



LowTEMP2.0

Pompy ciepła w ciepłownictwie część I

Adaptował i tłumaczył: Grzegorz MIZERA

IMP PAN, Gdańsk

Seminarium III: Na drodze do sieci ciepłowniczych 4-tej generacji



EUROPEAN
REGIONAL
DEVELOPMENT
FUND



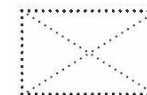
Pompy ciepła – część I

Prezydent Europejskiego Stowarzyszenia Pomp Ciepła **MARTIN FORSEN** z okazji otwarcia **IX Kongresu Polskiej Organizacji Rozwoju Technologii Pomp Ciepła (PORT PC)** który odbył się w dniu 17 czerwca 2021 roku pod hasłem „Pompy ciepła na fali renowacji” powiedział:

- Unia Europejska dąży do tego, aby do **2030** roku w Unii Europejskiej było użytkowane **50 mil. pomp ciepła**
- Obecnie zainstalowanych jest około **15 mil pomp ciepła**
- Wzrost ilości instalowanych pomp ciepła w ostatnich latach

2015 – 850 tys.

2020 – 1 600 tys.



Pompy ciepła – część I

Energy use in the European building sector



- **40 %** zużywanej w Unii Europejskiej energii jest zużywane w **budynkach mieszkalnych**
- **Za 37% emisji gazów cieplarnianych** są odpowiedzialne budynki mieszkalne.
- Obecnie używa się w Unii Europejskiej **120 mil.** urządzeń grzewczych z czego **70 milionów** to urządzenia stare i nieefektywne
- Wymiana całego ich zasobu zajmie około **25 lat.**

Pompy ciepła – część I

11 December 2019

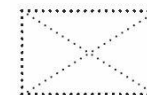


The European Green Deal

Europe to become the first climate neutral continent by 2050



- ZERO POLLUTION
- AFFORDABLE AND SECURE ENERGY
- SMARTER TRANSPORT
- HIGH QUALITY FOOD



(optional)
Partner
Logo



EUROPEAN
REGIONAL
DEVELOPMENT
FUND

Pompy ciepła – część I

Lipiec 2020 – Komisja EU opublikowała Europejska Strategię Integracji Systemów Energetycznych

European strategy for energy system integration



Circular economy

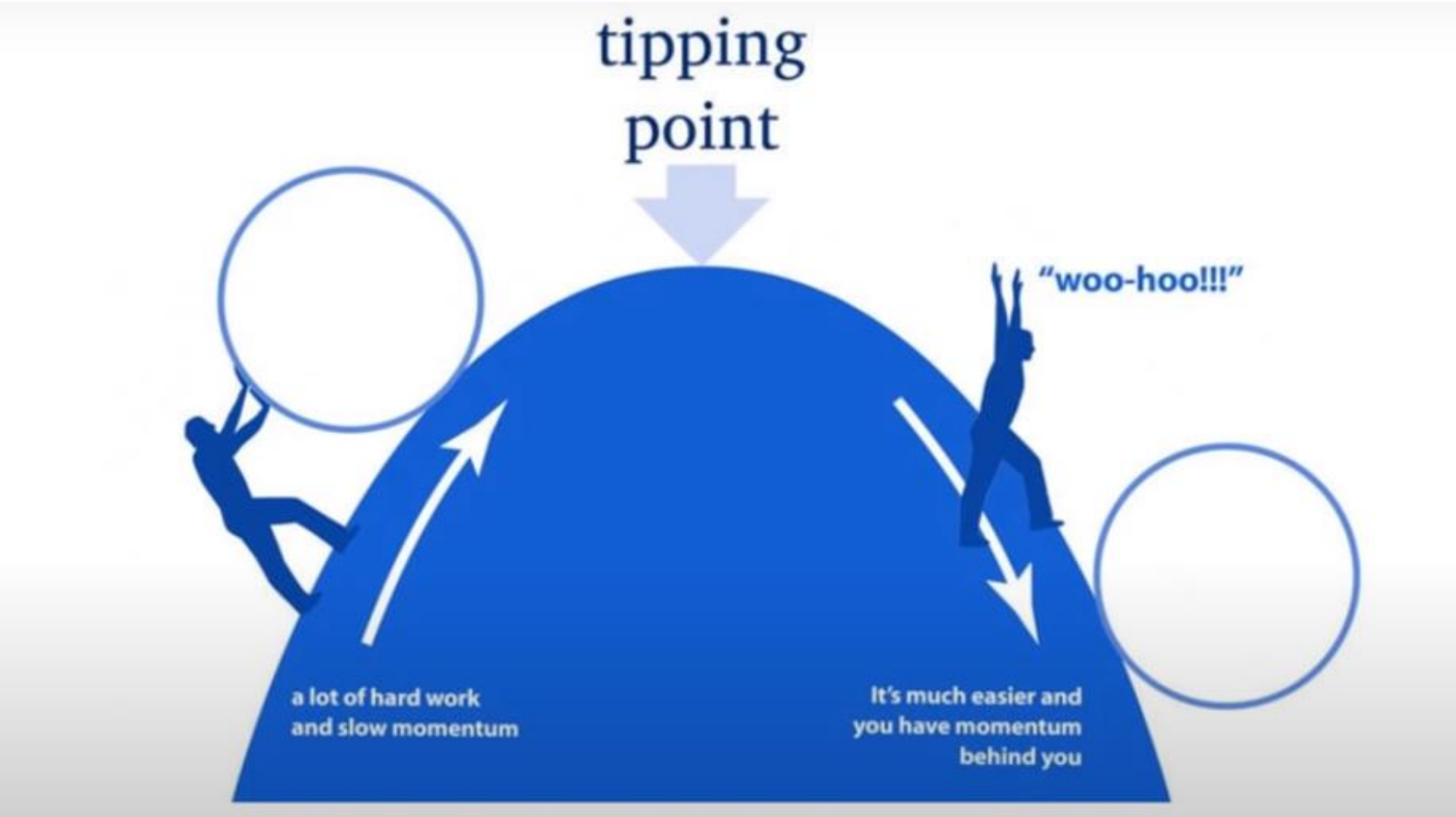
Electrification

*Extensive roll-out of heat pumps
The share of electric based heat expected to become
40% by 2030 and 50-70% by 2050*

Buildings








Energy flexibility

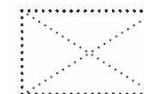
Pompy ciepła – część I





Pompy ciepła – część I

	<i>Norway: Complete ban on the use of heating oil since 2020</i>	
	<i>Denmark: New construction Ban on heating oil since 2013 gas</i>	<i>Existing buildings Ban on oil since 2016 in areas with DH or</i>
	<i>Germany: Ban on oil and gas in new construction from 2026</i>	
	<i>Switzerland: New construction Zero emissions by 2023 decreasing)</i>	<i>Existing buildings From 2023 20 kg CO_{2eq}/m² (gradually</i>
	<i>Austria: New construction Oil banned 2020, gas 2025</i>	<i>Existing buildings From 2021 ban on replacement of oil boilers</i>
	<i>The Netherlands: New construction Ban from 2018</i>	<i>Existing buildings No bans announced yet</i>
	<i>France: New construction Indirect ban on fossil fuels from 2022 (RE-2020)</i>	<i>Existing buildings Ban on replacement of oil boilers from 2022</i>



Pompy ciepła – część I

European countries subsidising heat pumps

- Austria
- Belgium
- Croatia
- Czech Republic
- Denmark
- France
- Germany
- Ireland
- Italy
- Lithuania
- Norway
- Poland
- Portugal
- Slovakia
- Spain
- Switzerland
- The Netherlands
- The United Kingdom



Pompy ciepła – część I

LISTOPAD
2020



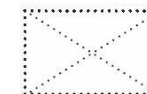
Boris Johnson 10 point climate plan

7. Homes and public buildings: Making our homes, schools and hospitals greener, warmer and more energy efficient, whilst creating 50,000 jobs by 2030, and a target to install 600,000 heat pumps every year by 2028.



