

RAPORT

**Identyfikacja potencjału zmiany koszyka energetycznego,
ograniczeń i potrzeb na terenie
wysp Uznam i Wolin**

Badania terenowe wód powierzchniowych (BT3)

**Potencjał wykorzystania wód powierzchniowych na potrzeby
ogrzewnictwa i chłodnictwa**

Szczecin, luty 2022 r.

Identyfikacja potencjału zmiany koszyka energetycznego, ograniczeń i potrzeb na terenie wysp Uznam i Wolin – Badania terenowe wód powierzchniowych (BT3) – Potencjał wykorzystania wód powierzchniowych na potrzeby chłodnictwa – Raport

został opracowany przez:

zespół Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie we współpracy z partnerem stowarzyszonym Uniwersytetem Szczecińskim

Zespół terenowy

- dr inż. Wojciech Tuchowski, WTMiT ZUT
- dr hab. inż. Piotr Nikończuk, WTMiT ZUT, prof. ZUT
- dr inż., mgr inż. arch. Karolina Kurtz-Orecka, WBiŚ ZUT
- dr Tomasz Olechwir, SM US

Zespół laboratoryjny

- dr hab. inż. Anna Głowcka, porf. ZUT, WBiŚ ZUT
- dr inż. Jacek Mazur, WBiŚ ZUT
- mgr inż. Grażyna Kwaśniewska, WBiŚ ZUT
- mgr inż. Dominika Dudek, WBiŚ ZUT

Raport opracowali

- dr inż., mgr inż. arch. Karolina Kurtz-Orecka, WBiŚ ZUT
- dr inż. Wojciech Tuchowski, WTMiT ZUT
- dr inż. Jacek Mazur, WBiŚ ZUT
- dr hab. inż. Piotr Nikończuk, WTMiT ZUT, prof. ZUT
- dr Cyprian Seul, WBiŚ ZUT
- mgr inż. Bartosz Bogusławski, WBiŚ ZUT

Projekt jest dofinansowany w ramach Programu Współpracy Interreg V A Meklemburgia-Pomorze Przednie / Brandenburgia / Polska, ze środków Europejskiego Funduszy Rozwoju Regionalnego (EFRR).

Praca naukowa wykonana w ramach projektu międzynarodowego współfinansowanego ze środków programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pn. "PMW" w latach 2021-2022; umowa nr 5195/INTERREG V A MV/BB/PL/2021/2.

Spis treści

1. Wprowadzenie	5
2. Charakterystyka obszaru MoRE.....	6
3. Przedmiot, cel, zakres, obszar i metodyka badań	10
4. Budowa geologiczna.....	10
4.1. Paleozoik.....	11
4.2. Mezozoik	13
4.3. Kenozoik (trzeciorzęd – czwartorzęd)	16
5. Zasoby wód podziemnych na terenie obszaru MoRE	17
6. Potencjał energetyczny wód podziemnych obszaru MoRE.....	18
7. Potencjał energetycznego wykorzystania wód powierzchniowych obszaru MoRE	20
7.1. Obszar badań oraz lokalizacja badań pilotażowych	22
7.2. Metodyka realizacji badań wód powierzchniowych	27
7.3. Wyniki pomiarów właściwości fizyko-chemicznych wody na obszarze MoRE – okres ciepły	32
7.4. Wyniki pomiarów właściwości fizyko-chemicznych wody na obszarze MoRE – okres zimowy	42
8. Możliwości wykorzystania wody jako źródła chłodu i ciepła dla pomp ciepła – podsumowanie	51
Bibliografia.....	57

1. Wprowadzenie

Pompy ciepła to urządzenia, które umożliwiają efektywne wykorzystanie niskotemperaturowej energii zakumulowanej m.in. w gruncie, powietrzu czy wodzie, stanowiących naturalne źródła ciepła, które w ogólnym rozumieniu nie ulegną wyczerpaniu. Pompy ciepła mają zastosowanie w systemach ogrzewania, klimatyzacji oraz przygotowania ciepłej wody użytkowej i coraz częściej przystosowywane są do wykorzystywania jako dolnego źródła alternatywnych źródeł ciepła takich, jak ścieki komunalne, powietrze usuwane z pomieszczeń klimatyzowanych, wody pochłonicze. Urządzenia te cechują się dużą niezawodnością działania, zapewniają wysoki komfort użytkowania, praktycznie nie wymagają obsługi. W trakcie ich eksploatacji nie występuje zagrożenie pożarowe, jak może mieć to miejsce w przypadku konwencjonalnych źródeł ciepła, np. w przypadku kotłów gazowych, węglowych, ogrzewania elektrycznego. Cechy te sprawiają, że na terenie Unii Europejskiej, jak na świecie obserwuje się rokroczny wzrost sprzedaży pomp ciepła. Tak duże zainteresowanie dodatkowo pobudza gospodarkę oraz ośrodki naukowe, które pracują głównie nad poprawieniem efektywności energetycznej i zwiększeniem obszaru zastosowań pomp ciepła.

Pompy ciepła stanowią alternatywę dla tradycyjnych urządzeń grzewczych oraz chłodniczych. Z powodzeniem można je stosować w klimacie charakterystycznym dla terenu Południowego Bałtyku, w okresie letnim jako urządzenia klimatyzacyjne oraz w okresie zimowym jako urządzenia dostarczające ciepło.

Niniejszy raport związany jest z identyfikacją potencjału zmiany koszyka energetycznego wysp Uznam i Wolin, oraz ograniczeń i potrzeb na obszarze projektu MoRE. Podejmuje bezpośrednio tematykę uwarunkowań geologicznych obszaru MoRE w kontekście energetycznego wykorzystania wód podziemnych oraz potencjału wykorzystania wód powierzchniowych na potrzeby zaspokajania w budynkach komfortu termicznego i dotyczy możliwości aplikacyjnych wodnych pomp ciepła na przedmiotowym terenie.

2. Charakterystyka obszaru MoRE

Teren ujścia Odry do Bałtyku obejmuje ok. 40 wysp polsko-niemieckiego pogranicza, stanowiących południowy brzeg Zatoki Pomorskiej. Największe z nich to wyspa Uznam o powierzchni 445 km² oraz wyspa Wolin zajmującą powierzchnię 265 km².

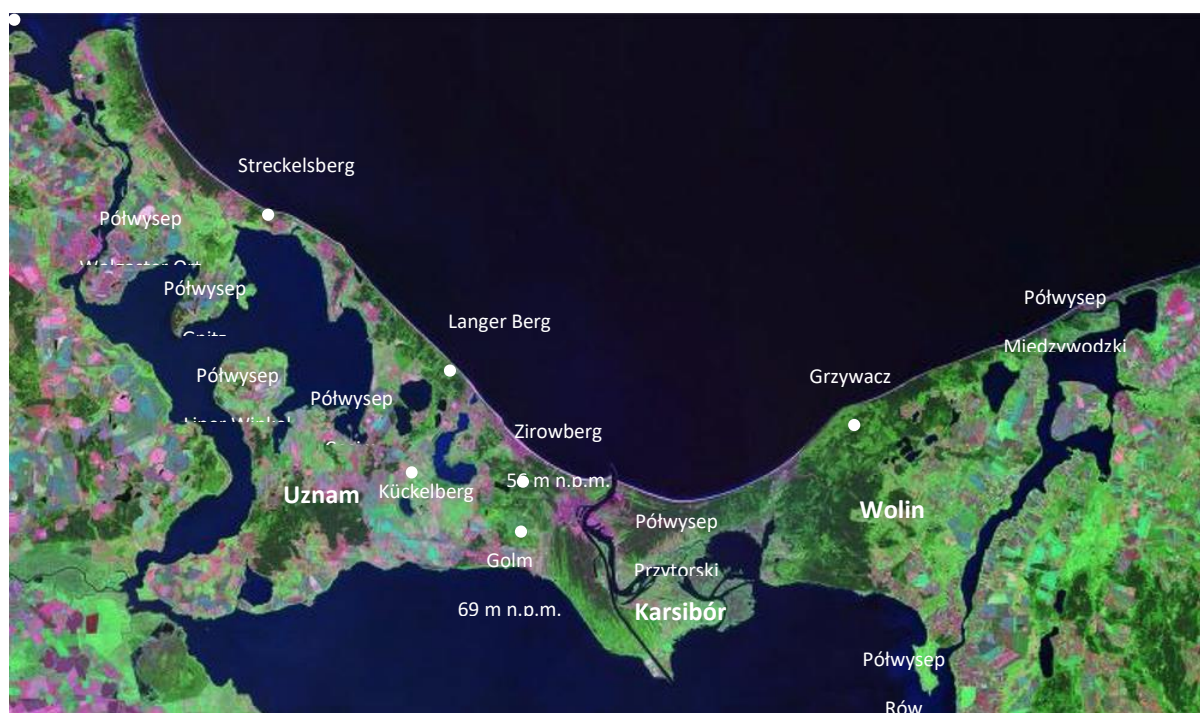
Geograficznie wyspy Uznam i Wolin znajdują się w prowincji Pobrzeże Południowobałtyckie, region Pobrzeże Szczecińskie. Główny trzon wysp stanowią wzgórza moreny czołowej i dennej powstałej w czasie recesji zlodowacenia Wisły z fazy Pomorskiej (Mecklenburgian – Velgast extend), ok. 12-15 tys. lat temu [15, 16]. Do osadów morenowych w holocenie podczas transgresji litorynowej i później w wyniku działalności fal morskich, dobudowane zostały osady mierzejowe tworząc wały brzegowe na których rozwinęły się obszary wydumowe. Od strony Zalewu Szczecińskiego rozwijały się obszary delty wstecznej [6]. Rzeźba terenu ma specyficzne cechy, związane z kontrastem, jaki wywołuje zestawienie niskiego i płaskiego obszaru mierzejowo-deltowego półwyspów oraz morenowe wzgórza.

Hydrologicznie obszar projektu MoRE należy do bezpośredniej zlewni Morza Bałtyckiego, w obrębie której znajdują się również zlewnie Zalewu Szczecińskiego i ujściowych odcinków Odry (Dziwna, Świna i Piana). Wyspy obmywane są od strony północnej morskimi wodami Zatoki Pomorskiej, od południa Zalewu Szczecińskiego. Oba akweny odgrywają istotną rolę w kształtowaniu stosunków hydrograficznych nisko położonych części wysp. Akweny te łączą się ze sobą trzema drogami wodnymi – Świną, Dziwną i Pianą. Stany tych wód powierzchniowych charakteryzują się krótkookresową zmiennością uwarunkowaną napływami wód Bałtyku, zależnymi od wlewów oceanicznych, sił i kierunku wiatrów. Amplituda wahań poziomu wody wynosi około 1 m a w ekstremalnych warunkach nawet przekracza 1,5 m [11].

Wyspa Uznam jest silnie rozczłonkowana, z licznymi półwyspami, w tym: Usedom, Wolgaster Ort, Gnitz, Liper Winkel czy Cosim (rys. 2.1). Od lądu stałego oddziela ją cieśnina Piana, od wyspy Wolin – cieśnina Świna. Pod koniec XIX w. w skutek realizacji prac hydrotechnicznych związanych z budową nowego toru wodnego (kanał Cesarski – obecna nazwa Kanał Piastowski udrożniono wodne połączenie Zalewu Szczecińskiego z Bałtykiem, wydzielając tym samym z wyspy Uznam jej południowo-wschodni fragment stanowiący obecnie wyspę Karsibór (rys. 2.1). W tabelach 2.1 – 2.3 zestawiono informację o dostępności wód powierzchniowych na obszarze MoRE.

Morska strona wyspy Uznam charakteryzuje się stosunkowo łagodnym wybrzeżem opadającym w kierunku morza. Na północnym wschodzie wybrzeże jest płaskie, zaś od

Koserov góruje strome wybrzeże morenowe z najwyższym wzniesieniem Streckelsberg (58 m n.p.m.). Północno zachodnia część wyspy jest w dużej mierze płaska, natomiast południowo-wschodnia charakteryzuje się łagodnie pofałdowanymi wzgórzami Usedomer Schweiz. Najwyższe wzniesienia na wyspie Uznam to wzgórze Golm (69 m n.p.m.), Streckelsberg i Kückelsberg (58 m n.p.m.), Zirowberg (56 m n.p.m.) i Lange Berg (54 m n.p.m.). Duże jeziora na wschodzie wyspy znajdują się Schmollensee i Gothensee. Pomiędzy nimi znajdują się Duże i Małe Jeziora Rakowe. Na południe od niego, pośrodku Thurbruch, rozległego niskiego wrzosowiska, znajduje się jezioro Kachliner See. Wolgastsee znajduje się na wschód od Gothensee. Inne mniejsze jeziora to Schloonsee w Bansin, Wockninsee niedaleko Ückeritz i Kölpinsee w dzielnicy Loddin o tej samej nazwie. Najwyższy punkt wyspy znajduje się pomiędzy Koserov i Zemplin i mierzy około 300 m [15].



