,28	4,57	0,80	1,43	8,19	6,32	17,09	17,77
21.03.2020 09:55	3,51	4,28	4,57	0,82	1,45	8,19	6,32	17,09	17,73
21.03.2020 10:00	3,51	4,26	4,53	0,84	1,43	8,19	6,32	17,09	17,73
21.03.2020 10:05	3,51	4,28	4,57	0,78	1,77	8,19	6,32	17,09	17,79
21.03.2020 10:10	3,53	4,28	4,57	0,80	1,61	8,19	6,33	17,09	17,77
21.03.2020 10:15	3,53	4,28	4,53	0,80	1,71	8,19	6,33	17,14	17,75
21.03.2020 10:20	3,53	4,26	4,59	0,78	1,67	8,19	6,33	17,09	17,79
21.03.2020 10:25	3,53	4,28	4,53	0,80	1,47	8,19	6,33	17,11	17,79
21.03.2020 10:30	3,51	4,24	4,55	0,80	1,35	8,19	6,33	17,09	17,75
21.03.2020 10:35	3,53	4,24	4,53	0,80	1,14	8,19	6,33	17,11	17,77
21.03.2020 10:40	3,51	4,28	4,53	0,84	1,20	8,19	6,33	17,16	17,79
21.03.2020 10:45	3,51	4,28	4,57	0,78	1,41	8,19	6,33	17,14	17,77
21.03.2020 10:50	3,51	4,28	4,53	0,80	1,57	8,19	6,33	17,14	17,81
21.03.2020 10:55	3,53	4,26	4,57	0,78	1,24	8,19	6,33	17,14	17,77
21.03.2020 11:00	3,53	4,32	4,57	0,82	1,35	8,19	6,34	17,14	17,81
21.03.2020 11:05	3,53	4,32	4,53	0,78	1,55	8,19	6,34	17,14	17,77
21.03.2020 11:10	3,53	4,32	4,57	0,82	1,61	8,19	6,34	17,18	17,83
21.03.2020 11:15	3,49	4,28	4,57	0,80	1,53	8,19	6,34	17,16	17,81
21.03.2020 11:20	3,55	4,28	4,57	0,84	1,73	8,19	6,34	17,16	17,81
21.03.2020 11:25	3,49	4,32	4,57	0,80	1,75	8,19	6,34	17,16	17,81
21.03.2020 11:30	3,55	4,28	4,59	0,80	1,77	8,19	6,34	17,16	17,83
21.03.2020 11:35	3,51	4,28	4,55	0,80	2,04	8,19	6,34	17,16	17,83
21.03.2020 11:40	3,51	4,30	4,59	0,80	1,94	8,19	6,34	17,18	17,83
21.03.2020 11:45	3,51	4,30	4,59	0,80	1,77	8,19	6,34	17,16	17,77
21.03.2020 11:50	3,53	4,34	4,59	0,78	1,28	8,19	6,34	17,18	17,83