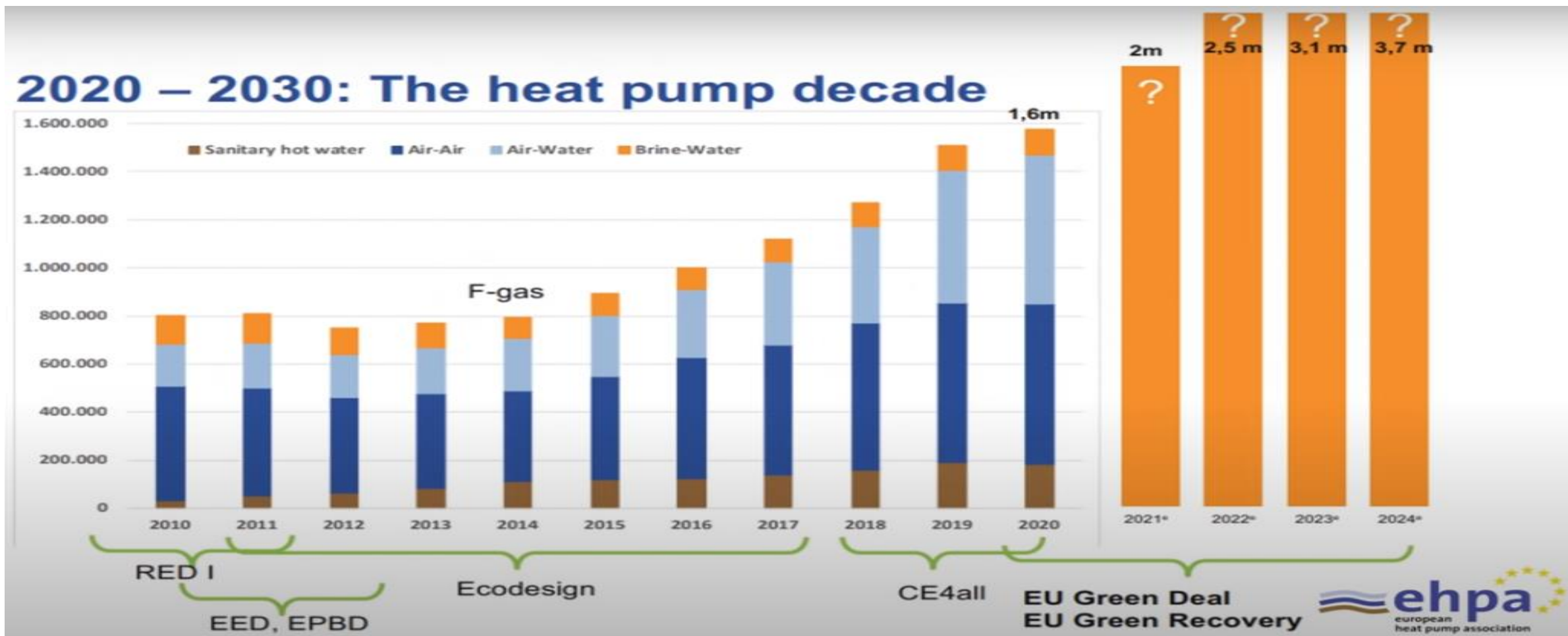
We want to open the market of homes not on the gas grid to heat pumps or other clean energy alternatives, representing some 50,000 to 70,000 installations a year.¹⁶¹ We will therefore consult in early 2021 over new regulations to phase out fossil fuels in off-grid homes, businesses and public buildings, including a backstop date for the use of any remaining fossil fuel heating systems.

Reducing emissions from buildings will require an annual market for heat pumps by 2028 at least 20 times the size of today's market, a scale which can help realise the economic benefits of a domestic supply chain. We will work with equipment manufacturers, wholesalers and installers to ramp up supply chain capacity and reduced technology and installation costs. In early 2021, we will consult on policy approaches to underpin the development of the UK heat pump market, including voluntary up-take by consumers in current on-gas-grid homes.