Rysunek 2.1. Obszar projektu MoRE z głównymi wyspami Uznam i Wolin, opracowano na bazie [14]

W odróżnieniu od wyspy Uznam, wyspa Wolin jest znacznie bardziej zwarta i swym kształtem przypomina trójkąt z trzema charakterystycznymi półwyspami: Półwyspem Przylotowskim, Półwyspem Międzywodzkim oraz Półwyspem Rów (rys. 2.1). Od stałego lądu oddzielona jest cieśniną Dziwną i Zalewem Szczecińskim. Cechą charakterystyczną wzgórz morenowych, których najwyższym wzniesieniem jest Grzywacz (116 m n.p.m.), jest ich łagodne opadanie w kierunku wschodnim i południowo wschodnim. Od strony morza morena urywa się klifem ustawicznie niszczone w skutek działania fal, wiatru i spływających wód opadowych. Na

terenie wyspy wydzielono 7 mikroregionów charakteryzujących się swoistymi cechami krajobrazu, obejmujących: Bramę Świny, Pasma Wolińskie, Pagórki Lubińsko-Wolińskie, Pojezierze Wolińskie, Równinę Dargobądzką, Mokrzyckie Góry, Obniżenie Kodrąbskie, Półwysep Rów.

Tabela 2.1 Dostępność wód powierzchniowych na terenie wyspy Uznam				
Miejscowość	Morze Bałtyckie	Cieśnina	Zalew Szczeciński	Jezioro
DE				
Benz	-	tak	-	Schmollensee
Dargen	-	-	tak	-
Garz	-	-	tak	-
Heringsdorf	tak	-	-	Gothensee Schloonsee
Kamminke	-	-	tak	-
Karlshagen	tak	tak	-	-
Korswandt	-	-	-	Wolgastsee
Koserow	tak	tak	-	-
Krummin	-	tak	-	-
Loddin	tak	tak	-	Kölpinsee
Lütow	-	-	-	-
Mellenthin	-	-	-	-
Mölschow	-	tak	-	-
Peenemünde	tak	tak	-	
Pudagla	-	tak	-	Schmollensee
Rankwitz	-	tak	-	-
Sauzin	-	tak	-	-
Stolpe auf Usedom	-	-	tak	-
Trassenheide	tak	-	-	Kölpiensee Cämmerer See
Ückeritz	tak	tak	-	-
Usedom	-	tak	-	Usedomer See
Wolgast	-	tak	-	-
Zempin	tak	tak	-	-
Zinnowitz	tak	tak	-	-
Zirchow	-	-	tak	-
Benz	-	tak	-	Schmollensee
PL				
Świnoujście	tak	Świna / Kanał Piaśtowski	—	—

Tabela 2.3 Dostępność wód powierzchniowych na terenie wyspy Karsibór				
Miejscowość	Morze Bałtyckie	Cieśnina	Zalew Szczeciński	Jezioro
PL				
Świnoujście - Karsibór	tak	Świna / Kanał Piaśtowski	tak	—

Tabela 2.3 Dostępność wód powierzchniowych na terenie wyspy Wolin				
Miejscowość	Morze Bałtyckie	Cieśnina	Zalew Szczeciński	Jezioro
PL				
Biała Góra	tak	-	-	-
Chynowo	-	-	-	-
Dargobądz	-	-	-	-
Darzowice	-	Dziwna	-	-
Domysłów	-	-	-	Czajcze Domysłowskie Żółwińskie
Dziwnów	tak	Dziwna	-	Martwe
Grodno	tak	-	-	Gardno
Jagienki	-	-	-	-
Jaromierz	-	Dziwna	-	-
Jarzębowo	-	Dziwna	-	-
Karnocice	-	-	tak	-
Kodrąb	-	-	-	-
Kodrąbek	-	-	-	-
Kołczewo	-	-	-	Recze Kołczewo
Korzęcin	-	Dziwna	-	-
Lubin	-	-	tak	Wicko Wielkie
Ładzin	-	-	-	-
Łojyszyno	-	Dziwna	-	-
Łuskowo	-	Dziwna	-	-
Międzywodzie	tak	-	-	-
Międzyzdroje	tak	-	-	-
Mokrzyca Mała	-	-	-	-
Mokrzyca Wielka	-	-	-	-
Płocin	-	-	tak	-
Rabiaż	-	-	-	-
Rekowo	-	-	-	Koprowo
Rzeczyn	-	-	-	-
Sierosław	-	Dziwna	-	-
Sułomino	-	-	tak	-
Świętoustów	tak	-	-	Koprowo
Świnoujście	tak	Świna	-	-
Unin	-	Dziwna	-	-
Wapnica	-	-	tak	Turkusowe Wicko Wielkie
Warnowo	-	-	-	Warnowo Zachodnie Warnowo Wschodnie
Wicko	-	-	tak	Wicko Małe
Wiselka	tak	-	-	Wiselka Zatorek
Wolin	-	Dziwna	-	-
Zastań	-	Dziwna	-	-
Żółwino	-	-	-	Żółwińskie

3. Przedmiot, cel, zakres, obszar i metodyka badań

Przedmiotem badań są zasoby wód podziemnych oraz wody powierzchniowe zlokalizowane zarówno na obszarze wysp Uznam i Wolin (w tym jeziora), jak i otaczające wyspy (Zalew Szczeciński i Morze Bałtyckie).

Woda, jako dolne źródło ciepła dla pomp ciepła, posiada poza niekwestionowanymi zaletami, szereg wad które bezpośrednio wpływają m.in. na skrócony okres przeglądu i konserwacji wymienników dolnego źródła, wysokie koszty inwestycyjne oraz eksploatacyjne czy choćby ograniczenie wydajności (np. w skutek oblodzenia powierzchni zbiornika wodnego) a w konsekwencji spadek współczynnika efektywności energetycznej całej instalacji. Jednym z ważniejszych uwarunkowań, wpływających na wybór technologii odzysku ciepła, są temperatura źródła (wody), właściwości fizyko-chemiczne wody oraz jej zdolność do długotrwałego oddziaływania na różne materiały, zwłaszcza te użyte do budowy instalacji pompy ciepła. Celem badań jest określenie zakresu aktualnego wykorzystania wód podziemnych i powierzchniowych na terenie MoRE do pokrycia potrzeb energetycznych odbiorców, oraz potencjału tych źródeł energii odnawialnej.

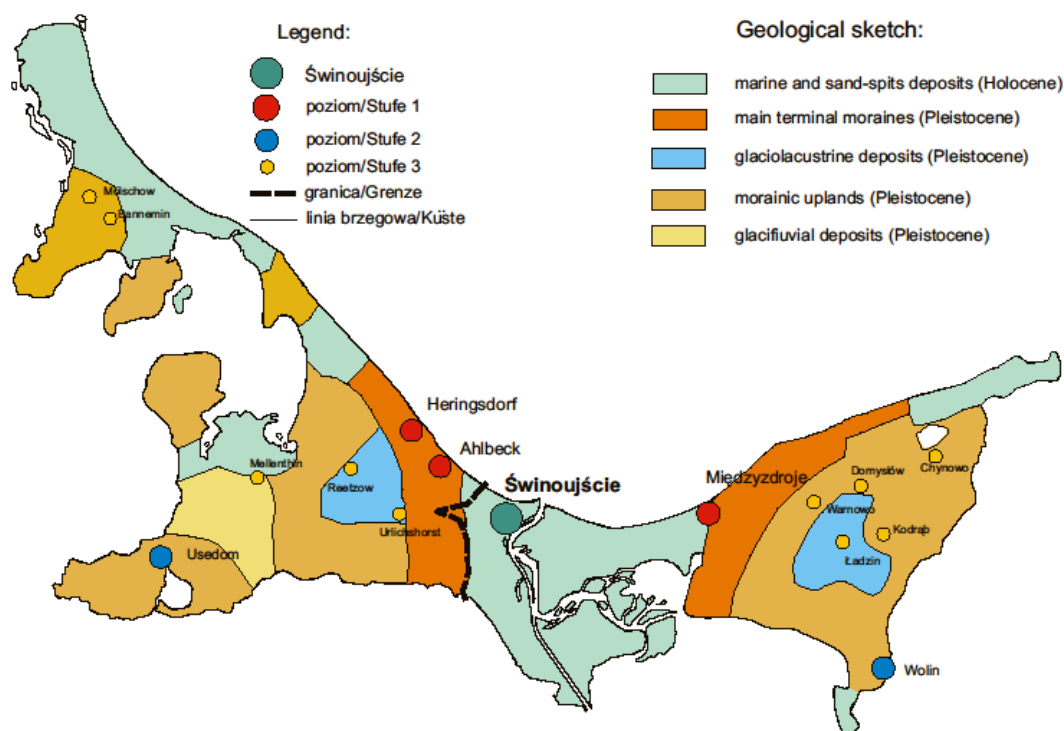
Zakres badań w zakresie wykorzystania energetycznego wód podziemnych objął opis budowy geologicznej i hydrogeologicznej wysp obszaru MoRE, przygotowany na podstawie dostępnych materiałów źródłowych. W odniesieniu do możliwości wykorzystania wód powierzchniowych – badania wykonane bezpośrednio w terenie (badania polowe), obejmujące pobór próbek wody i szczegółowe badania laboratoryjne cech fizyko-chemicznych w dwóch sezonach – letnim i zimowym. Badania terenowe wykonane zostały jako pilotażowe w wybranych lokalizacjach po stronie niemieckiej i polskiej.

4. Budowa geologiczna

Budowa przedmiotowego terenu jest wynikiem złożonych procesów tektonicznych, jakie miały miejsce podczas orogenezy alpejskiej. W ich wyniku uaktywniły się wgłębne strefy nieciągłości prowadzące do przemieszczenia się mas skalnych, które z kolei uwarunkowały przebieg procesów sedymentacji i nierównomierny rozkład miąższości poszczególnych kompleksów skalnych.

Warunki hydro-geologiczne obszaru znane są na podstawie badań głębokich otworów wiertniczych, wykonanych, m.in.: Międzyzdroje 1 (gł. 2980 m p.p.t.), Międzyzdroje 2 (gł. 2787,6 m p.p.t.), Międzyzdroje 3 (gł. 2935 m p.p.t.), Międzyzdroje 4 (gł. 3080,06 m p.p.t.), Wicko 1 (gł. 2872,4 m p.p.t.), Wicko 3 (gł. 3135,4 m p.p.t.), Warnowo 5 (gł. 3200,3 m p.p.t.), Wapnica 1 (gł. 2823 m p.p.t.).

Rysunek 4.1 przedstawia budowę geologiczną obszaru MoRE.



Rysunek 4.1. Mapa geologiczna Wyspy Wolin i Uznam, na podstawie [20, 24]

4.1. Paleozoik

Obszar wysp Uznam i Wolin położony jest w północno-zachodniej części Wału Pomorskiego należącego do kompleksu strukturalnego permsko-mezozoicznego. Wyspy wchodzą w skład wyniesionych bloków skalnych poprzedzielanych przez obniżenia, które wypełnione są się znacznymi osadami cechsztynu. System uskoków tektonicznych związany jest z końcową fazą ruchów waryscyjskich o wcześniejszych założeniach, odnawiane w mezozoiku i kenozoiku. Widoczny jest wyraźny uskok na południowy zachód o kierunku NE – SW, oraz wzdłuż

północnego brzegu Wyspy Uznam [7], jak również uskoki o kierunku północ – południe rozdzielające Wyspę Wolin na 3 części [3].

