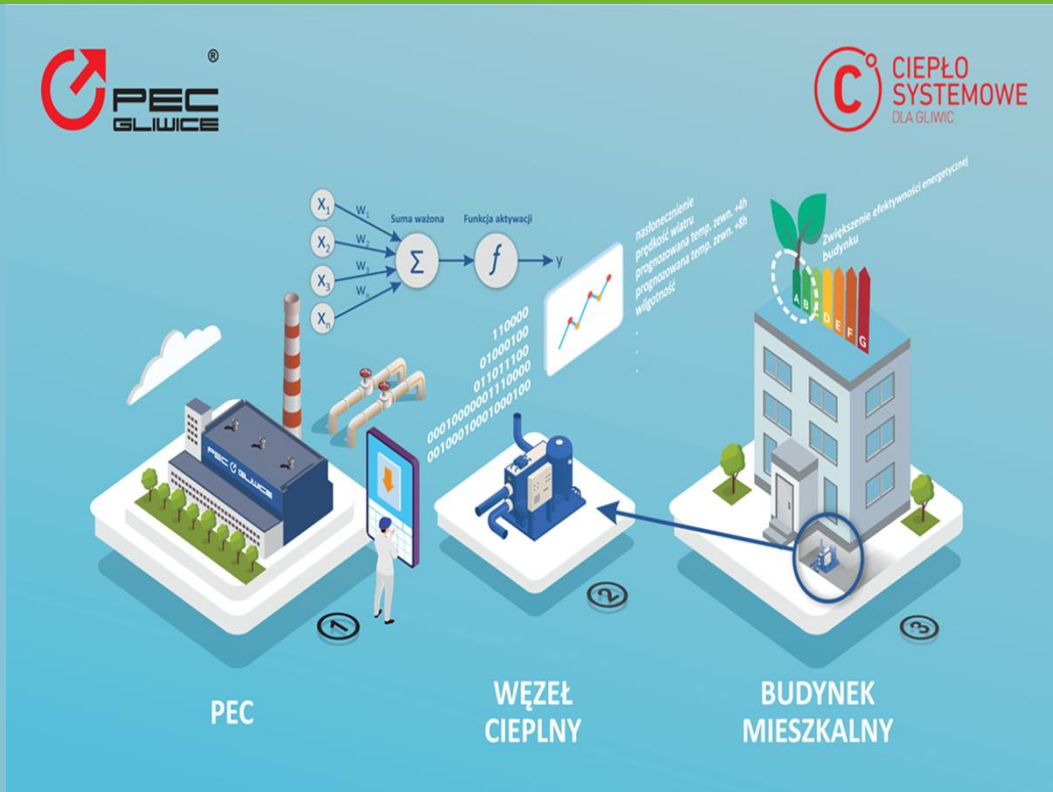


## Algorytm sterowania pracą węzła ciepłowniczego z wykorzystaniem struktury działania sieci neuronowej – pierwsze wdrożenie i perspektywy rozwoju



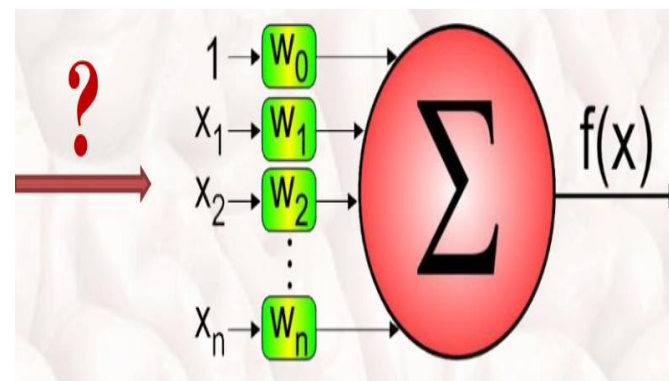
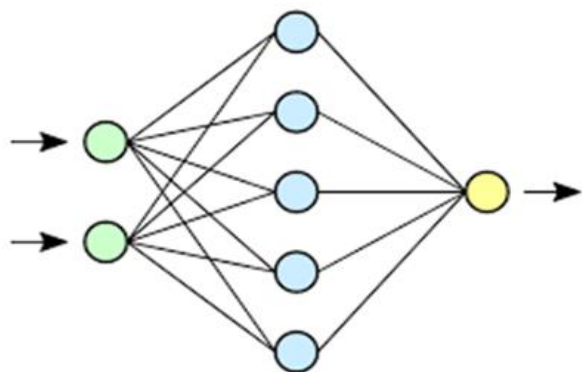
## Sieć neuronowa – element wsparcia przy ograniczeniu zużycia zasobów naturalnych i ochrony środowiska