Pompy ciepła – część I



(optional)
Partner
Logo



EUROPEAN
REGIONAL
DEVELOPMENT
FUND

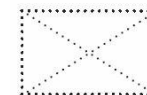


LowTEMP2.0

Pompy ciepła – część I

Prezydent EPHA MARTIN FORSEN
zakończył swoje wystąpienie hasłem

Time to pick up speed



(optional)
Partner
Logo

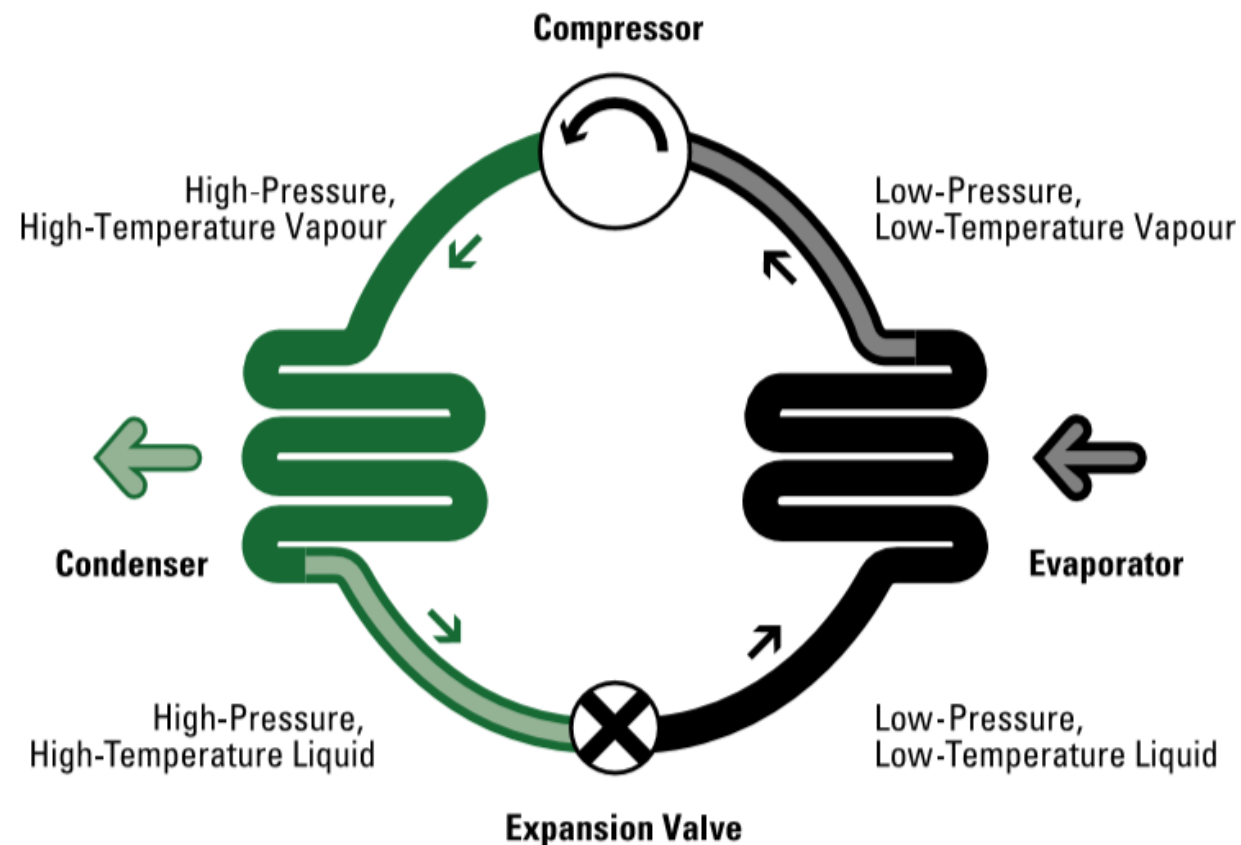


EUROPEAN
REGIONAL
DEVELOPMENT
FUND

Pompy ciepła - Wprowadzenie

Jak zbudowana jest pompa ciepła ? – powoduje przepływ ciepła wbrew naturalnemu zjawisku przepływu ciepła kosztem włożonej pracy (z zimnego do ciepłego !)

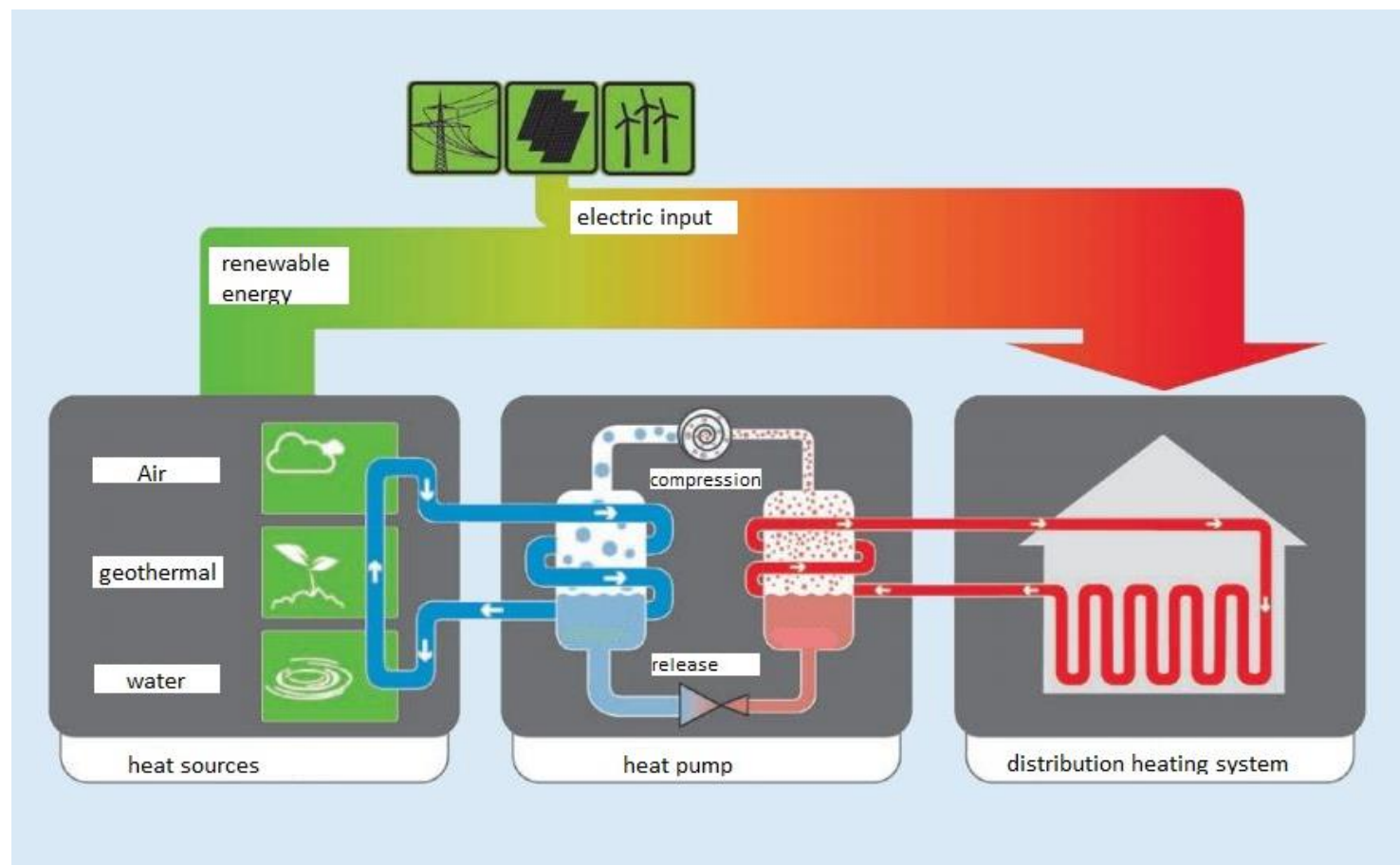
- **PAROWNIK (Evaporator)**
Pozyskiwanie ciepła z dolnego źródła w procesie odparowania ciekłego czynnika chłodniczego.
- **SPRĘŻARKA (Compressor)**
Sprężanie gazu - kosztem dostarczonej energii.
- **SKRAPLACZ (Condensor)**
Przekazanie ciepła do układu grzewczego w procesie kondensacji gazowego czynnika chłodniczego.
- **ZAWÓR ROZPRĘŻNY (Expansion Valve),**
Dozowanie i rozprężanie ciekłego czynnika.



Pompy ciepła - Wprowadzenie

Pompy ciepła a energia odnawialna

- Pompy ciepła mogą być używane w **połączeniu z energią odnawialną**, aby pokryć zapotrzebowanie elektryczne.
- Źródłami ciepła dla pompy ciepłej mogą być **źródła odnawialne** (powietrze, energia geotermalna lub woda) lub energia odpadowa .
- Pompy ciepła mogą pokryć **całe obciążenie cieplne energią odnawialną** przy **bardzo niskiej emisji CO₂**



Pompy ciepła - Wprowadzenie

Typy pomp ciepła ze względu na dolne źródło.