Najstarszymi udokumentowanymi na wyspie Uznam (otwór wiertniczy – Pudaga 1/86 o głębokości 7750 m) są osady środkowego i górnego dewonu leżące na tektonicznie zaburzonych osadach ordowiku. Osady dewonu reprezentowane są przez piaskowce, na których znajdują się brekcje przykryte iłowcami z przewarstwieniami piaskowców w obrębie, trylobity i małozraczaki, przykryte serią wapienną z górnego dewonu z otwornicami i ramienionogami czy koralowcami. W spągowych partiach profilu Loissin 1/70 w okolicach Greifswaldu nawiercono osady kambryjskie pod osadami dolnego karbonu [9]. Osady Dewonu w tym otworze wynoszą ponad 600 m (na Wyspie Wolin sięgają do 400 m) i są przykryte miąższymi osadami karbońskimi znajdującymi się na głębokości około 3500 m i reprezentowanymi w spągu przez wapienie przykryte grubą warstwą (ponad 700 m) osadów wulkanicznych z przeławiczeniami osadów morskich (piaskowce mułowce a nawet zlepieńce). Osady te są silnie zmineralizowane (pow. 300 g/dm^3). W stropie dewonu temperatura waha się od 70 do 90 °C [4]. Górny karbon reprezentowany jest przez morskie osady w postaci piaskowców i mułowców z wkładkami węgla, które przechodzą ku górze w brunatne mułowce z konglomeratami sydereitowymi i fosforytowymi, zaś pod koniec karbonu przechodzą w osady deltowe i rzeczne [9]. Miąższość osadów całego karbonu wynosi około 1000 m. Miąższość warstw wodonośnych w karbonie wynosi poniżej 50 m. Temperatura w stropie karbonu wynosi około 90 °C w północnej części wysp i dochodzi do 100 °C w południowej części obu wysp. Wody te są silnie mineralizowane (ok. 300 g/dm^3). Potencjalna wydajność studni z osadów karbońskich jest bardzo mała i wynosi ok. $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Wydobywalne zasoby statyczne nie przekraczają $5 \text{ m}^3/\text{h}$. Moc cieplna instalacji potencjalnej instalacji geotermalnej w osadach karbonu wynosi ok. 1 MW.

Perm reprezentowany jest przez osady czerwonego spągowca i cechsztynu. Seria wylewna wulkaniczna czerwonego spągowca dolnego (ryolity i porfiry) a górnego, to seria osadowa rzeczna (piaskowce, zlepieńce często o spoiwie ilastym, wiśniowe mułowce z dolomitem oraz żyły anhydrytu) [8]. Osady czerwonego spągowca nawiercono na głębokości około 3000 m w rejonie Świnoujścia i 2700 m w rejonie Kamienia Pomorskiego [10, 12]. Miąższość permu dolnego wynosi około 200 m, o warstwie wodonośnej mniejszej niż 50 m i o potencjalnej wydajności studni (dubletów) ok. $10 \text{ m}^3/\text{h}$. Wydobywane zasoby statyczne nie przekraczają $5 \text{ m}^3/\text{h}$. Temperatura w stropie permu dolnego w północnej części wysp wynosi poniżej 60 °C,

a w południowych częściach wysp waha się w przedziale 60 – 80 °C). Osady stropu permu dolnego są silnie mineralizowane (ok. 250 g/dm³). Wody termalne z tej serii zostały udokumentowane i kwalifikują się do celów balneoterapii i rekreacji. Moc cieplna potencjalnej instalacji geotermalnej w osadach czerwonego spągowca wynosi ok. 1,5 – 2,0 MW.

W okresie cechsztynu nastąpiła transgresja morska i ten okres reprezentowany jest przez 4 cyklotermy (Werra, Stassfurt, Leine i Allegr). Osady stanowią głównie sole kamienne, potasowe i anhydryty oraz iłowce i dolomity czy nawet łupki miedzionośne. Miąższość osadów cechsztynu waha się od 600 m w rejonie Kołczewa i sięga nawet 1000 m w rejonie Świnoujścia.

4.2. Mezozoik

Osady mezozoiku osiągają miąższość ponad 2000 m i reprezentowane są przez osady triasu jury i kredy.

Osady triasu dolnego nawiercono na osadach cechsztynu na głębokości ok 2200 – 2300 m. Trias dolny osiąga miąższość od 800 do ponad 900 m. Zbudowany jest głównie z piaskowców przewarstwionych iłowcami i mułowcami. Występują również wapienie dolomityczne o oczkami anhydrytów. Osady są silnie zmineralizowane (200 – 250 g/dm³). Temperatura w stropie triasu dolnego wynosi ok. 50 – 60 °C. Miąższość warstwy wodonośnej jest zmienna i waha się od 50 – 200 m.

Trias środkowy reprezentowany jest głównie przez wapień muszlowy (iłowce z soczewkami dolomitu i anhydrytu, oraz piaskowce i mułowce oraz wapienie krystaliczne a także margle dolomityczne. Strop triasu środkowego zalega na głębokości 800 – 1100 m. Jego miąższość waha się w granicach około 140 – 180 m. Osady są dosyć silnie zmineralizowane (200 – 250 g/dm³). Temperatura w stropie triasu części północnej wysp wynosi poniżej 50 °C, a w części południowej dochodzi do 60 °C.

Strop triasu górnego (kajper, retyk) znajduje się na głębokości od 600 m do prawie 1100 m i osiąga miąższość do 180 m. W rejonie hemiantykliny Dargobądzia nie nawiercono osadów retyku. Osady reprezentujące kajper to iłowce i mułowce, wapienie z wkładkami gipsu i piaskowców. W osadach retyku w osadach iłowcowo-mułowcowych pojawiają się wkładki węgla brunatnych. Miąższość warstwy wodonośnej triasu górnego wynosi około 50 m. Mineralizacja w północnowschodniej części wyspy Wolin jest mniejsza i wynosi 100 g/dm³. Natomiast na wyspie Uznam i południowo-wschodniej części wyspy Wolin sięga 200 g/dm³).

Temperatura wynosi od 25 °C w północnej części wysp do 40 °C i w południowej części wysp. Moc cieplna potencjalnych instalacji geotermalnych jest bardzo mała i może wynosić mniej niż 2,5 MW.

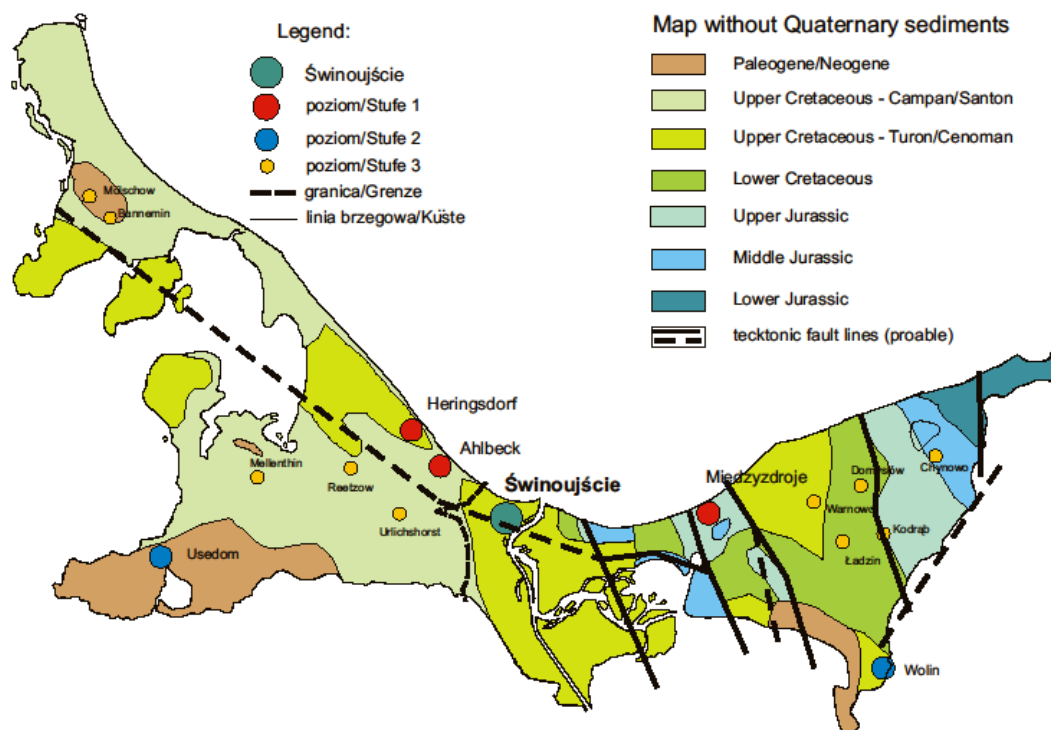
Jura reprezentowana jest przez osady jury dolnej, środkowej i górnej. Jura dolna to głównie piaskowce, mułowce i iłowce niekiedy z wkładkami węgla brunatnego. Występują serie osadów zarówno morskich (iłowce) jak i zalegająca w stropie seria brakiczna (piaskowce, mułowce). Strop osadów znajduje się na głębokości od ok. 800 do 1100 m. Miąższość tych osadów waha się od 200 do 600 m, w Synklinach i rozcięciach erozyjnych jest największa. We wschodniej części wyspy Wolin osady te zalegają bezpośrednio pod osadami plejstoceniowymi. Temperatura wynosi ok. 30 °C i maleje w części północnej wysp 20 °C. Stopień mineralizacji wzrasta w kierunku zachodnim i wynosi w Dziwnowie ok 20 g/dm³. W Świnoujściu osiąga 150g/dm³.

Osady jury środkowej osiągają miąższość od 100 m do 300 m. Wyspa Uznam charakteryzuje się mniejszą miąższością tych osadów niż wyspa Wolin. Strop osadów znajduje się na głębokości od kilkunastu metrów we wschodniej części wyspy Wolin, do prawie 500 m w obniżeniach (np. Synklina Wiselki). Osady stanowią głównie iłowce, mułowce i przewarstwieniami piaskowców z syderytami. Występują również piaskowce chlorytowe z muszelkami. Osady zalegające w synklinach powstawały w zbiornikach epikontynentalnych (iłowce z wkładkami piaskowców czy nawet zlepieńców). Miąższość warstwy wodonośnej waha się od 40 m na Wyspie Uznam, do ponad 60 m lokalnie na wyspie Wolin. Temperatura osadów jury środkowej waha się od 10 – 20 °C na wyspie Wolin i wzrasta do ponad 30 °C na wyspie Uznam. Mineralizacja wzrasta w kierunku zachodnim od 5 g/dm³ w Dziwnowie, do ponad 100 g/dm³ na południowy wschód od Świnoujścia.

Osady jury górnej reprezentowane są przez margle, wapienie iłowce i mułowce oraz lokalnie iły i mułki. Strop znajduje się na głębokości od kilkunastu metrów do ponad 100 m w nieckach lokalnie nawet na głębokości prawie 300 m. Miąższość wynosi od 40 m na wyspie Uznam do ponad 100 m w części środkowej wyspy Wolin. Temperatura w stropie osadów wynosi od 30 °C w północnych i południowych częściach wysp. Stopień mineralizacji osadów wzrasta w kierunku południowo-zachodnim i wynosi poniżej 2 g/dm³ w rejonie Dziwnowa i 5 g/dm³, do ponad 20 g/dm³ w południowej części wyspy Uznam. Moc cieplna potencjalnych instalacji geotermalnych jest bardzo mała i może wynosić mniej niż 2,5 MW.

Osady kredy dolnej występują w środkowej części wyspy Wolin i lokalnie na Wyspie Uznam. Przeważnie zalegają bezpośrednio pod osadami czwartorzędowymi lub pod kredą górną. Są to piaskowce, piaskowce glaukonitowe, mułowce, iłowce i iły oraz piaski. Piaskowce są niekiedy z wkładkami węgla brunatnych. Miąższość osadów kredy dolnej wynosi około 60 m, a ich strop znajduje się na głębokości od 12 do 90 m. Warstwa wodonośna kredy dolnej wynosi około 20 m. Temperatura wynosi od 5 do 20 °C. Mineralizacja jest niewielka – od 5 g/dm³ w środkowej części wyspy Wolin, do nieco ponad 20 g/dm³ w południowej części wyspy Uznam. Moc cieplna potencjalnych instalacji geotermalnych jest bardzo mała i może wynosić mniej niż 2,5 MW.