21.03.2020 11:55	3,53	4,28	4,57	0,78	1,37	8,19	6,34	17,18	17,83
21.03.2020 12:00	3,51	4,28	4,59	0,78	1,65	8,19	6,35	17,18	17,83
21.03.2020 12:05	3,51	4,26	4,55	0,80	2,04	8,19	6,35	17,22	17,83
21.03.2020 12:10	3,51	4,30	4,55	0,80	1,26	8,19	6,35	17,18	17,83
21.03.2020 12:15	3,55	4,28	4,55	0,84	1,43	8,19	6,35	17,22	17,86
21.03.2020 12:20	3,49	4,28	4,59	0,80	1,35	8,19	6,35	17,18	17,86
21.03.2020 12:25	3,49	4,28	4,59	0,80	1,57	8,19	6,35	17,20	17,86
21.03.2020 12:30	3,49	4,28	4,59	0,82	1,37	8,19	6,35	17,18	17,81
21.03.2020 12:35	3,49	4,28	4,59	0,78	1,39	8,19	6,35	17,20	17,81
21.03.2020 12:40	3,49	4,28	4,57	0,78	1,61	8,19	6,35	17,20	17,86
21.03.2020 12:45	3,53	4,28	4,55	0,80	1,53	8,19	6,35	17,20	17,81
21.03.2020 12:50	3,49	4,30	4,59	0,80	1,63	8,19	6,36	17,20	17,86
21.03.2020 12:55	3,49	4,30	4,55	0,80	1,90	8,19	6,36	17,22	17,86
21.03.2020 13:00	3,46	4,32	4,57	0,82	2,91	8,19	6,36	17,24	17,86
21.03.2020 13:05	3,49	4,30	4,59	0,78	3,81	8,19	6,36	17,20	17,81
21.03.2020 13:10	3,49	4,30	4,57	0,76	2,53	8,19	6,36	17,20	17,81
21.03.2020 13:15	3,46	4,30	4,59	0,78	2,81	8,19	6,36	17,22	17,88
21.03.2020 13:20	3,46	4,30	4,57	0,82	3,65	8,19	6,36	17,22	17,86
21.03.2020 13:25	3,44	4,32	4,59	0,80	3,42	8,19	6,36	17,22	17,81
21.03.2020 13:30	3,49	4,30	4,59	0,80	3,42	8,19	6,37	17,26	17,86
21.03.2020 13:35	3,49	4,30	4,59	0,82	3,22	8,19	6,37	17,26	17,88
21.03.2020 13:40	3,46	4,28	4,57	0,82	3,22	8,19	6,37	17,26	17,86
21.03.2020 13:45	3,51	4,32	4,57	0,82	3,40	8,19	6,37	17,24	17,83
21.03.2020 13:50	3,49	4,28	4,57	0,80	3,36	8,19	6,37	17,22	17,83
21.03.2020 13:55	3,46	4,30	4,59	0,80	4,02	8,19	6,37	17,26	17,86
21.03.2020 14:00	3,49	4,30	4,61	0,82	4,42	8,19	6,37	17,22	17,88
21.03.2020 14:05	3,49	4,28	4,61	0,80	4,14	8,19	6,37	17,24	17,88
21.03.2020 14:10	3,46	4,28	4,57	0,82	3,85	8,19	6,37	17,28	17,83
21.03.2020 14:15	3,51	4,30	4,59	0,78	3,36	8,19	6,37	17,24	17,88
21.03.2020 14:20	3,46	4,32	4,57	0,78	3,18	8,19	6,37	17,24	17,88
21.03.2020 14:25	3,42	4,28	4,57	0,80	3,04	8,19	6,37	17,22	17,86
21.03.2020 14:30	3,49	4,30	4,57	0,80	3,22	8,19	6,37	17,24	17,83
21.03.2020 14:35	3,49	4,32	4,57	0,80	3,55	8,19	6,38	17,24	17,88
21.03.2020 14:40	3,46	4,32	4,59	0,80	3,49	8,19	6,38	17,24	17,88
21.03.2020 14:45	3,49	4,28	4,59	0,82	4,34	8,19	6,38	17,28	17,88
21.03.2020 14:50	3,46	4,30	4,61	0,76	3,93	8,19	6,38	17,24	17,88
21.03.2020 14:55	3,44	4,28	4,59	0,82	3,59	8,19	6,38	17,24	17,86
21.03.2020 15:00	3,44	4,28	4,59	0,82	3,49	8,19	6,38	17,24	17,83
21.03.2020 15:05	3,49	4,28	4,59	0,82	3,71	8,19	6,38	17,24	17,88
21.03.2020 15:10	3,49	4,34	4,55	0,78	3,83	8,19	6,38	17,24	17,88
21.03.2020 15:15	3,44	4,28	4,59	0,82	3,87	8,19	6,38	17,24	17,88
21.03.2020 15:20	3,49	4,28	4,59	0,76	3,75	8,19	6,38	17,26	17,83
21.03.2020 15:25	3,44	4,28	4,59	0,78	3,79	8,19	6,38	17,24	17,88
21.03.2020 15:30	3,44	4,32	4,61	0,82	3,71	8,19	6,38	17,30	17,86
21.03.2020 15:35	3,44	4,26	4,61	0,78	4,38	8,19	6,39	17,24	17,86
21.03.2020 15:40	3,46	4,32	4,57	0,76	4,44	8,19	6,39	17,24	17,88