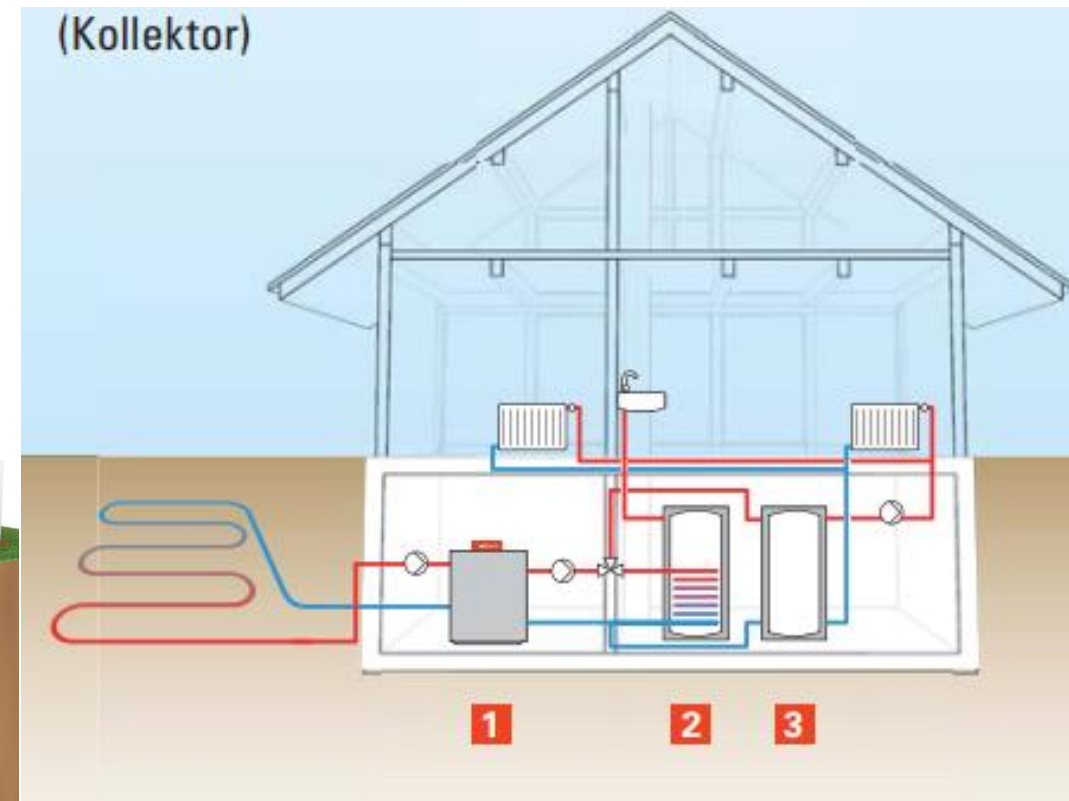
- Pompa ciepła typu ziemia -woda
Ziemia jako źródło ciepła
- Pompa ciepła powietrze/woda , powietrze/powietrze
Powietrzne jako źródło ciepła
- Pompa ciepła woda/woda
Woda gruntowa jako źródło ciepła
- Hybrydowe pompy ciepła
„Duel-fuel-Systems”



Pompy ciepła - gruntowe

POMPA CIEPŁA ZIEMIA / WODA - PŁYTKIE

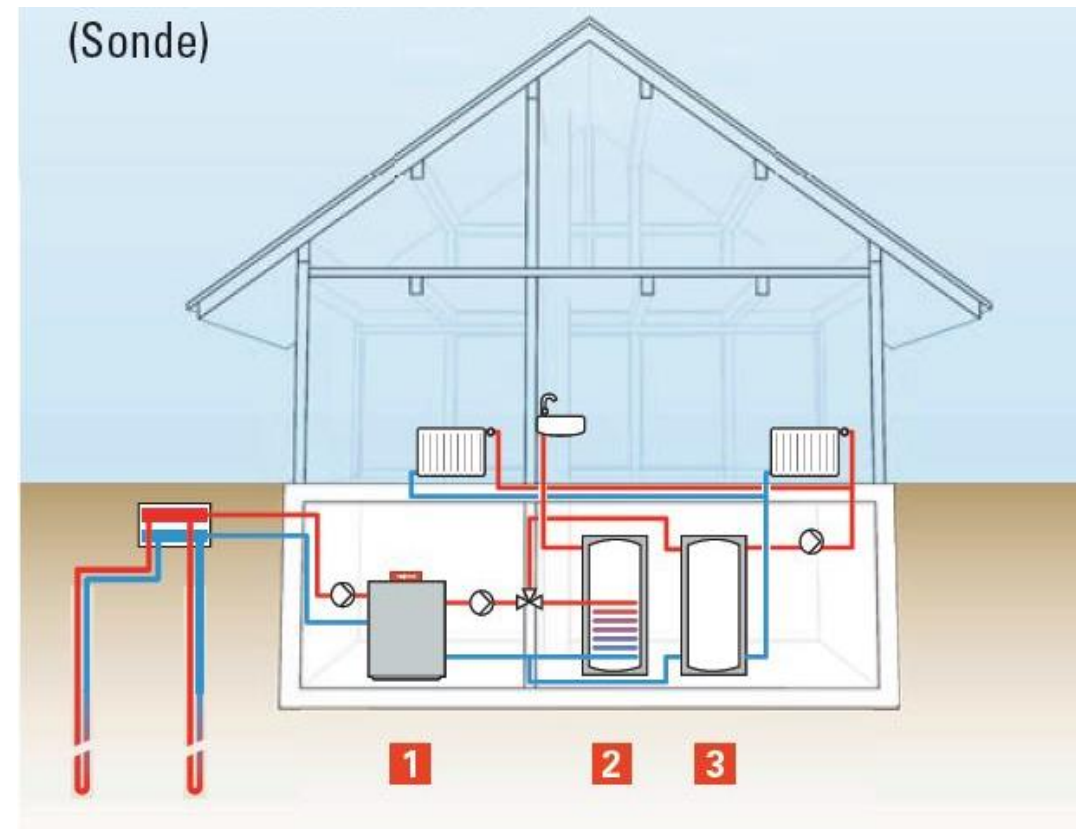
- Kolektory geotermalne to przeważnie **pętle** wykonane z rur z odpowiedniego tworzywa o **długości około 100 m**.
- Kolektory poziome są instalowane na głębokości **>1,5m**
- Dolne źródło w postaci **rury meandrujących lub koszy geotermalnych**
- **Nie jest wymagane wiercenie**



Pompy ciepła - gruntowe

POMPY CIEPŁA ZIEMIA / WODA z sondami pionowymi

- Kolektory geotermalne są pionowe (jako odwierty) wykonane przez **specjalistyczną firmę za zgodą lokalnych władz.**
- **Nie wszędzie można wykonać takie odwierty**
- Korzystają z ciepła geotermalnego na głębokości od 5 m do 100 m, a nawet więcej.
- Nośnik ciepła stosowany w obwodzie dolnego źródła to płyn niezamarzający.