# Podstawowe informacje – technologia, proces

Dostępne rozwiązania sterowników ciepłowniczych opierają się na kontrolowaniu temperatury zewnętrznej i zmienianiu temperatury zasilania instalacji odbiorczej centralnego ogrzewania w zależności od odczytów temperatury zewnętrznej. Nasz innowacyjny pomysł na zarządzanie ciepłem to rozwiązanie polegające na sterowaniu podażą ciepła w zależności od historycznych warunków pracy danego odbiorcy oraz notowaniu przyszłych warunków atmosferycznych jako szeregu danych jak temperatura zewnętrzna, prędkość wiatru, warunki zachmurzenia. Efektem jest ograniczenie zużycia ciepła dzięki zarządzaniu podażą ciepła dla budynku.

Ograniczenie zużycia ciepła następuje przez wykorzystanie unikalnego w polskim ciepłownictwie nowoczesnego algorytmu sterowania pracą węzła cieplnego na cele centralnego ogrzewania u odbiorców ciepła systemowego. Zaimplementowany system sztucznej inteligencji w sterowniku opiera się o strukturę działania sieci neuronowej wspartej szeregiem analizowanych wewnątrz algorytmicznych danych wejściowych, które wprowadzane do algorytmu zaopatrzonego w stosowne wagi i możliwe odchylenia pozwala prognozować w czasie przyszłym stosowną temperaturę zasilania budynku.



# SZTUCZNY NEURON

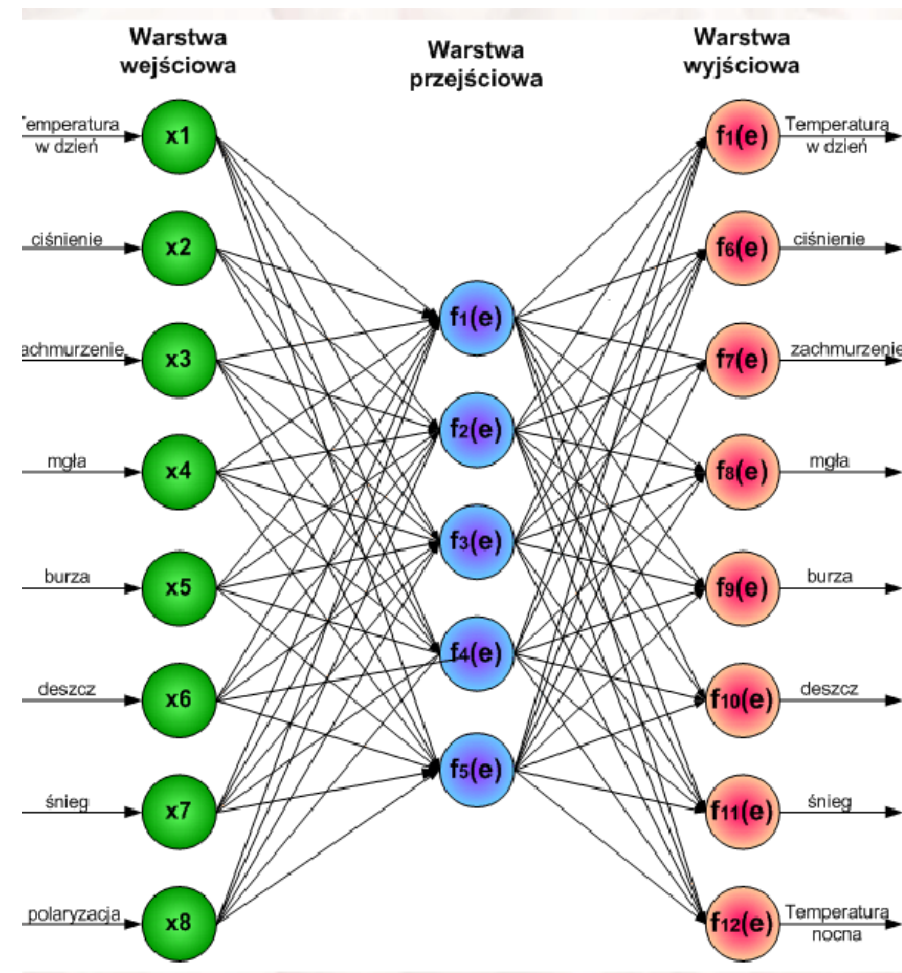
Sztuczne sieci neuronowe – to nazwa przypisywana matematycznym modelom biologicznych sieci neuronowych opierających się na idei sztucznego neuronu McCullocha-Pittsa oraz jego wariacjom bazującym na różnych:

- funkcjach aktywacji,
- strukturach połączeń,
- metodach uczenia i adaptacji.

W sztucznych sieciach neuronowych traktuje się sztuczny neuron jako jednostkę obliczeniową, która na podstawie określonej funkcji aktywacji oblicza na wyjściu pewną wartość na podstawie sumy ważonych danych wejściowych

Sztuczne sieci neuronowe można adoptować do rozwiązywania zadań na wiele różnych sposobów. Istnieje wiele reguł ich adaptacji, spośród których większość wykorzystuje uczenie się oparte o tzw. Wzorce uczące.

W sztucznych sieciach neuronowych w trakcie uczenia, adaptacji podlegają wagi reprezentujące siłę połączeń pomiędzy neuronami



# Opis funkcjonowania

Algorytm z układem sztucznej inteligencji wykorzystuje sztuczne sieci neuronowe składające się z układu zadanej ilości równań o określonej postaci, który posiada zdolności aproksymacji wielowymiarowych zbiorów danych, uogólniania nabytej wiedzy, adaptacji do zmieniających się warunków oraz możliwość uczenia się.

Szczegółowa struktura sieci została dobrana w sposób empiryczny na bazie sieci jednokierunkowej, wielowarstwowej składającej się w ogólnym ujęciu z warstw wejściowej, wyjściowej i ukrytych wykorzystujących ideę perceptronu, gdzie elementy występujące w każdej warstwie zwane są neuronami a dodatkowo neurony te w warstwach wejściowej i wyjściowej są wprost danymi wejściowymi i wynikowymi.

Ostatecznie po wykonaniu szeregu testów w fazie projektowej wybrano architekturę sieci z dwiema warstwami ukrytymi / przejściowymi /, 20 neuronami w pierwszej warstwie ukrytej i 6 neuronami w drugiej warstwie ukrytej oraz zastosowano sigmoidalną bipolarną funkcję aktywacji w warstwach ukrytych i funkcję liniową w warstwie wyjściowej. Do danych wejściowych biorących udział w optymalnym wyznaczeniu temperatury centralnego ogrzewania zalicza się 12 parametrów zarówno archiwalnych, średniokresowych jak i prognostycznych.

Forma algorytmu pozwala zoptymalizować pobór mocy cieplnej wpływając zarówno lokalnie jak i globalnie na poprawę gospodarowania ciepłem, ograniczenie zużycia ciepła przy podwyższeniu komfortu cieplnego u odbiorców, zmniejszenie negatywnego wpływu na środowisko naturalne (ograniczenie emisji spalin do atmosfery i zużycia paliwa do produkcji ciepła).