Osady kredy górnej zalegają na głębokości od 15 do 50 m. Miąższość jest niewielka, bo sięga kilkunastu metrów. Jedynie w synklinach może dochodzić do 70 m. Główne osady to margle i margle wapniste (Cenoman) oraz kreda pisząca i margle z Turonu (np. w środkowej części wyspy Uznam). W przeważającej części wyspy Uznam występują osady Campanu. Na znacznym obszarze osady kredy górnej zostały zdenudowane w okresach późniejszych. Pojawiają się w osadach plejstocenijskich jako porwaki kredowe (rys. 4.2).



Rysunek 4.2. Mapa geologiczna Wyspy Wolin i Uznam bez osadów Czwartorzędowych [18, 25]

4.3. Kenozoik (trzeciorzęd – czwartorzęd)

Trzeciorzęd reprezentowany jest przez niewielki płat piasków i ilów oraz mułków zalegających na osadach kredy dolnej na głębokości około 40 – 50 m w rejonie południowo-wschodniej części wyspy Wolin oraz południowej, i sięgając dalej na południe na obszar Zalewu Szczecińskiego. Miąższość ich jest niewielka, bo maksymalnie osiąga 30 – 40 m. Drugi płat osadów trzeciorzędowych znajduje się w południowo-zachodniej części wyspy Uznam (rejon miasta Usedom). Na podstawie dostępnych informacji przypuszcza się, że osiąga 30 – 40 m. Są to najprawdopodobniej oligoceńskie iły oraz mioceńskie piaski, które rozciągają się na południe, południowy zachód i południowy wschód. Niewielki płat osadów paleogeńskich znajduje się w północno-zachodniej części Wyspy Uznam koło miejscowości Bannemin i Molschow (rys. 4.2).

Podczas nasunięć lądolodów skandynawskich znaczna część osadów trzeciorzędowych jak i kredowych a nawet częściowo jurajskich została zdenudowana rozkruszona i przeniesiona zgodnie z kierunkami lądolodów.

Plejstocen reprezentowany jest przez osady przynajmniej trzech głównych okresów zlodowaceń. Osady pochodzą z facji lodowcowej, wodnolodowcowej rzecznej i jeziorno-zastoiskowej. Miąższość osadów plejstocentrycznych jest bardzo zróżnicowana i waha się od kilkunastu do nawet 150 m. W czasie zlodowacenia południowopolskiego (Mindel) zostały osadzone utwory piaszczysto-pylaste podścielające gliny morenowe transgresji lądolodu. Gliny morenowe zawierają znaczną ilość porwaków głównie kredowych a nawet młodszych jurajskich. Osady te zachowały się jedynie lokalnie w obniżeniach uformowanych podczas regresji lądolodu i ruchów neotektonicznych. W okresie interglacjalnym znaczna część osadów została rozmyta i zastąpiona piaskami i żwirami rzecznyymi.

W okresie zlodowaceń środkowopolskich (Riss) ponowne nasunięcie lądolodu częściowo zniszczyło starsze podłoże osadzając kompleks glin morenowych o miąższości do 60 m niekiedy rozdzielone materiałem wodnolodowcowym. W glinach morenowych występują również porwaki osadów mezozoicznych. W okresie interglacjału eemskiego wody roztopowe i rzeczne częściowo rozmyły osady glacialne tworząc seria piaszczysto – żwirowe a w zastoiskach mułowe.

Po okresie ciepłym nastąpił kolejny zimny okres, w którym rozwinęła się pokrywa lądolodu nazywana zlodowaceniem północnopolskim (Wurm). Po raz kolejny podłoże zostało częściowo zdenudowane i osadzone został materiał lodowcowy (głównie gliny morenowe oraz piaski wodnolodowcowe. W okresie wytapiania lodowca pojawiły się w obniżeniach osady zastoiskowe a na wyspie Wolin znacznych rozmiarów plateau kemowe. Okresy postoju czoła lądolodu zaznaczyły się wysoczyznami lub wałami morenowymi określanymi jako subfazy z recesji lądolodu nazywaną na wyspie Uznam Mecklenburgian phase (Velgast extend) [20]. W czasie recesji lądolodu wozy roztopowe odpływając na południe i południowy zachód erodowały podłoże wynosząc materiał. Po wycofaniu się lądolodu na północ uległ zmianie reżim hydrauliczny i wody kierowały się na północ do Bałtyckiego Jeziora Lodowego, które przekształciło się w Morze Yoldia, następnie w Jezioro Ancylusowe. Baza erozyjna rzek przepływających przez dzisiejszy obszar wysp znajdowała się około 20 m poniżej dzisiejszego poziomu morza stąd następowała głęboka erozja dolin rzecznych. W okresie wczesnego holocenu na omawianym obszarze osadzały się piaski i żwiry w dolinach rzecznych a na obszarach zastoiskowych powstawały osady organiczne (torfy i namuły organiczne). Tworzyły się również najstarsze wydmy. Następnym przełomowym okresem dla tego obszaru około 8 tys. lat temu była transgresja litorynowa (połączenie się wód jeziora Ancylusowego z Oceanem Atlantyckim poprzez cieśniny Duńskie. Stopniowo poziom Morza Litorynowego podnosił się i rozwijały się na wyspach Wolin i Uznam mierzeje, delty wsteczne Piany, Świny i Dziwny. Obszary mierzejowe przykrywały w poszczególnych okresach wydmy związane z wahaniami poziomu morza. Jest to kompleks wydm brunatnych, żółtych i białych [13]. W okresie rozwoju osadnictwa obszar wysp został przemodelowany antropogenicznie. Schematyczny obraz osadów plejstocénskich i holocénskich przedstawiono na rys. 4.2.

5. Zasoby wód podziemnych na terenie obszaru MoRE

Na obszarze MoRE występują dwa piętra wodonośne [11]: mezozoiczne i czwartorzędowe. Mezozoiczne piętro wodonośne zawiera wody wysoko zmineralizowane, które wykorzystywane są dla celów uzdrowiskowych w Świnoujściu (otwór V Jantar) oraz w Albeck, Heringsdorf czy Usedom. Występują one w utworach albu, cenomanu i turonu. Są to wody o mineralizacji na poziomie 31 g/dm^3 . Wody piętra kredowego są to wody chlorkowo-sodowe o zawartości chlorków powyżej 10 g/dm^3 . Mineralizacja wód wzrasta wraz z głębokością, przy czym warstwy stropowe zawierają zwykle wody słodkie.

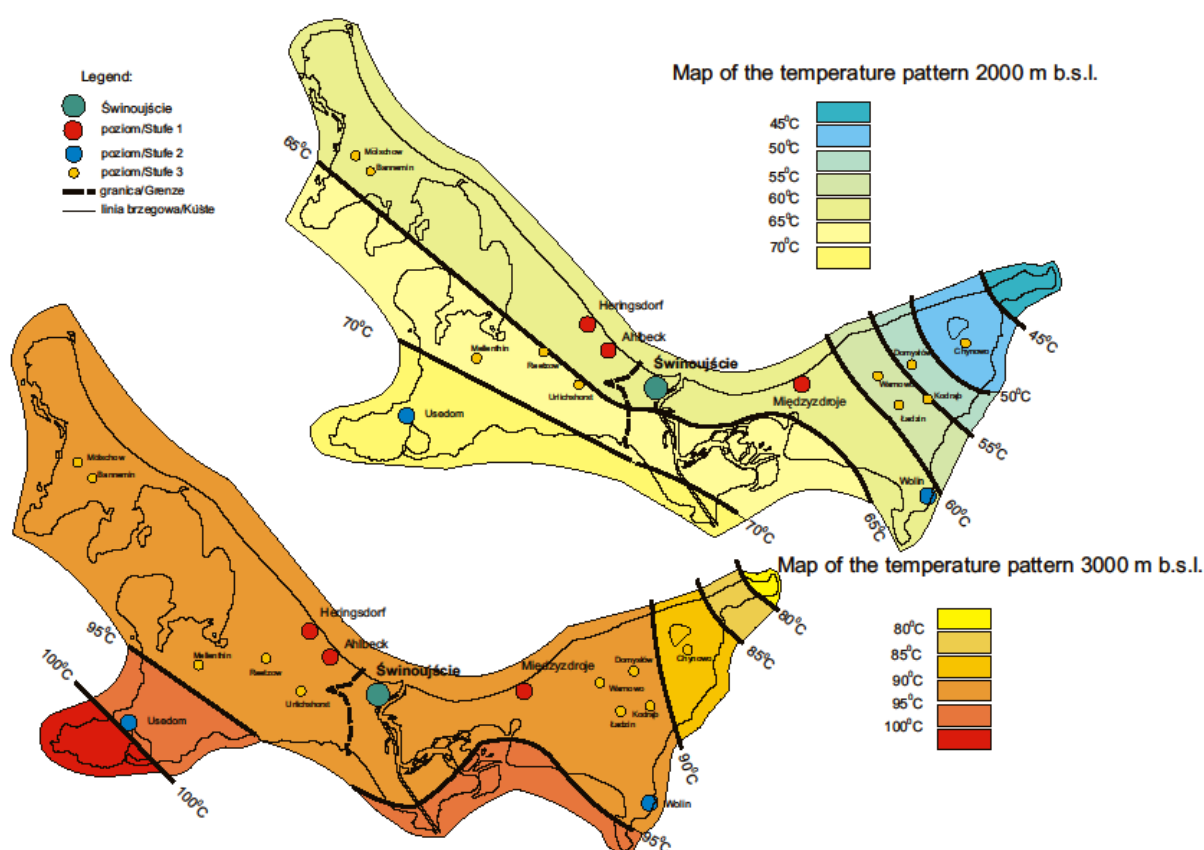
Wody słodkie występują wyłącznie w obrębie czwartorzędowego piętra wodonośnego. Głównym użytkowym poziomem wodonośnym jest gruntowy poziom wodonośny, stwarzający warunki dogodnej filtracji. Dzięki brakowi izolacyjnego nakładu, ma on wysoką odnawialność. Poziom ten ujmowany jest przez ujęcie komunalne w Międzyzdrojach. Poziom wód eksploatowanych w ujęciu 'Wydrzany' obejmuje plejstocieńskie piętro wodonośne odizolowane od zasolonych wód górnej kredy warstwą gruntów słaboprzepuszczalnych (gliny morenowe). Przy nadmiernej eksploatacji może nastąpić kontakt wód kredowych z plejstocieńskimi. Dlatego też projektowane jest sztuczne zasilanie z utworów powierzchniowych [26]. We wschodniej części Wyspy Wolin czwartorzędowy poziom wodonośny przeważnie jest izolowany od piętra Mezozoicznego. Jedynie na północ od Wolina występuje bezpośredni kontakt warstwy wodonośnej z piaskowcami wapieniami górnej Jury. W seriach jurajskich poziom mineralizacji wzrasta. Występują solanki chlorkowo-wapniowe jurajskie oraz chlorowce i siarczany z poziomu triasowego. Wzrost zasolenia spowodowany jest kontaktem z wodami formacji cechsztyńskiej.

Na Wyspie Uznam użytkowy poziom wód czwartorzędowych może kontaktować się osadami górnej kredy. Wody mezozoiczne są zmineralizowane i z głębokościom mineralizacja ich wzrasta.

6. Potencjał energetyczny wód podziemnych obszaru MoRE

Na obszarze wyspy Wolin i Wyspy Uznam wody podziemne struktur górnopaleozoicznych i mezozoicznych charakteryzują się znaczną mineralizacją oraz temperaturą wzrastającą wraz z głębokością z tym, że we wschodniej części wyspy Wolin temperatura na głębokości ok. 700 m w odsadach stropu jury dolnej wynosi około 23 °C, na głębokości około 2000 m w osadach triasu sięga 63 °C i sięga do ponad 80 °C [21]. Temperatura dla omawianego obszaru na głębokościach 2000 m i 3000 m wrasta przedstawiona schematycznie została na rys. 6.1. Warto zwrócić uwagę, że na Wyspie Uznam w osadach stropu dolej Jury (Toarc) temperatura wynosi 20 – 30°C, tylko w rejonie Usedom występuje w przedziale 30 – 40 °C [18]. Znane tam są od 1966 r. ujęcia wód mineralnych wykorzystywane do celów zdrowotnych czy turystycznych. Natomiast już na głębokości 2000 m p.p.t. w osadach triasu wynosi około 70 °C i wzrasta do 100 °C w osadach górnego paleozoiku na głębokości 3000 m p.p.t. Jest to obszar o najwyższych temperaturach na głębokości zarówno 2000 m p.p.t. jak i 3000 m p.p.t. W pasie przybrzeżnym w miejscowości Heringsdorf planowane jest ujęcie geotermalne „Geothermie

Kaiserbader”, które ujmowałyby wodę z głębokości około 1900 m p.p.t. [23]. Obszar znacznej części wyspy Wolin charakteryzuje się stosunkowo niskimi temperaturami nawet na głębokości 2000 m p.p.t. W pasie przymorskim nie przekraczają 65 °C. Na głębokości 3000 m p.p.t. temperatura wzrasta do nieco ponad 90 °C. Z tym, że najniższa wartość temperatury na tej głębokości występuje we wschodniej części wyspy Wolin a najwyższa w południowej części wyspy Wolin i Uznam (rys. 6.1).