Pompy ciepła - Powietrzne

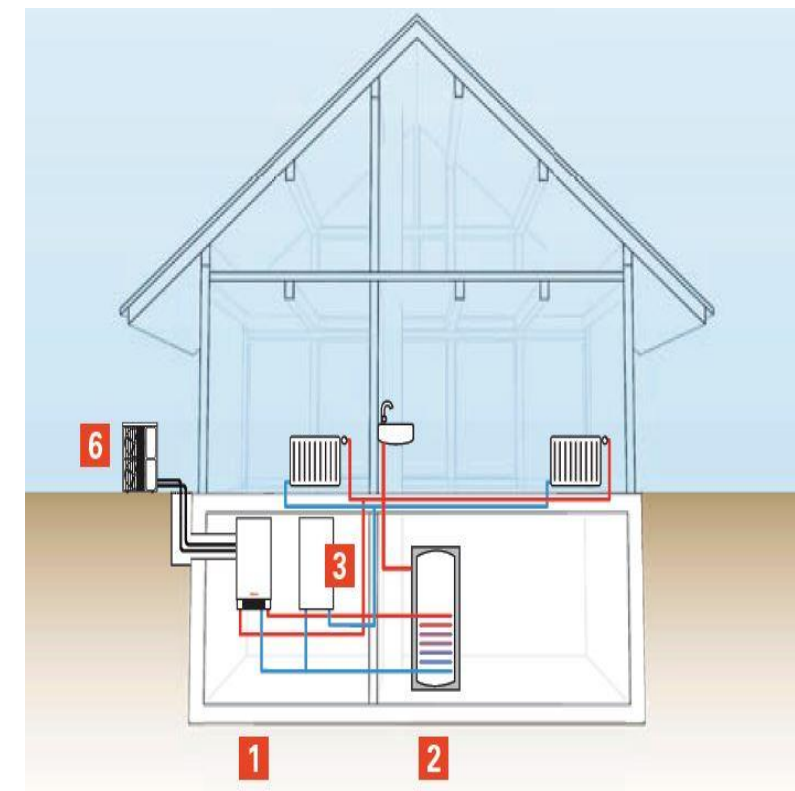
Pompa ciepła powietrze-woda

Pozyskuje energię cieplną z **powietrza zewnętrznego** i przekazuje ją do systemu grzewczego budynków.

System podlega **dużym wahaniom temperatury**, w zależności od stref klimatycznych.

Może nie być w stanie wytworzyć wystarczającej ilości ciepła podczas **niskich temperatur zewnętrznych**.

Systemy podwójne.

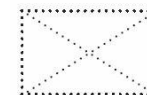




Pompy ciepła - powietrzne

Projektowanie i planowanie zastosowania pomp powietrze – woda.

- Do przepływu powietrza przez parownik używa się **wentylatora** . Jest on źródłem **hałasu** oraz powoduje **zanieczyszczanie parownika** i spadek wydajności pompy ciepła. Fakty te trzeba uwzględnić przy podejmowaniu decyzji o jej użyciu.
- Ze względu na **duże wahania temperatury powietrza** pompa ciepła wspomagana jest podczas pracy przy niskich temperaturach **grzałką elektryczną** , bądź **innym źródłem ciepła**.
- Ogrzewanie powietrzną pompą ciepłą powinno być tak zaprojektowane by zapewnić zapotrzebowanie na ogrzewanie do temperatur-zewnętrznych do **-10.C** . Powinno to zabezpieczyć **85 – 90 %** czasu sezonu grzewczego.

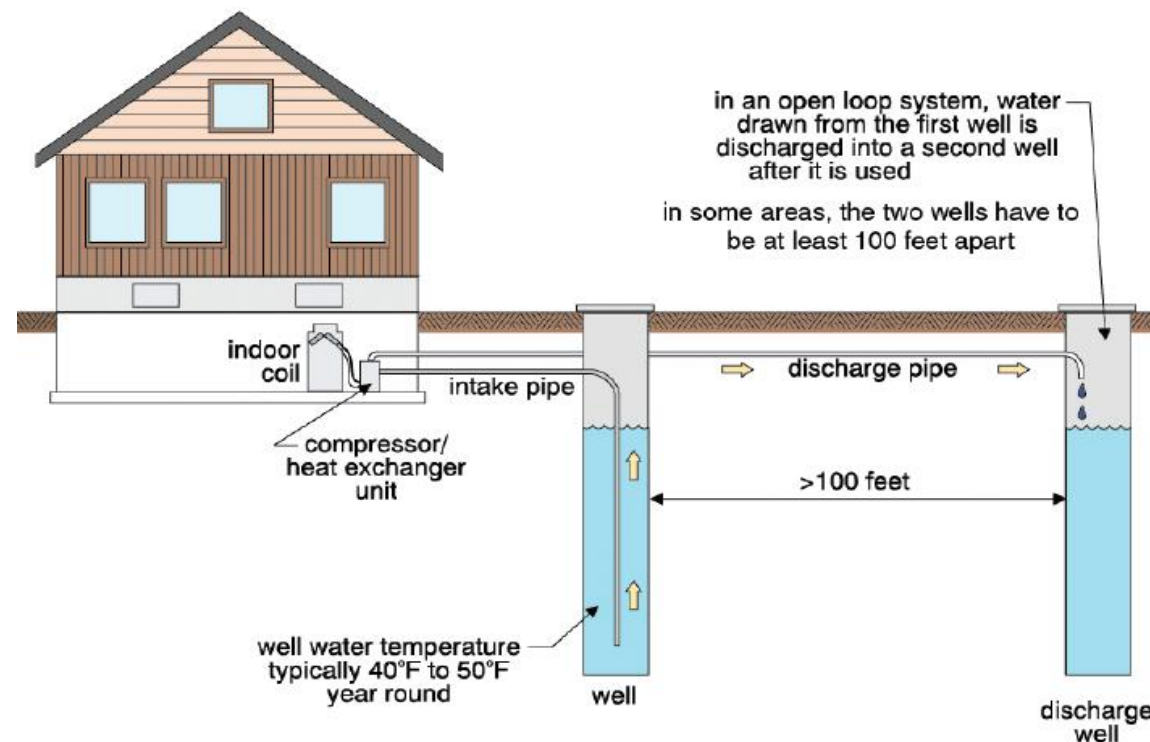


Pompy ciepła - woda - woda

Pompa ciepła woda-woda

- Wykorzystuje **temperaturę wody gruntowej** przy powierzchni jako dolne źródło energii cieplnej.
- Tylko **niewielkie wahania sezonowe** – stała moc grzewcza.
- Praca jako system z **otwartą pętlą** z dwoma studniami.
- Pompa studzienna są instalowane do pompowania wody z głębokości do **20 m**.
- Wydajność zależy od **temperatury** wód gruntowych.