21.03.2020 15:45	3,46	4,28	4,59	0,76	4,04	8,19	6,39	17,26	17,88
21.03.2020 15:50	3,44	4,28	4,61	0,78	3,57	8,19	6,39	17,24	17,88
21.03.2020 15:55	3,49	4,32	4,59	0,80	3,42	8,19	6,39	17,24	17,86
21.03.2020 16:00	3,46	4,26	4,59	0,78	3,20	8,19	6,39	17,24	17,79
21.03.2020 16:05	3,46	4,30	4,57	0,78	3,22	7,41	7,65	14,53	8,52
21.03.2020 16:10	3,44	4,30	4,57	0,78	3,02	6,99	7,70	6,43	8,13
21.03.2020 16:15	3,44	4,30	4,59	0,76	2,81	6,85	7,73	3,49	8,96
21.03.2020 16:20	3,49	4,28	4,63	0,78	2,89	6,76	7,74	2,55	9,90
21.03.2020 16:25	3,46	4,30	4,59	0,76	3,57	6,73	7,76	3,63	10,69
21.03.2020 16:30	3,49	4,32	4,61	0,78	4,14	7,00	7,77	4,00	11,38
21.03.2020 16:35	3,44	4,28	4,59	0,76	3,28	6,77	7,77	3,32	11,91
21.03.2020 16:40	3,42	4,30	4,59	0,78	2,85	6,86	7,78	3,49	12,36
21.03.2020 16:45	3,51	4,30	4,63	0,78	2,81	6,91	7,79	3,51	12,68
21.03.2020 16:50	3,46	4,32	4,57	0,76	2,77	6,78	7,80	2,41	12,94
21.03.2020 16:55	3,49	4,34	4,61	0,76	2,67	6,73	7,38	1,29	12,03
21.03.2020 17:00	3,49	4,28	4,61	0,76	2,55	6,68	7,35	0,88	3,42
21.03.2020 17:05	3,49	4,28	4,61	0,80	2,47	6,50	6,84	1,51	1,45
21.03.2020 17:10	3,49	4,34	4,61	0,73	2,30	6,50	7,37	3,04	2,02
21.03.2020 17:15	3,49	4,32	4,57	0,73	2,28	6,49	7,46	4,10	3,06
21.03.2020 17:20	3,44	4,32	4,61	0,76	2,08	6,51	7,52	4,73	3,53
21.03.2020 17:25	3,49	4,32	4,59	0,73	2,12	7,38	7,55	5,08	4,10
21.03.2020 17:30	3,49	4,32	4,61	0,78	2,06	6,53	6,45	5,49	0,96
21.03.2020 17:35	3,51	4,32	4,61	0,73	1,94	6,48	6,03	5,47	2,96
21.03.2020 17:40	3,46	4,32	4,61	0,78	1,77	6,45	6,05	5,49	3,57
21.03.2020 17:45	3,49	4,30	4,61	0,71	1,79	6,45	6,07	5,51	4,10
21.03.2020 17:50	3,46	4,30	4,61	0,78	1,63	6,43	6,08	5,55	4,48
21.03.2020 17:55	3,49	4,32	4,61	0,76	1,28	6,43	6,10	5,61	4,81
21.03.2020 18:00	3,51	4,30	4,63	0,71	1,28	6,42	6,12	5,66	4,97
21.03.2020 18:05	3,46	4,30	4,61	0,76	1,30	6,38	6,10	5,74	5,08
21.03.2020 18:10	3,51	4,30	4,59	0,73	1,16	6,37	6,11	5,78	5,18
21.03.2020 18:15	3,46	4,30	4,61	0,73	1,04	6,36	6,13	5,84	5,18
21.03.2020 18:20	3,46	4,30	4,59	0,76	1,00	6,34	6,13	5,88	5,16
21.03.2020 18:25	3,51	4,34	4,59	0,78	0,90	6,33	6,14	5,92	5,20
21.03.2020 18:30	3,51	4,30	4,61	0,76	0,98	6,32	6,14	5,94	5,20
21.03.2020 18:35	3,46	4,30	4,61	0,78	0,98	6,30	6,14	5,96	5,24
21.03.2020 18:40	3,51	4,30	4,59	0,76	1,04	6,29	6,14	5,96	5,27
21.03.2020 18:45	3,46	4,30	4,61	0,76	0,96	6,28	6,16	5,98	5,27
21.03.2020 18:50	3,46	4,30	4,61	0,76	1,53	6,27	6,16	5,98	5,20
21.03.2020 18:55	3,49	4,30	4,63	0,73	1,16	6,28	6,17	6,00	5,18
21.03.2020 19:00	3,53	4,30	4,61	0,76	1,14	6,29	6,19	6,02	5,14
21.03.2020 19:05	3,51	4,32	4,65	0,80	0,94	6,31	6,21	6,04	5,14
21.03.2020 19:10	3,53	4,34	4,65	0,76	0,96	6,33	6,24	6,04	4,89
21.03.2020 19:15	3,53	4,30	4,67	0,78	0,94	6,37	6,27	6,06	3,81
21.03.2020 19:20	3,53	4,34	4,65	0,76	0,90	6,39	6,26	6,08	1,14