Rysunek 6.1. Mapa rozkładu temperatury na głębokości 2000 m i 3000 m Wyspy Wolin i Uznam bez osadów Czwartorzędowych, na podstawie [17, 25]

Obszar wysp Uznam i Wolin jest znacznie urozmaicony pod względem geologicznego ukształtowania terenu. Najwyższe wyniesione obszary to osady lodowcowe – moreny czołowe i wysoczyzny moreny dennej, obniżenia stanowią formy pochodzenia zastoiskowego z jeziorkami wytopiskowymi z okresu późnego plejstocenu. W okresie holocenijskim po transgresji litorynowej zostały uformowane płaskie obszary mierzejowe delty wstecznej Świny oraz mierzejowo-wydmowe wały z ciągiem wydm równoległych rozwijających się od okresu atlantyckiego po czasy współczesne. Osady holocenijskie osiągają od kilku do nawet 20 m miąższości i sięgają do rzędnej poniżej -20 m n.p.m. Osady plejstocenijskie zarówno glacialne

jak i interglacjane osiągają miąższość nawet 150 m, jednakże przeważnie do 50 m. Przeważnie zalegają na rzędnej - 20 do - 30 m n.p.m. Jedynie na południowy wschód od Międzyzdrojów w rozciętej rynnicy glacialnej osady te znajdują się na rzędnej - 80 m.p.m. Osady trzeciorzędowe przeważnie zostały zdenudowane i występują tylko jako niewielkie płyty w południowej części wysp Uznam i Wolin. Poniżej utworów kenozoicznych występują przeważnie osady kredowe w strefie uskoku tektonicznego osady górnogórskie a w skrajnie wschodniej części wyspy Wolin nawet osady jury dolnej. Głębiej występują również na omawianym obszarze utworu Triasu na osadach górnopaleozoicznych.

Takie ukształtowanie geologiczne podłoża przedkenozoicznego znacznie wpływa na rozkład temperatur osadów piętra mezozoicznego i górnopaleozoicznego. Wiąże się to z występowaniem korzystnych temperatur wody dla celów geotermii otwartej. Woda o temperaturze powyżej 90°C występuje na głębokości około 3000 m z wyjątkiem wschodniej części wyspy Wolin, gdzie na 3000 m osiąga około 85°C. Najkorzystniejszy rejon do wykorzystania geotermii otwartej to część wyspy Uznam w rejonie miasta Usedom. Pozyskiwanie energii z osadów płycej położonych na danym etapie rozwoju technologicznego może być jeszcze nie opłacalne.

7. Potencjał energetycznego wykorzystania wód powierzchniowych obszaru MoRE

Jednym z ważniejszych uwarunkowań, wpływających na wybór technologii odzysku ciepła, są właściwości fizyko-chemiczne wody oraz jej zdolność do długotrwałego oddziaływania na różne materiały, zwłaszcza te użyte do budowy instalacji pompy ciepła. W tabelach 7.1 i 7.2 przedstawiono wpływ zawartości różnych pierwiastków i substancji występujących w wodzie na stal nierdzewną 1.4401 – wykorzystywaną przede wszystkim w przemyśle chemicznym, spożywczym, naftowym i petrochemicznym, budowie maszyn, elementach dekoracyjnych i wyposażeniu kuchni przemysłowych.

Tabela 7.1 Odporność stali nierdzewnej (1.4401) i miedzi na działanie składników/ własności wody

Składniki	Stężenie mg/litr	Stal nierdzewna	miedź
Związki organiczne	O ile da się stwierdzić		
		↑	↔
	< 70	↑	↔
Wodorowęglany (HCO ₃)	70 – 300	↑	↑
	> 300	↑	↔/↑
	< 70	↑	↑
Siarczany (SO ₄)	70 – 300	↑	↔/↓
	> 300	↓	↓
Wodorowęglany (HCO ₃)	< 1.0	↑	↔/↓
Siarczany (SO ₄)	> 1.0	↑	↑
	< 2	↑	↑
Amoniak (NH ₃)	2 – 20	↑	↔
	> 20	↑	↓
Chlorki (Cl ⁻ , maks. 60°C)	< 300	↑	↑
	> 300	↔	↔/↑
Siarczany (SO ₃ ⁻²)	< 1	↑	↑
Wolny chlor gazowy (Cl ₂)	1 - 5	↑	↔
	> 5	↔/↑	↔/↓
Żelazo (Fe) rozpuszczone	< 0.2	↑	↑
	> 0.2	↑	↔
Wolne agresywne kwasy węglowe (CO ₂)	< 5	↑	↑
	5 – 20	↑	↔
	> 20	↑	↓
Mangan (Mn) rozpuszczony	< 0.1	↑	↑
	> 0.1	↑	↔
Glin (Al) rozpuszczony	< 0.2	↑	↑
	> 0.2	↑	↔
Azotany (NO ₃) rozpuszczone	< 100	↑	↑
	> 100	↑	↔
Siarkowodór (H ₂ S)	< 0.05	↑	↑
	> 0.05	↑	↔/↑
Oznaczenia			
↑ - w normalnych warunkach dobra odporność			
↔ - narażenie na korozję, szczególnie, gdy użyto kilku materiałów			
↓ - nie nadaje się			

Tabela 7.2 Wpływ właściwości fizykochemicznych wody na korozyjność stali nierdzewnej i miedzi

Własność	Wartości graniczne	Stal nierdzewna	Miedź
Twardość ogólna	4,0 – 8,5 °dH	↑	↑
Wartość PH	< 6,0	↔	↔
	6,0 – 7,5	↔/↑	↔
	7,5 – 9,0	↑	↑
	> 9,0	↑	↔
Konduktancja ¹	< 10 μS/cm	↑	↔
	10 – 500 μS/cm	↑	↑
	> 500 μS/cm	↑	↓
Oznaczenia			
↑ - w normalnych warunkach dobra odporność			
↔ - narażenie na korozję, szczególnie, gdy użyto kilku materiałów			
↓ - nie nadaje się			

¹ Konduktancja (przewodność elektrolityczna właściwa wody) – jest miarą zdolności wody do przewodzenia energii elektrycznej, oznaczana dla przybliżonej oceny stopnia mineralizacji wody i jej zanieczyszczenia.

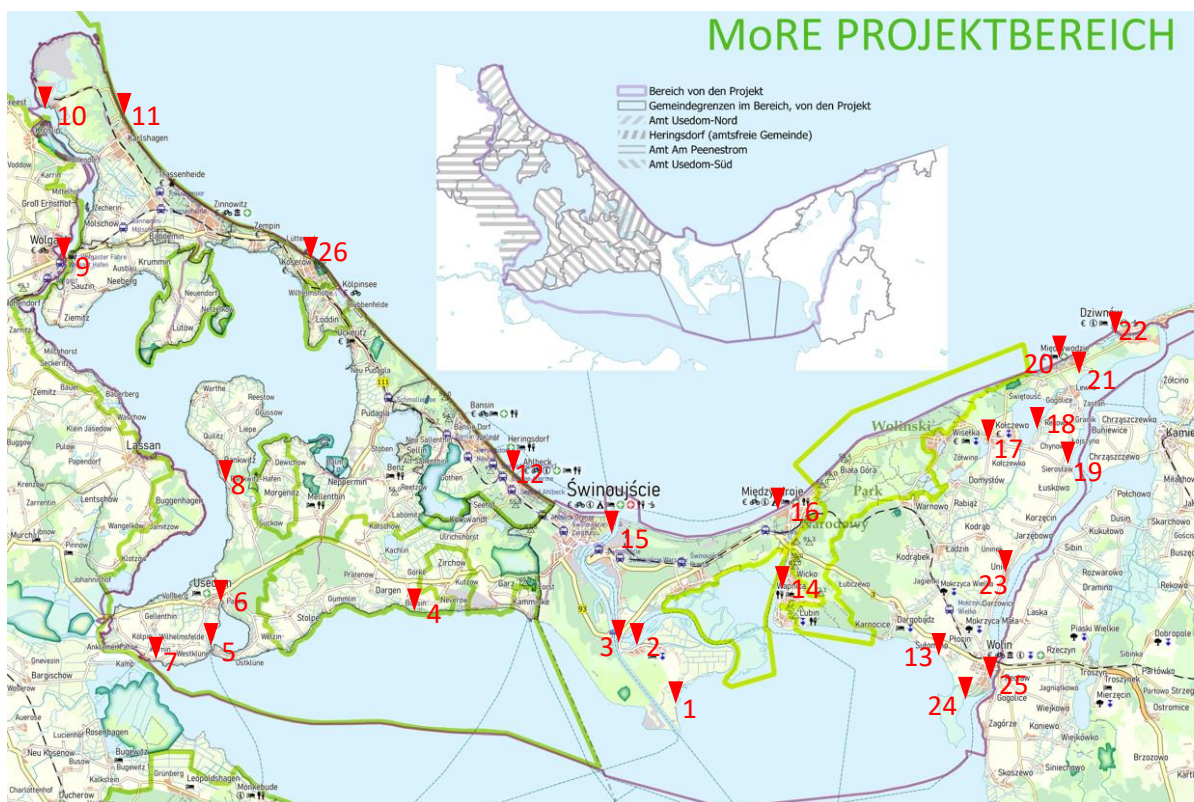
W przypadku złej jakości wody (w kontekście wykorzystania jej jako dolnego źródła ciepła pompy ciepła) wartości graniczne przedstawione w tabelach 7.1 i 7.2 mogą być niemożliwe do uzyskania, w związku z tym zaleca się stosowanie obiegów pośrednich pozyskiwania ciepła. Powoduje to zwiększenie bezpieczeństwa eksploatacji, jednak z drugiej strony może niekorzystnie wpływać na wysokość uzyskiwanego współczynnika efektywności energetycznej pompy ciepła.

Zakres badań objął badania wykonane bezpośrednio w terenie (badania polowe) oraz pobór próbek wody i szczegółowe badania laboratoryjne cech fizyko-chemicznych.

7.1. Obszar badań oraz lokalizacja badań pilotażowych

Obszar badań objął przedmiotowy teren wysp Uznam i Wolin. Z uwagi na jego rozległość, lokalizację osiedli oraz większych ośrodków urbanistycznych względem dostępnych wód powierzchniowych, wytypowano 26 lokalizacji szczegółowych do przeprowadzenia badań. Ogólną lokalizację miejsca pobierania próbek przedstawiono na rysunku 7.1 oraz szczegółowe na rysunkach 7.2 – 7.27. Numeracja lokalizacji odpowiada kolejności badań terenowych oraz pobierania próbek do oznaczeń fizyko-chemicznych przeprowadzonych w Laboratorium Katedry Inżynierii Środowiska Wydziału Budownictwa i Inżynierii Środowiska Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie.

Lokalizacje szczegółowe badań terenowych wód powierzchniowych, zostały wytypowane na podstawie analizy występowania możliwych odbiorców ciepła/ chłodu dostarczanego przez technologie pomp ciepła. Zastosowanie pomp ciepła musi mieć ekonomiczne uzasadnienie, a jednym z głównych czynników wpływających na opłacalność inwestycji w przypadku ich zastosowania jest system dystrybucji ciepła (chłodu) do odbiorcy końcowego. W przypadku dużych odległości od dolnego źródła ciepła można wykorzystać obieg pośrednie. Wymagają one stosowania dodatkowych pomp obiegowych, które znacząco wpływają na pogorszenie współczynnika efektywności energetycznej całej instalacji. Najwyższą efektywność energetyczną (najniższa cena za wytworzenie 1 kWh ciepła/ chłodu) posiadają rozwiązania technologiczne bazujące na bezpośrednim odparowaniu/ skraplaniu czynnika chłodniczego w wodzie.