# Jak działa algorytm wdrożonego regulatora

## Warstwa wejściowa (dane wejściowe):

- $d_1$  - temperatura zewnętrzna, wartość uśredniona w okresie ostatnich 24h,
- $d_2$  - temperatura zewnętrzna, wartość średnia z ostatnich 3h,
- $d_3$  - temperatura zewnętrzna w słońcu, średnia z ostatnich 3h,
- $d_4$  - prędkość wiatru, średnia z ostatnich 3h,
- $d_5$  - temperatura zasilania instalacji wewnętrznej, średnia z ostatnich 3h,
- $d_6$  - temperatura powrotu c.o. u odbiorcy, średnia z ostatnich 3h,
- $d_7$  - moc c.o., średnia z ostatnich 3h,
- $d_8$  - temperatura wody sieciowej, średnia z ostatnich 3h,
- $d_9$  - temperatura zewnętrzna prognozowana za 24h,
- $d_{10}$  - temperatura prognozowana – prognoza średnia na najbliższe 3h,
- $d_{11}$  - prognoza zachmurzenia – prognoza średnia na najbliższe 3h, wartość 0-1,
- $d_{12}$  - prognoza prędkości wiatru – prognoza średnia na najbliższe 3h.

## Warstwa normalizacji początkowej:

$n_1 \dots n_{12}$  - wskaźniki początkowej normalizacji dla odpowiedniej danej wejściowej.

## Warstwa ukryta nr 1:

$f(u_1) \dots f(u_{20})$  - funkcje aktywacji dla wyników pośrednich w warstwie ukrytej nr 1

## Warstwa ukryta nr 2:

$f(v_1) \dots f(v_6)$  - funkcje aktywacji dla wyników pośrednich w warstwie ukrytej nr 2.

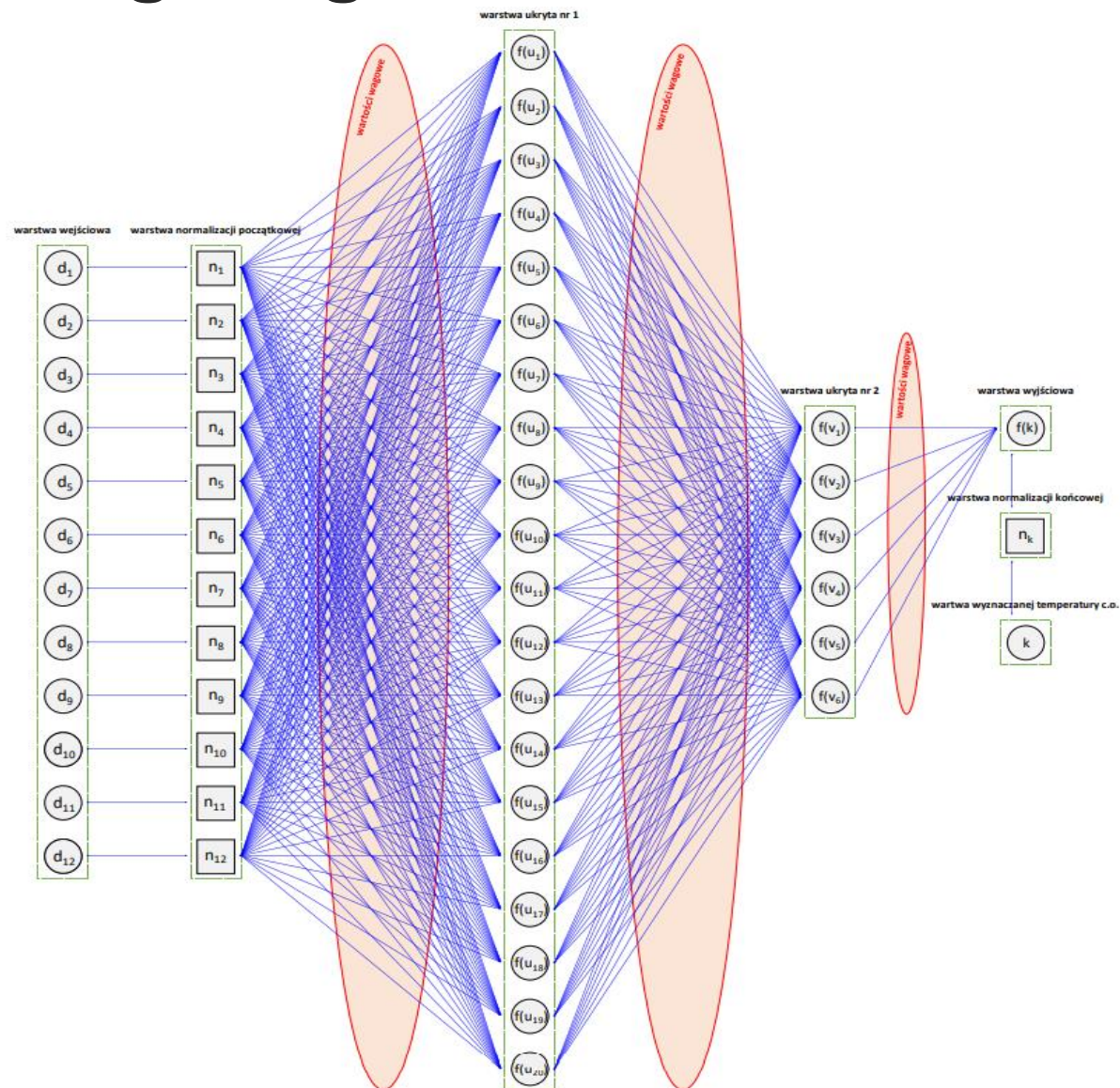
## Warstwa wyjściowa:

$f(k)$  - funkcja aktywacji dla wyniku końcowego.

## Warstwa normalizacji końcowej:

$n_k$  - wskaźnik końcowej normalizacji dla wyniku końcowego.

## Warstwa wyznaczonej temperatury c.o.:



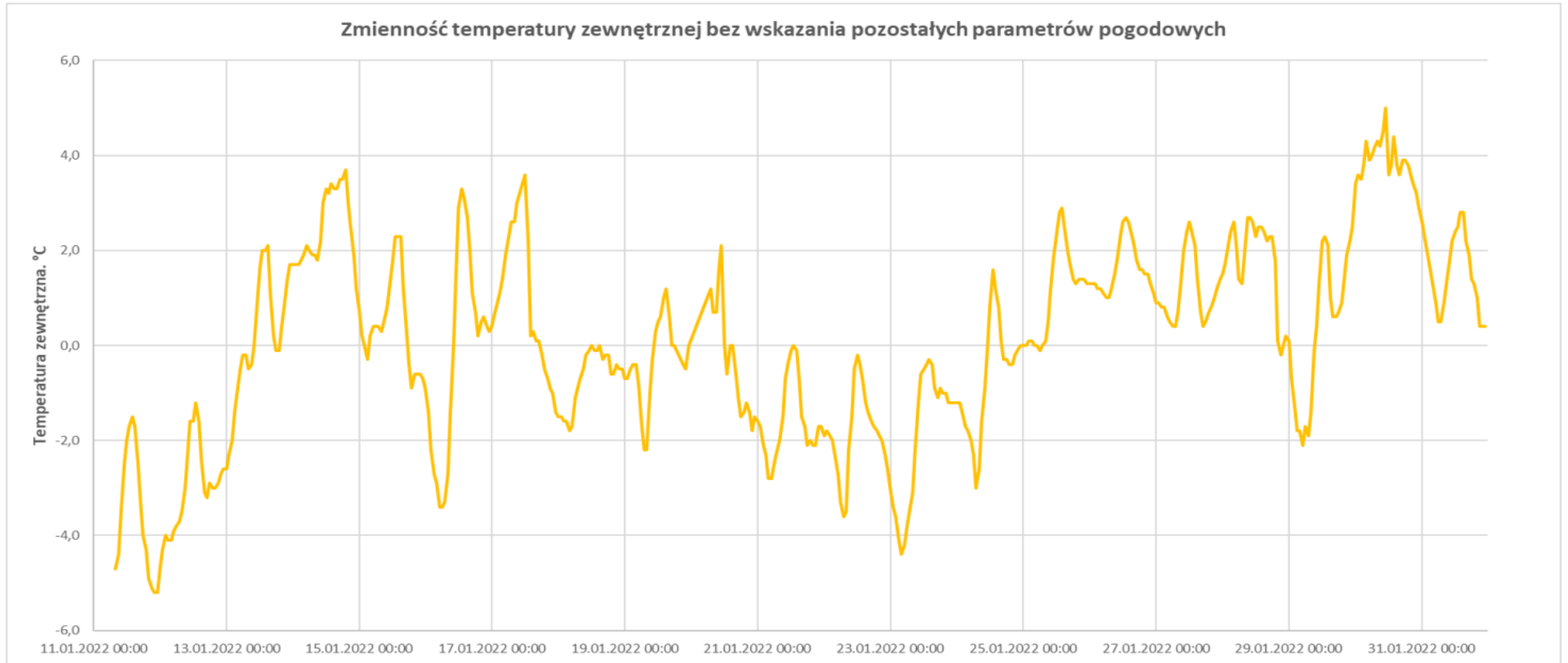
# Zarządzanie podażą ciepła

## Spodziewane korzyści wprowadzenia regulatora CO z algorytmem predykcyjnym

- Podniesienie efektywności zużycia ciepła u odbiorcy końcowego.
- Ograniczenie wahań przepływu sieciowego w msc.
- Ograniczenie zużycia ciepła przez odbiorcę końcowego.
- Zmniejszenie strat przesyłowych w msc.
- Ograniczenie kosztów produkcji ciepła w źródle ciepła.