Water source heat pump - open loop system (well based)

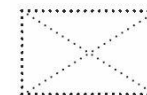




Pompy ciepła - wodne

Projektowanie i planowanie

- **Głębokość** wód gruntowych jest szczególnie ważna dla ekonomiczności pompy ciepła.
- Pompy ciepła woda-woda są dobrym rozwiązaniem, jeśli studnia wody gruntowej jest **już na miejscu!**
- Studnie muszą być wykonane przez **specjalistyczną firmę**, stosowanie tego systemu musi być zatwierdzone zgodnie z ustawą o zasobach wodnych.
- Maksymalne wahania temperatury nie powinny przekraczać **6 K**.
- Należy wziąć pod uwagę **skład chemiczny wody**.
- Występuje ryzyko **korozji i osadów** na rurach i elementach instalacji.
- Płyty ze **stali nierdzewnej** są korzystniejsze od zwykłych płyt miedzianych – unikanie uszkodzeń.

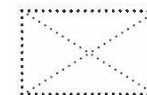




Pompy ciepła - Hybrydowe

Hybrydowa pompa ciepła

- System pompy ciepła połączony z innym nieodnawialnym źródłem ciepła, najczęściej **kotłami gazowymi** system podwójnego paliwa.
- Zwykle stosowany w **istniejących budynkach z już istniejącym systemem tradycyjnym**.
- Jednostka **sterująca** monitoruje i zarządza działaniem oraz przełącza między systemami w celu inteligentnego wykorzystania. Uwzględnia nawet takie aspekty, **jak cena rynkowa energii z sieci**.
- Elastyczność i wydajność niezależnie od **temperatur zewnętrznych**.
- Wada: **paliwa kopalne** są częścią systemu – np. piec gazowy.
- Znacznie **wyższa emisja CO₂** niż w przypadku innych systemów pomp ciepła.

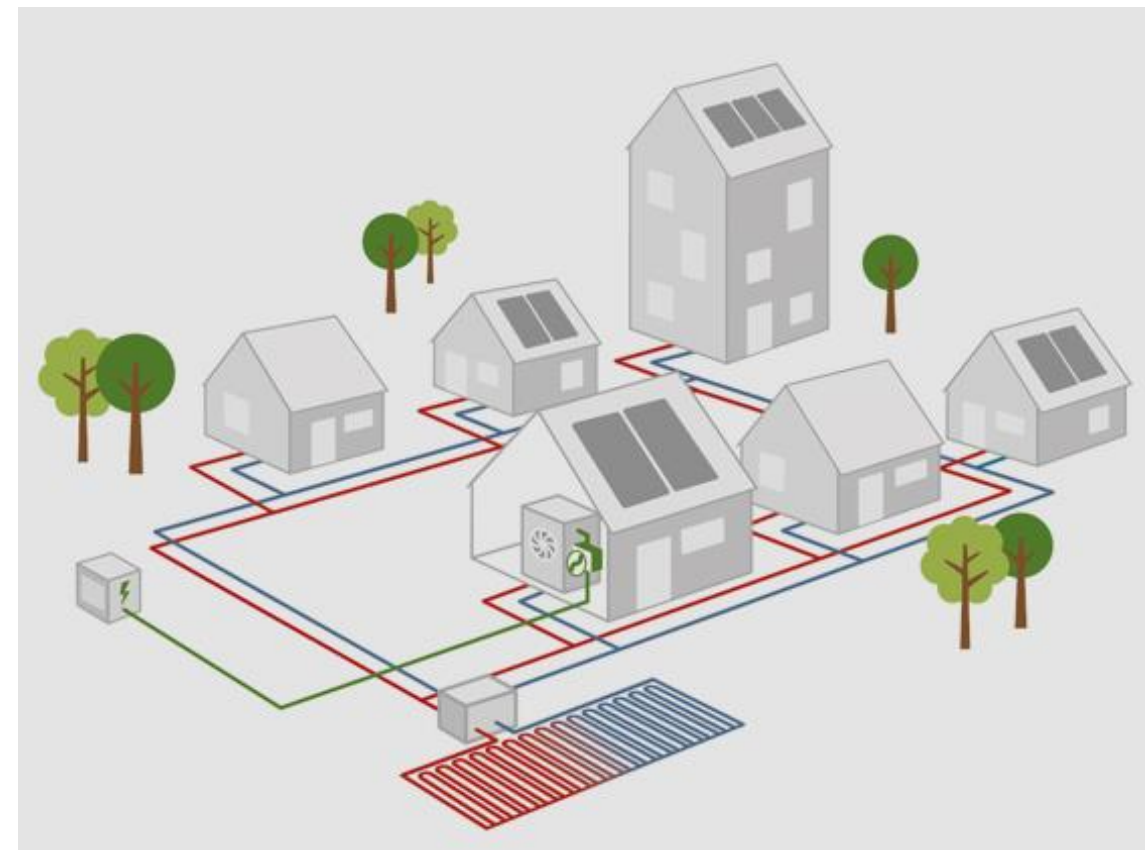


Pompy ciepła - współpracujące z zimną siecią

Zimne sieci ciepłownicze

- Zimne lokalne sieci ciepłownicze pracują w niskich temperaturach od 8 do 20 °C. **Woda gruntowa jest rozprowadzana do odbiorców za pośrednictwem nieizolowanej zimnej sieci grzewczej i jest wykorzystywana do obsługi zdecentralizowanych pomp ciepła.**
- Zalety zimnego ogrzewania lokalnego:
 - **mniejsze straty dystrybucji ciepła ?**
 - możliwość zastosowania **tańszych materiałów**
 - możliwy transport na **większe odległości.**

Propozycja dla nowych terenów budowlanych





Pompy ciepła

Wydajność pompy ciepła

Do oceny pomp ciepła służy współczynnik efektywności wydajności - COP jest określany w stałych warunkach testowych np. A7/W35; B0/W35) i jest zdefiniowany w następujący sposób zgodnie z normą PN EN 14511:

$$\text{COP} = Q / N_e \quad [1]$$

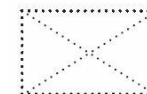
Gdzie : Q [kW] – wydajność cieplna

N_e [kW] – pobór energii elektrycznej

COP pomp z wodą jako źródłem dolnym około **5**

COP pomp z gruntem jako źródłem dolnym około **4**

COP pomp z powietrzem jako źródłem dolnym około **3**



Pompy ciepła

- **Pompa ciepła do odzysku ciepła** zawartego w **ściekach** poprzez odpowiedni wymiennik ciepła
Wykorzystując ciepło ścieków, można uniknąć 75 procent śladu węglowego przy ogrzewaniu i przygotowaniu ciepłej wody
- Innowacyjna technologia produkcji ciepła przy pomocy : **absorpcyjnych pomp ciepła**



Waste water heat exchanger Source: Hamburg Wasser [9]



Pompy ciepła

Zalety pomp ciepła

- Jeśli dostępne jest dolne źródło ciepła o **wysokich** temperaturach i można do niego uzyskać ekonomiczny dostęp, inwestycja szybko się zwróci.
- Szczególnie w połączeniu z **systemami fotowoltaicznymi i magazynowaniem energii elektrycznej lub cieplnej**.
- Funkcja **grzania i chłodzenia**.
- Bardziej **elastyczna** w porównaniu do konwencjonalnego systemu grzewczego.