## **Streszczenie :**

Niniejsza praca, przedstawia opracowanie i badanie układu odzyskiwania oleju w parownikach gruntowych, pomp ciepła typu bezpośrednio parowanie/woda. Układ taki znacząco poszerza możliwości wymiarowania freonowych wymienników gruntowych, wpływając tym samym na wyższe wskaźniki efektywności energetycznej COP tego typu pomp ciepła. Badania podzielone są dwa zagadnienia, pierwsze dotyczące wpływu wymiarowania wymiennika na efektywność energetyczną pod kątem jednostkowych i sezonowych współczynników COP. Oprócz samego wymiarowania, w tej części poruszona została również kwestia nie tyle porównania wielkości wymiennika co jego zmiany ułożenia z jedno w dwupłaszczyznowy. Drugie i kluczowe zagadnienie dotyczy opracowania układu do odzyskiwania oleju z parowników gruntowych oraz jego badanie pod kątem poprawności i optymalizacji pracy. Ten rozdział podzielony został na badanie układu w trybie pracy odzysku oleju względem pracy zaworu rozprężnego, wyznaczenie optymalnych okresów wraz z metodą sterowania elektrycznymi zaworami odcinającymi, i jako ostatni punkt - badanie wpływu okresowych odcięć wymiennika, na spadek współczynnika COP. Ponadto w pracy poruszona została kwestia zastosowania opracowanego rozwiązania w seryjnych urządzeniach, a konkretnie przedstawienie algorytmu sterowania oraz konstrukcji układu wraz z jego lokalizacją w jednostce pompy ciepła. Cały projekt zrealizowano na przygotowanym do pracy w warunkach rzeczywistych stanowisku badawczym. W celu realizacji projektu, zostało wykonane stanowisko badawcze, wraz z wymiennikami gruntowymi, zakopanymi na głębokości 1,2m - dwa wymienniki jednopłaszczyznowe, oraz 2m i 1m – jeden wymiennik dwupłaszczyznowy, na łącznej powierzchni 800m<sup>2</sup>, umożliwiając tym samym pracę dolnego źródła energii w warunkach rzeczywistych.



## **Summary :**

This work presents the development and testing of an oil recovery system in ground evaporators, direct expansion/water heat pumps. Such a system significantly extends the dimensioning possibilities of freon ground heat exchangers, thus contributing to higher COP energy efficiency indicators of this type of heat pumps. The research is divided into two issues, the first concerning the impact of heat exchanger sizing on energy efficiency in terms of unit and seasonal COPs. In addition to the dimensioning itself, this part also deals with the issue of not so much comparing the size of the exchanger as changing its arrangement from one to two-plane. The second and key issue concerns the development of a system for recovering oil from ground evaporators and its testing in terms of correctness and optimization of operation. This chapter has been divided into the study of the system in the oil recovery mode in relation to the operation of the expansion valve, the determination of optimal periods along with the method of controlling the electric shut-off valves, and as the last point - the study of the impact of periodic shutdowns of the exchanger on the decrease of the COP coefficient. In addition, the work raises the issue of using the developed solution in serial devices, specifically the presentation of the control algorithm and the design of the system along with its location in the heat pump unit. The entire project was carried out on a test stand prepared to work in real conditions. In order to implement the project, a test stand was made, along with ground exchangers, buried at a depth of 1.2 m - two single-surface exchangers, and 2m and 1 m - one two-surface exchanger, on a total area of 800m<sup>2</sup>, thus enabling the operation of the lower energy source in real conditions.

Częstochowa, dnia 11.05.2023


mgr inż. Damian Pędziwiatr  
(imię i nazwisko)

### OŚWIADCZENIE

Dotyczy: postępowania w sprawie nadania stopnia naukowego doktora na Wydziale Inżynierii Mechanicznej i Informatyki Politechniki Częstochowskiej na podstawie rozprawy pt. „BADANIE INNOWACYJNEGO UKŁADU ODZYSKIWANIA OLEJU Z PAROWNIKÓW GRUNTOWYCH POMP CIEPŁA TYPU BEZPOŚREDNIE PAROWANIE/WODA”

Oświadczam, że przedkładaną pracę doktorską napisałem samodzielnie. Oznacza to, że przy pisaniu pracy poza niezbędnymi konsultacjami nie korzystałem z pomocy innych osób, a w szczególności nie zleciłem opracowania rozprawy lub jej części innym osobom, ani nie odpisałem tej rozprawy lub jej części z innych źródeł. Ponadto cytaty z obcych prac zostały wyczerpująco oznaczone oraz wskazane w przypisach i w bibliografii mojej pracy. Przedkładana praca nie narusza przepisów ustawy z dnia 4 lutego 1994 roku o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz.U. 1994 nr 24 poz. 83 z późn.zm.) również w inny sposób.

Jednocześnie przyjmuję do wiadomości, że w przypadku gdyby powyższe oświadczenie okazało się nieprawdziwe, to wszczęte zostanie postępowanie zmierzające do uchylecia decyzji o nadaniu stopnia naukowego doktora.



.....

(podpis)

str. 129