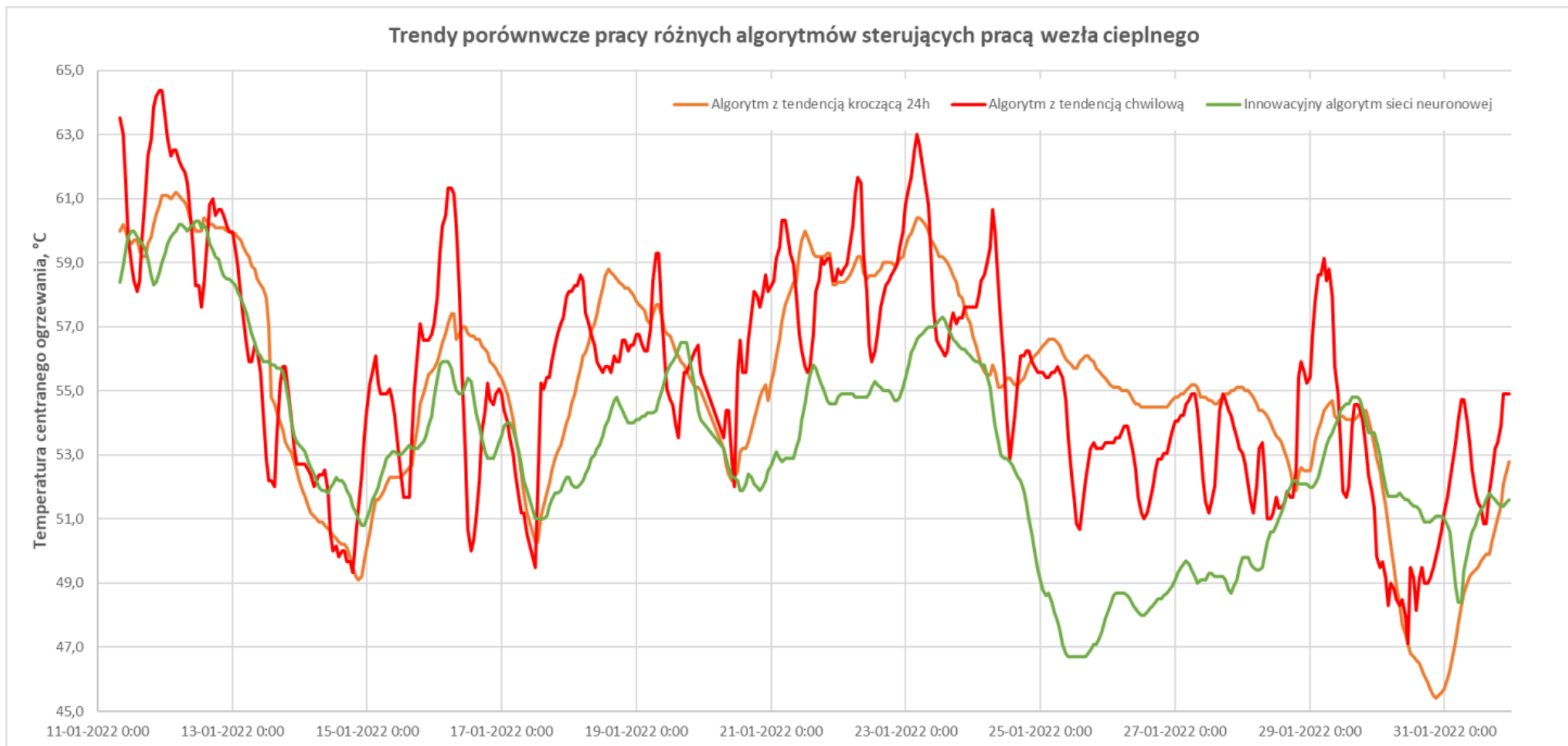


# Trend zmiany temperatury zewnętrznej





# Trendy pracy systemów sterowania



# Standardowa regulacja vs regulacja predykcyjna

## Charakterystyka pracy tradycyjnego algorytmu sterownia

- Regulacja od chwilowej temp zewnętrznej.
- Nadmiarowy pobór mocy grzewczej.
- Brak wiedzy na temat innych czynników wpływających na komfort cieplny odbiorcy.
- Brak współpracy z systemową miejską siecią pod względem wykorzystania akumulacji ciepła.

## Efekty pracy sterownia predykcyjnego

- Regulacja parametru grzewczego za pośrednictwem większej ilości danych (Tz to za mało).
- Wykorzystywanie potencjału akumulacji ciepła budynku.
- Korzystniejsza współpraca z msc.
- Wpływ na ograniczenia emisyjne systemu ciepłowniczego oraz podnoszenie efektywności energetycznego budynku.
- Obniżanie zużycia ciepła.



## Węzły ciepłne z wdrożonym regulatorem predykcynym:

- SWC – Oś. Obrońców Pokoju ul. Paderewskiego 116
- SWC – Oś. Kopernika ul. Centaura 7
- SWC – ul. Ordon 3a

## Indywidualne węzły ciepłne przygotowane do zabudowy:

- Rozproszona grupa SWC na ul. Obrońców Pokoju 50, ul. Obrońców Pokoju 1-3, 7-9, 13-17
- SWC przy Alei Majowej 4

cdn





**GLIWICE**  
Przyszłość jest tu.

# Dziękuję za uwagę

## Kontakt :

Grzegorz Zawierucha : Dyrektor ds. Technicznych  
Przedsiębiorstwo Energetyki Ciepłej –Gliwice Sp. z o.o.  
44-100 Gliwice ul. Królewskiej Tamy 135  
Telefon: +32 335 01 05  
Email: [office@pec-gliwice.pl](mailto:office@pec-gliwice.pl)