Wady i zalety pomp ciepła

- Stosunkowo **wysokie koszty inwestycji** . Koszty zależą od różnych czynników (np. otoczenie środowiskowe) duże nakłady na roboty ziemne.
- Jeśli pompa ciepła nie jest połączona z systemem fotowoltaicznym, zależy to od **ceny energii elektrycznej** ustalonej przez rynek.
- **Pompy ciepła powietrzne** mają charakterystykę wydajności **odwrotnie proporcjonalną** do charakterystyki obciążenia cieplnego budynku w funkcji temperatury zewnętrznej.



Modernizacja PRESIKHAAF - Arnhem (Holandia)

PRZYKŁAD REALIZACJI WYMIANY OGRZEWANIA GAZOWEGO NA OGRZEWANIA PC.

- Wykonania **modernizacji** (na budynki **zero energetyczne**) 96 domów jednorodzinnych w Arnhem (Holandia). Domy zbudowane w latach pięćdziesiątych jako piętrowe szeregowce (8 x 12) .





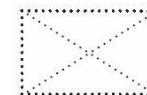
LowTEMP2.0

Modernizacja PRESIKHAAF - Arnhem (Holandia)

PRZYKŁAD REALIZACJI WYMIANY OGRZEWANIA GAZOWEGO NA OGRZEWANIA PC.

Wykonania modernizacji (na budynki zero energetyczne) 96 domów jednorodzinnych .

Domy zbudowane w latach pięćdziesiątych jako piętrowe szeregowce (8 x 12) .





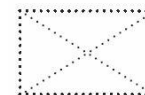
Modernizacja PRESIKHAAF - Arnhem (Holandia)

Zakres wykonanych prac :

- Wykonano **izolację** przegród budowlanych.
- Na dachu zainstalowano 35 **paneli fotowoltaicznych** o mocy **10 kW**.
- Do **ogrzewania i ciepłej wody** – zainstalowano powietrzną pompę ciepłą o mocy 1,5 – 8 kW.
- Przy temperaturze poniżej -12 .C ogrzewanie **grzałkami elektrycznymi**.
- Moduły modernizacyjne zawierają system **wentylacyjny** .

Domy te są praktycznie zero energetyczne. Koszt modernizacji jednego domu 50 000 Euro.

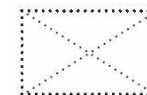
Zalety : nie ingerowano praktycznie w mieszkanie, serwis bez wchodzenia do mieszkań.





Pompy ciepła – Czynnik chłodniczy

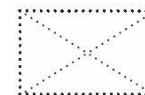
- Omawiane pompy ciepła zawierają syntetyczne czynniki chłodnicze .
- Cynniki syntetyczne zawierające chlor (CFC i HCFC) zostały wycofane ze względu na zubożanie przez nie warstwy ozonowej .
- Obecnie stosowane syntetyczne czynniki chłodnicze to czynniki z grupy HFC nieszkodliwe dla warstwy ozonowej, ale zawarte w nich fluorowe związki po uwolnieniu przyczyniają się do efektu cieplarnianego.
- Każdemu 1 kg syntetycznego czynnika chłodniczego przyporządkowany jest równoważnik GWP (w kilogramach CO₂).





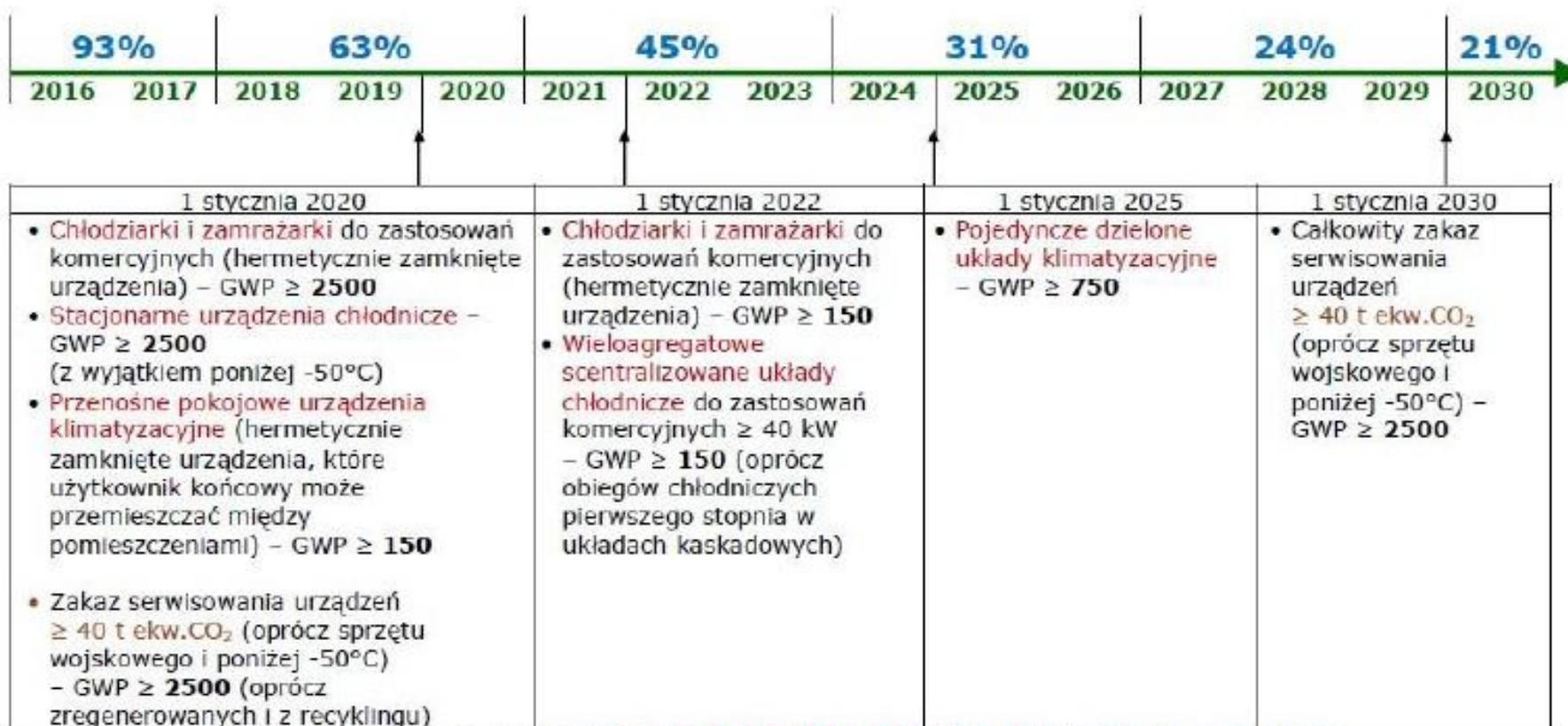
Pompy ciepła – Czynnik chłodniczy

- Przepisy UE - Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady Nr 517/2014 w sprawie wycofywania fluorowanych gazów cieplarnianych.
- Mechanizmy :
 - Zniechęcanie poprzez okresowe kontrole i wypełnianie oraz prowadzenie dokumentacji podczas eksploatacji urządzenia chłodniczego przez certyfikowany personel z certyfikowanych firm ,
 - Ograniczenia ilościowe czynnika HFC na rynku unijnym.
 - Zakaz sprowadzania nowych urządzeń o zakazanej charakterystyce czynnika HFC.
 - Wdrażanie harmonogramu zakazu stosowania czynników chłodniczych w nowych konstrukcjach pomp ciepłych.