Rysunek 7.1. Wyspy Usznam i Wolin, lokalizacja ogólna miejsc pobierania próbek



Rysunek 7.2. Lokalizacja badań terenowych:
1 – Karsibór (PL), dzika plaża



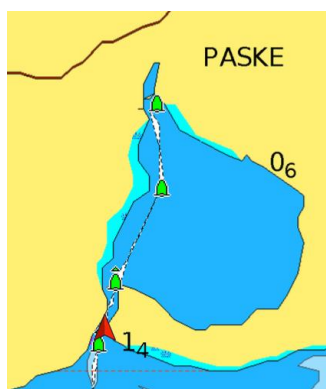
Rysunek 7.3. Lokalizację badań terenowych:
2 – Karsibór (PL), Stara Świna



Rysunek 7.4. Lokalizacja badań terenowych:
3 – Karsibór (PL), baza U-bootów



Rysunek 7.5. Lokalizacja badań terenowych:
4 – Bossin (DE)



Rysunek 7.6. Lokalizacja badań terenowych:
5 – Wilhelmshof (DE)



Rysunek 7.7. Lokalizacja badań terenowych:
6 – Usedom (DE)



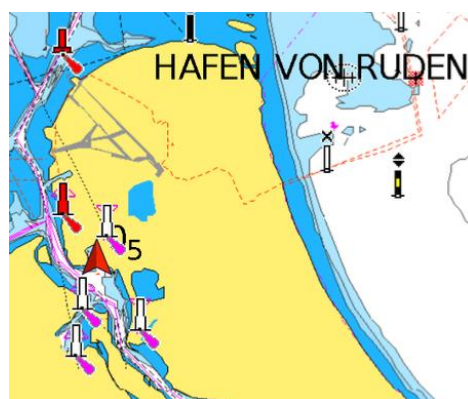
Rysunek 7.8. Lokalizacja badań terenowych:
7 – Karnin (DE)



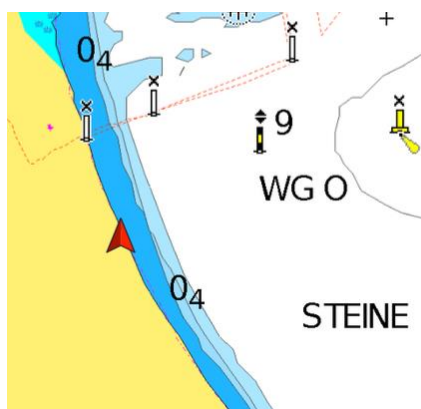
Rysunek 7.9. Lokalizacja badań terenowych:
8 – Rankwitz (DE)



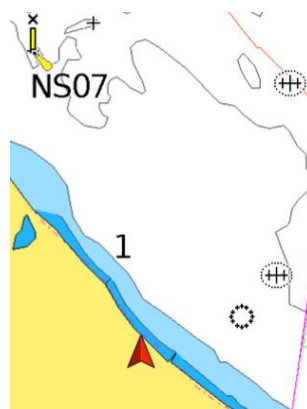
Rysunek 7.10. Lokalizacja badań terenowych:
9 – Wolgast (DE)



Rysunek 7.11. Lokalizacja badań terenowych:
10 – Peenemünde (DE)



Rysunek 7.12. Lokalizacja badań terenowych:
11 – Karlshagen, plaża (DE)



Rysunek 7.13. Lokalizacja badań terenowych:
12 – Alhbeck, plaża (DE)



Rysunek 7.14. Lokalizacja badań terenowych:
13 – Sulomino (PL)



Rysunek 7.15. Lokalizacja badań terenowych:
14 – Wapnica (PL)



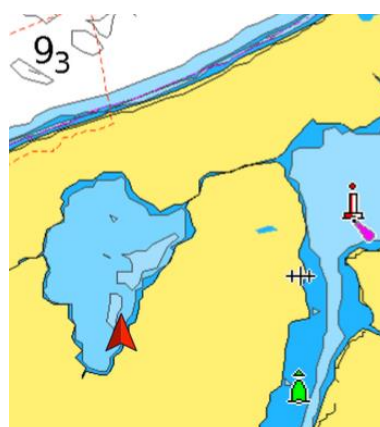
Rysunek 7.16. Lokalizacja badań terenowych:
15 – Świnoujście, przeprawa miejska (PL)



Rysunek 7.17. Lokalizacja badań terenowych:
16 – Międzyzdroje, Stacja Morska US (PL)



Rysunek 7.18. Lokalizacja badań terenowych:
17 – Kołczewo, Jezioro Kołczewo (PL)



Rysunek 7.19. Lokalizacja badań terenowych:
18 – Chynowo, Jezioro Koprowo (PL)



Rysunek 7.20. Lokalizacja badań terenowych:
19 – Sierosław (PL)



Rysunek 7.21. Lokalizacja badań terenowych:
20 – Międzywodzie, plaża (PL)



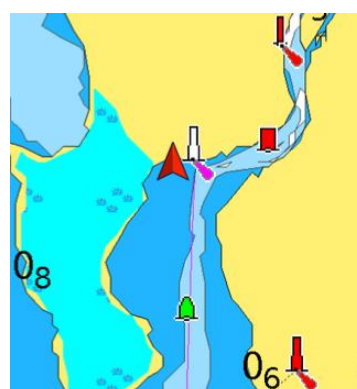
Rysunek 7.22. Lokalizacja badań terenowych:
21 – Międzywodzie, Zalew (PL)



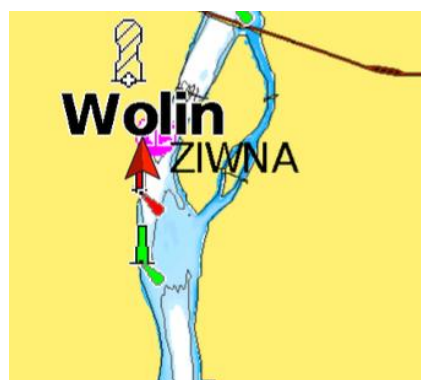
Rysunek 7.23. Lokalizacja badań terenowych:
22 – Dziwnów (PL)



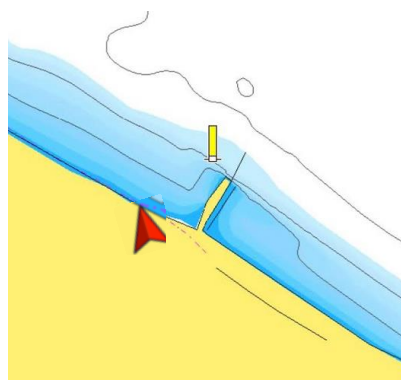
Rysunek 7.24. Lokalizacja badań terenowych:
23 – Unin (PL)



Rysunek 2.75. Lokalizacja badań terenowych:
24 – Wolin, plaża (PL)



Rysunek 7.26. Lokalizacja badań terenowych:
25 – Wolin, przystań żeglarska (PL)



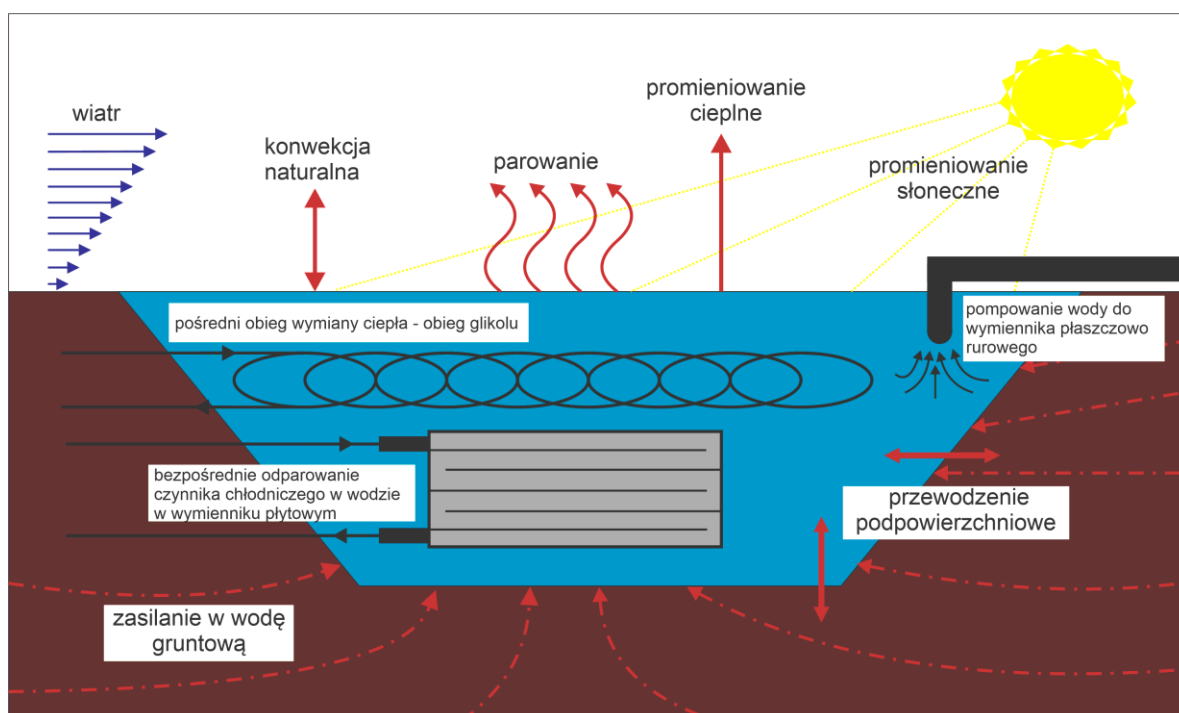
Rysunek 7.27. Lokalizacja badań terenowych:
26 – Koserow, plaża (DE)

Przy doborze lokalizacji do badań wód powierzchniowych kierowano się dostępnością do linii brzegowej zbiornika wodnego oraz minimalną głębokością w miejscu poboru. Podejście takie jest istotne z punktu widzenia analizy wyboru wariantu pracy pompy ciepła. Pod uwagę brane były następujące konfiguracje systemu:

- pompa ciepła pracująca z bezpośrednim odparowaniem/ skraplaniem czynnika chłodniczego w wodzie,

- pompa ciepła pracująca w z obiegiem pośrednim (obieg glikolowy), zarówno w okresie zimowym oraz letnim
- pompa ciepła z wymiennikiem płaszczowo rurowym pracującym jako parownik w okresie zimowym i skraplacz w okresie letnim, do którego woda dostarczana byłaby rurociągiem ssawnym (zasysanie wody ze zbiornika wodnego przez aparat ssawny),

Metody pozyskiwania ciepła z wody oraz uproszczony bilans zbiornika wodnego graficznie przedstawiono na rysunku 7.28.



Rysunek 7.28. Uproszczony bilans zbiornika wodnego oraz analizowane metody pozyskiwania ciepła z wody, oprac. W. Tuchowski

7.2. Metodyka realizacji badań wód powierzchniowych

Badania cech fizyko-chemicznych przeprowadzono w 26 punktach na obszarze MoRE. Badania realizowano w dwóch sezonach – letnim i zimowym. Pobór wody dokonywany był w odległości do 100 m od brzegu (rys. 7.29). Badaniom poddano:

- temperaturę powietrza – badania polowe (rys. 7.30),
- temperaturę wody nad dnem – badania polowe (rys. 7.29, 7.31, 7.33),
- odczyn wody (pH) – badania polowe (rys. 7.32),
- przewodnictwo wody – badania polowe (rys. 7.35),
- zawartość tlenu rozpuszczonego – badania polowe (rys. 7.32),
- mętność wody – badanie laboratoryjne,

- zawartość chlorków – badanie laboratoryjne,
- zasadowość ogólnej – badanie laboratoryjne.

Pobrane próbki wody do badań laboratoryjnych poddane zostały wymaganemu kondycjonowaniu.