Pompy ciepła – Czynniki chłodniczy

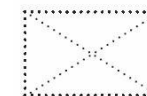
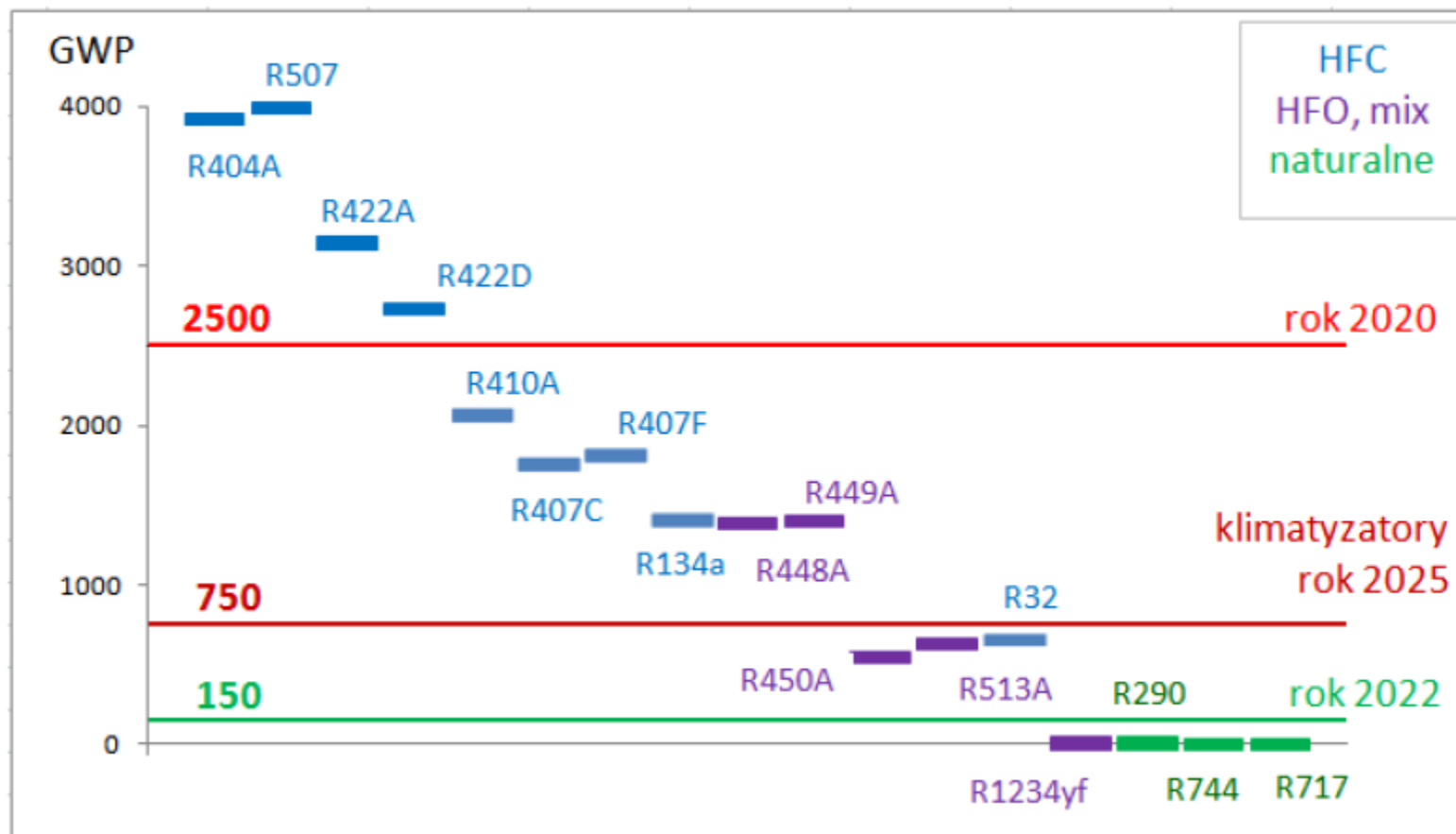
KONTYNGENTY HFC względem 2015:



ZAKAZY DOTYCZĄCE WPROWADZANIA DO OBROTU I SERWISOWANIA urządzeń zawierających HFC



Pompy ciepła – Czynnik chłodniczy

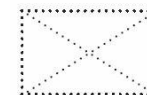




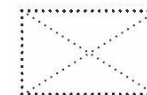
Pompy ciepła - Uwaga końcowa

Uwaga końcowa:

1. Praktyką związaną ze stosowaniem pomp ciepłych jest ich **współpraca** w okresach niskich temperatur z innymi źródłami ciepła (system biwalentny)
2. Stosowanie tanich **powietrznych pomp ciepła** wrażliwych na spadek temperatur zewnętrznych wymusza stosowanie **dodatkowego wydajnego** źródła ciepła na krótki okres czasu podczas **silnych mrozów**.
3. W okresach **maksymalnego zapotrzebowania elektryczności na cele grzewcze** występuje **okres minimalnej produkcji elektrycznej z paneli fotowoltaicznych**.
4. Powyższa sytuacja wymaga zapewnienia **dużej mocy zasilania elektrycznego** dla wszystkich budynków wyposażonych w układ grzewczy z powietrznymi **pompami ciepła**.
5. Alternatywa jest praca pomp ciepłych w okresach maksymalnego zapotrzebowania na ciepło z **alternatywnym** dolnym źródłem ciepła o stosunkowo **wysokiej temperaturze** ale ograniczonej wydajności (np. indywidualne zbiorniki z **wodą** np. deszczową).



Dziękuję za uwagę



(optional)
Partner
Logo



EUROPEAN
REGIONAL
DEVELOPMENT
FUND



Pompy ciepła - Fakty

Fakty z dziedziny termodynamiki:

- Ciepło przepływa samoistnie od ciała o wyższej temperaturze do ciała o niższej temperaturze. Ogrzewać może tylko ciało o wyższej temperaturze, Chłodzić ciało o niższej temperaturze.
- Podczas przemiany fazowej (ciecz->parę, para -> ciecz) czynnik chłodniczy pochłania/ oddaje dużą ilość ciepła (tzw. ciepło parowania , ciepło skraplania).
Jeżeli na ogrzanie wody od temperatury 0.C do 100 .C potrzeba jedną jednostkę ciepła to do jej odparowania 6 jednostek.
- Temperatura parowania/ skraplania (tzw. przemiany fazowej) zależy od ciśnienia .