Rysunek 7.29. Pobór próbek wody do badania oraz pomiar temperatury wody, Bossin (DE) oraz Karsibór (PL)



Rysunek 7.30. Pomiar temperatury powietrza, Bossin (DE)



Rysunek 7.31. Pomiar temperatury wody nad dnem, Wilhelmshof (DE)



Rysunek 7.32. Oznaczenie parametrów wody – badania polowe, Usedom (DE)



Rysunek 7.33. Pomiar temperatury wody nad dnem



Rysunek 7.34. Częściowe zalodzenie wód Zalewu Szczecińskiego – badania w sezonie zimowym

Do badań terenowych wykorzystano następujący sprzęt pomiarowy (rys. 7.35):

- zestaw multimetrów HQ40d wyposażonych w: sensor LDO do pomiaru zawartości tlenu rozpuszczonego w wodzie, elektrodę do pomiaru odczynu wody, elektrodę do pomiaru przewodnictwa wody (rys. 7.36),
- mobilny zestaw pomiarowy na bazie sterownika programowalnego SIEMENS LOGO!8 wraz z dwukanałowym modułem pomiaru temperatury AM2 RTD wykonany do pomiarów temperatury wody i powietrza nad taflą wody, wraz z dwoma trójprzewodowymi przetwornikami temperatury PT 1000 (rys. 7.37),
- sondy Testo: termooanemometr wiatraczkowy 410i oraz termooanemometr ciepłno-oporowy 405i do pomiaru temperatury i prędkości ruchu powietrza, oraz

termohigrometr 605i do pomiaru temperatury i wilgotności względnej powietrza (rys. 7.38).



Rysunek 7.35. Badania polowe jakości wód – przygotowanie sprzętu do badań



Rysunek 7.36. Badania polowe jakości wód – miernik HQ40d z sondą LDO do pomiaru zawartości tlenu oraz elektrody do pomiaru przewodnictwa i odczynu wody



Rysunek 7.37. Badania polowe jakości wód – mobilny zestaw pomiarowy do dwukanałowego pomiaru temperatury wody i powietrza

Badania laboratoryjne przeprowadzono z wykorzystaniem sprzętu laboratoryjnego będącego na stanie Katedry Inżynierii Środowiska WBiIŚ ZUT:

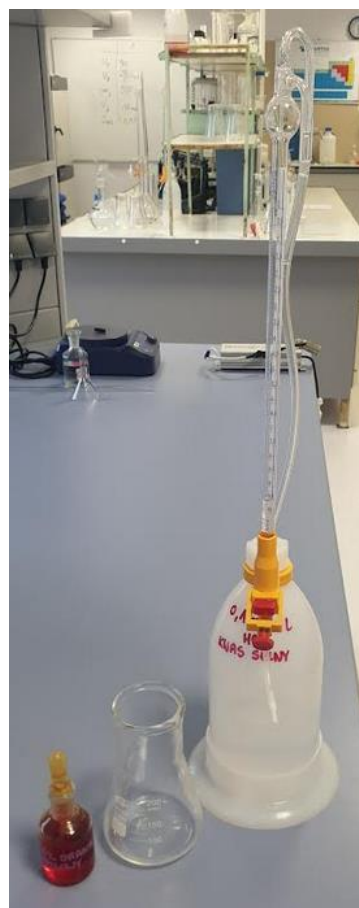
- stanowisko laboratoryjne do oznaczania chlorków metodą Mohra (rys. 7.39),
- stanowisko laboratoryjne do oznaczania zasadowości ogólnej wody (rys. 7.40),
- mętnościomierz HI 88713 (rys. 7.41).



Rysunek 7.38. Badania polowe jakości wód – zestaw smart-sond Testo – do pomiaru parametrów klimatyzacji oraz powietrza zewnętrznego



Rysunek 7.39. Badania laboratoryjne – stanowisko oznaczania chlorków metodą Mohra



Rysunek 7.40. Badania laboratoryjne – stanowisko oznaczania zasadowości ogólnej wody



Rysunek 7.41. Badania laboratoryjne – mętnościomierz

7.3. Wyniki pomiarów właściwości fizyko-chemicznych wody na obszarze MoRE – okres ciepły

W tabeli 7.3 oraz na rysunku 7.42 przedstawiono wyniki polowe pomierzonej temperatury wody i powietrza w miejscach poboru próbek wody dla okresu letniego.

Tabela 7.3 Wyniki pomiarów połowych temperatury wody i powietrza w punktach pomiarowych – sezon ciepły

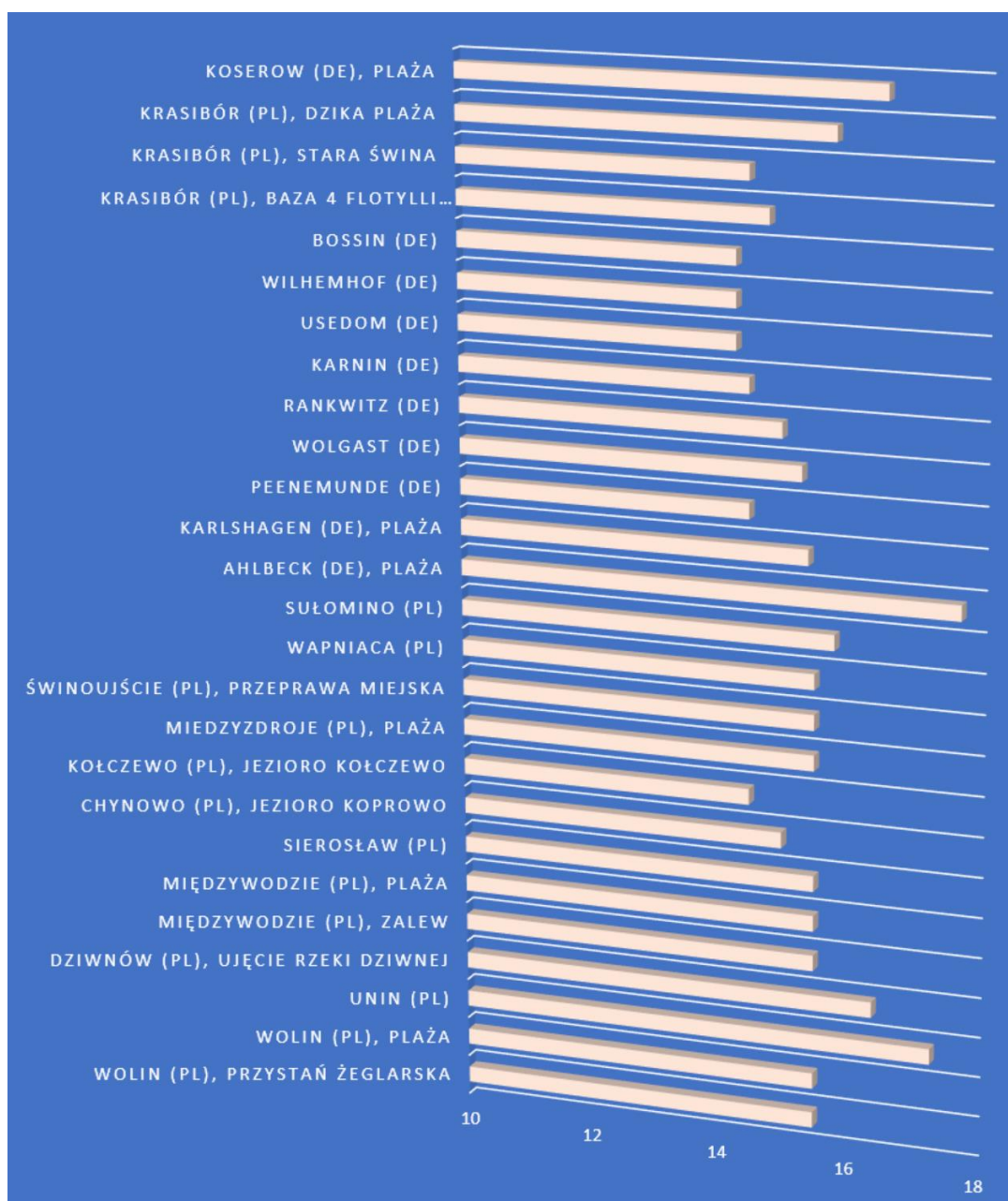
Nr lokalizacji	Lokalizacja	Temperatura [°C]	
		Woda	Powietrze
1	Krasibór (PL), dzika plaża	15,8	15,0
2	Krasibór (PL), Stara Świna	14,5	15,8
3	Krasibór (PL), Baza 4 Flotyli Szkoleniowej	14,8	15,0
4	Bossin (DE)	14,3	15,0
5	Wilhemhof (DE)	14,3	20,3
6	Usedom (DE)	14,3	18,3
7	Karnin (DE)	14,5	22,5
8	Rankwitz (DE)	15,0	25,5
9	Wolgast (DE)	15,3	24,3
10	Peenemunde (DE)	14,5	22,5
11	Karlshagen (DE), plaża	15,4	23,3
12	Ahlbeck (DE), plaża	17,7	18,0
13	Sułomino (PL)	15,8	15,8
14	Wapniaca (PL)	15,5	15,8
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	15,5	16,3
16	Miedzyzdroje (PL), plaża	15,5	15,5
17	Kołczewo (PL), Jezioro Kołczewo	14,5	16,5
18	Chynowo (PL), Jezioro Koprowo	15,0	15,3
19	Sierosław (PL)	15,5	15,8
20	Międzywodzie (PL), plaża	15,5	15,5
21	Międzywodzie (PL), Zalew	15,5	16,0
22	Dziwnów (PL), ujście rzeki Dziwnej	16,4	17,3
23	Unin (PL)	17,3	18,0
24	Wolin (PL), plaża	15,5	16,3
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	15,5	16,0
26	Koserow (DE), plaża	16,5	20,6

Należy zaznaczyć, że temperatura wody była badana w punktach pomiarowych na różnych głębokościach. W celu przeprowadzenia analizy wartości te uśredniano.

Średnia temperatura wody ze wszystkich punktów pomiarowych w okresie wykonywania pomiarów wynosiła 15,3 °C, natomiast temperatura powietrza średnio 17,8 °C. Duży rozrzut temperatury powietrza w punktach pomiarowych, tj. między temperaturą 15 °C odnotowaną w Bossin i dwóch punktach na Karsiborze a temperaturą 25,5 °C odnotowaną w Rankwitz, podyktowany był faktem, iż pomiary wykonywane były przez jeden zespół w różnych porach dnia. Wyższe temperatury występowały w godzinach popołudniowych między 14.00 a 16.00. Wahania temperatury wody wykazywały się niższą amplitudą. Najniższą średnią temperaturę wody 14,3 °C odnotowano w 3 miejscowościach po stronie wyspy Uznam, tj. Bossin,

Wilhemhof i Usedom. Najwyższą średnią temperaturę wody, 17,7°C, odnotowano w miejscowości Ahlbeck, również po stronie wyspy Uznam.

Dokonując podziału punktów pomiarowych na te zlokalizowane na śródlądziu i od strony Zalewu Szczecińskiego oraz na te zlokalizowane po stronie Morza Bałtyckiego nie zauważono znaczących, z punktu widzenia pracy pompy ciepła, różnic temperatur wody. Średnia temperatura wód śródlądowych wynosiła 15,2 °C natomiast od strony Morza Bałtyckiego 15,8 °C.



Rysunek 7.42. Graficzne zestawienie wyników pomiarów temperatury wody w stopniach Celsjusza, w poszczególnych lokalizacjach – sezon ciepły

W tabeli 7.4 zestawiono wyniki badań polowych przeprowadzonych w okresie letnim zawartości tlenu, odczynu i przewodnictwa badanych wód powierzchniowych. Na ich podstawie oraz na podstawie badań laboratoryjnych obliczono wartości parametrów analizowanych wód powierzchniowych, co pozwoliło na oszacowanie właściwości wód pod kątem ich korozyjności/agresywności. Wyniki przedstawiono w układzie tabelarycznym (tabl. 7.4 – 7.6) i graficznym (rys. 7.43 – 7.47).

Tabela 7.4 Wyniki pomiarów polowych zawartości tlenu, odczynu i przewodnictwa badanych wód powierzchniowych – sezon ciepły

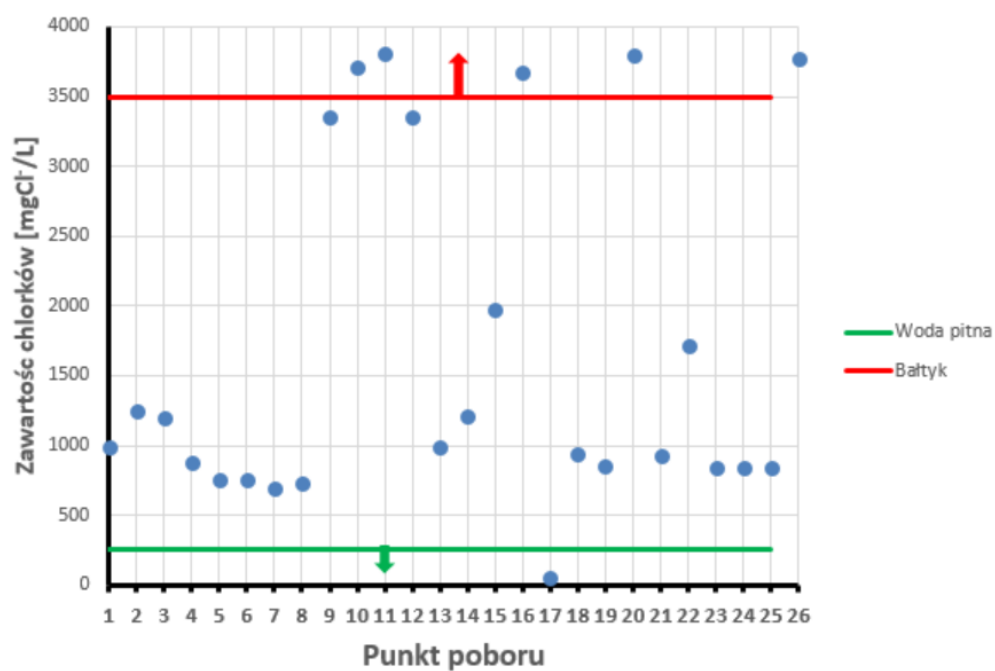
Nr lokalizacji	Nazwa	Wyniki pomiarów polowych						Wyniki średnie pomiary polowe					
		Zawartość tlenu [mgO ₂ /dm ³]			Odczyn [pH]			Przewodnictwo [mS/cm]			O ₂ [mgO ₂ /dm ³]	Odczyn [pH]	Przewodnictwo [mS/cm]
		Pomiar 1	2	3	Pomiar 1	2	3	Pomiar 1	2	3			
1	Karsibór (PL), dzika plaża	10,9			7,41	7,43	7,45	4,04	4,04	4,04	10,90	7,43	4,04
2	Karsibór (PL), Stara Świna	9,75	9,74	9,71	7,25	7,35	7,45	4,9	4,92	4,92	9,73	7,35	4,91
3	Karsibór (PL), baza U-bootów	9,93	9,93	9,92	7,36	7,34	7,33	4,84	4,86	4,83	9,93	7,34	4,84
4	Bossin (DE)	9,44	9,45	9,46	7,3	7,19	7,2	3,55	3,56	3,56	9,45	7,23	3,56
5	Wilhelmshof (DE)	9,19	9,23	9,2	7,24	7,23	7,24	3,37	3,37	3,37	9,21	7,24	3,37
6	Usedom (DE)	11,3	11,41	11,5	8,59	8,66	8,7	3,1	3,11	3,14	11,40	8,65	3,12
7	Karnin (DE)	10,09	10,13	10,18	7,5	7,5	7,5	2,9	2,91	2,91	10,13	7,50	2,91
8	Rankwitz (DE)	11,7	11,77	11,79	7,4	7,4	7,43	3,05	3,07	3,07	11,75	7,41	3,06
9	Wolgast (DE)	9,66			7,1	7,11	7,44	11,86	11,95	11,98	9,66	7,22	11,93
10	Peenemünde (DE)	11,2	11,31	11,41	7,17	7,41	7,48	12,58	12,63	12,69	11,31	7,35	12,63
11	Karlshagen (DE), plaża	10,64	10,69	10,72	7,37	7,9	7,91	13,44	13,46	13,49	10,68	7,73	13,46
12	Ahlbeck (DE), plaża	10,12	10,16	10,2	7,32	7,52	7,6	11,48	11,92	11,91	10,16	7,48	11,77
13	Sułomin (PL)	8,5	8,47	8,46	7,34	7,32	7,32	3,9	3,92	3,93	8,48	7,33	3,92
14	Wapnica (PL)	8,73	8,71	8,71	7,31	7,32	7,32	4,75	4,75	4,75	8,72	7,32	4,75
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	9,85	9,87	9,88	7,33	7,32	7,33	7,4	7,39	7,4	9,87	7,33	7,40
16	Międzyzdroje (PL), SM US	10,5	10,58	10,58	7,32	7,36	7,4	13,15	13,16	13,16	10,55	7,36	13,16
17	Kołczewo (PL)	13,32	13,38	13,4	7,89	7,95	8,05	0,352	0,353	0,354	13,37	7,96	0,35
18	Chynowo (PL), Jezioro Koprwo	10,16	10,18	10,18	7,61	7,6	7,62	3,82	3,82	3,82	10,17	7,61	3,82
19	Sierosław (PL)	2,1	1,97	1,88	7,29	7,27	7,24	3,49	3,5	3,49	1,98	7,27	3,49
20	Międzywodzie (PL), plaża	10,74	10,51	10,53	7,3	7,31	7,32	13,4	13,41	13,41	10,59	7,31	13,41
21	Międzywodzie (PL), Zalew	7,47	7,43	7,4	7,29	7,28	7,27	3,71	3,71	3,71	7,43	7,28	3,71
22	Dziwnów (PL)	10,25	10,26	10,26	7,34	7,33	7,33	6,47	6,47	6,47	10,26	7,33	6,47
23	Unin (PL)	7,21	7,18	7,15	7,2	7,19	7,17	3,53	3,52	3,52	7,18	7,19	3,52
24	Wolin (PL), plaża	9,55	8,55	9,55	7,32	7,31	7,31	3,49	3,53	3,53	9,22	7,31	3,52
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	9,23	9,21	9,19	7,31	7,29	7,27	3,52	3,51	3,51	9,21	7,29	3,51
26	Koserow (DE), plaża	10,38	10,43	10,46	7,35	7,71	7,78	12,46	12,69	12,7	10,42	7,61	12,62

Tabela 7.5 Wyniki badań laboratoryjnych pobranych wód powierzchniowych – sezon ciepły

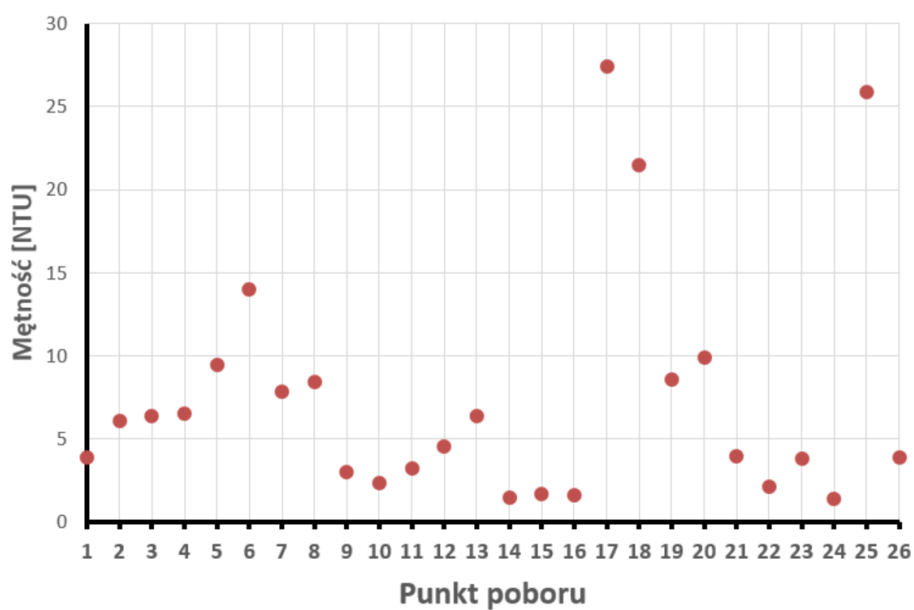
Nr lokalizacji	Nazwa lokalizacji	Wyniki średnie – pomiary polowe			Pomiary laboratoryjne w dniu następnym po pobraniu próbek					Pomiary laboratoryjne 08.10.2021 r.		
		O2 [mgO2/L]	Odczyn [pH]	Przewodnictwo [mS/cm]	O2 [mgO2/L]	Odczyn [pH]	Przewodnictwo [mS/cm]	Mętność [NTU]	Chlorki [mg/L]	Uwagi	Odczyn [pH]	Zasadowość ogólna [mval/L]
Próbki dostarczone dnia 27.09.2021 r.												
1	Karsibór (PL), dzika plaża	10,90	7,43	4,04	10,54	7,29	3,88	3,87	989	widoczna zawiesina	7,78	2,8
2	Karsibór (PL), Stara Świna	9,73	7,35	4,91	9,55	7,18	4,74	6,05	1249	widoczna zawiesina	7,6	2,6
3	Karsibór (PL), baza U-bootów	9,93	7,34	4,84	9,69	7,15	4,74	6,35	1197	widoczna zawiesina	7,52	2,8
4	Bossin (DE)	9,45	7,23	3,56	9,19	7,17	3,49	6,48	872	widoczna zawiesina	7,63	3,1
5	Wilhelmshof (DE)	9,21	7,24	3,37	8,97	7,21	3,3	9,41	755	widoczna zawiesina	7,58	3
6	Usedom (DE)	11,40	8,65	3,12	10,51	7,83	3,09	14	755	widoczna zawiesina	8,1	2,6
7	Karnin (DE)	10,13	7,50	2,91	9,8	7,69	2,86	7,8	690	widoczna zawiesina	7,94	3,05
8	Rankwitz (DE)	11,75	7,41	3,06	11,21	7,86	3,04	8,39	729	widoczna zawiesina	7,89	3
9	Wolgast (DE)	9,66	7,22	11,93	9,73	7,71	11,76	2,96	3350	zawiesina na dnie	7,54	2,3
10	Peenemünde (DE)	11,31	7,35	12,63	10,87	7,68	12,44	2,3	3708	mniej zawiesiny	7,57	2,2
11	Karlshagen (DE), plaża	10,68	7,73	13,46	10,13	8,2	12,87	3,23	3806	mniej zawiesiny	8	2,5
12	Ahlbeck (DE), plaża	10,16	7,48	11,77	9,77	8	11,48	4,5	3350	widoczna zawiesina	7,8	2,4
Próbki dostarczone dnia 29.09.2021 r.												
13	Sułomin (PL)	8,48	7,33	3,92	8,15	7,03	3,83	6,33	989	widoczna zawiesina	7,62	2,9
14	Wapnica (PL)	8,72	7,32	4,75	9,39	6,97	4,63	1,46	1210	mniej zawiesiny	7,56	2,6
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	9,87	7,33	7,40	9,89	7,05	7,19	1,68	1978	mniej zawiesiny	7,6	2,6
16	Międzyzdroje (PL), SM US	10,55	7,36	13,16	10,33	7,11	11,52	1,6	3675	mniej zawiesiny	7,61	2,4
17	Kołczewo (PL)	13,37	7,96	0,35	12,11	7,85	0,302	27,4	51	widoczna zawiesina	8,21	2,4
18	Chynowo (PL), Jezioro Koprowo	10,17	7,61	3,82	9,15	7,46	3,34	21,5	937	widoczna zawiesina	7,96	2,6
19	Sierosław (PL)	1,98	7,27	3,49	2,3	7,49	3,07	8,58	859	widoczna zawiesina	7,66	2,55
20	Międzywodzie (PL), plaża	10,59	7,31	13,41	10,27	7,35	11,72	9,89	3799	widoczna zawiesina	7,68	2
21	Międzywodzie (PL), Zalew	7,43	7,28	3,71	7,18	7,58	3,28	3,9	924	widoczna zawiesina	7,79	2,6
22	Dziwnów (PL)	10,26	7,33	6,47	10,02	7,25	5,66	2,1	1713	mniej zawiesiny	7,7	2,6
23	Unin (PL)	7,18	7,19	3,52	6,99	7,28	3,1	3,82	846	widoczna zawiesina	7,6	2,7
24	Wolin (PL), plaża	9,22	7,31	3,52	9,67	7,36	3,08	1,39	846	widoczna zawiesina	7,76	2,85
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	9,21	7,29	3,51	9,26	7,39	3,08	25,9	846	widoczna zawiesina i glony	7,84	2,7
26	Koserow (DE), plaża	10,42	7,61	12,62	9,95	8,1	12,18	3,87	3578	mniej zawiesiny	7,9	2,5

Tabela 7.6 Obliczeniowe wartości wybranych parametrów pobranych wód powierzchniowych – sezon ciepły

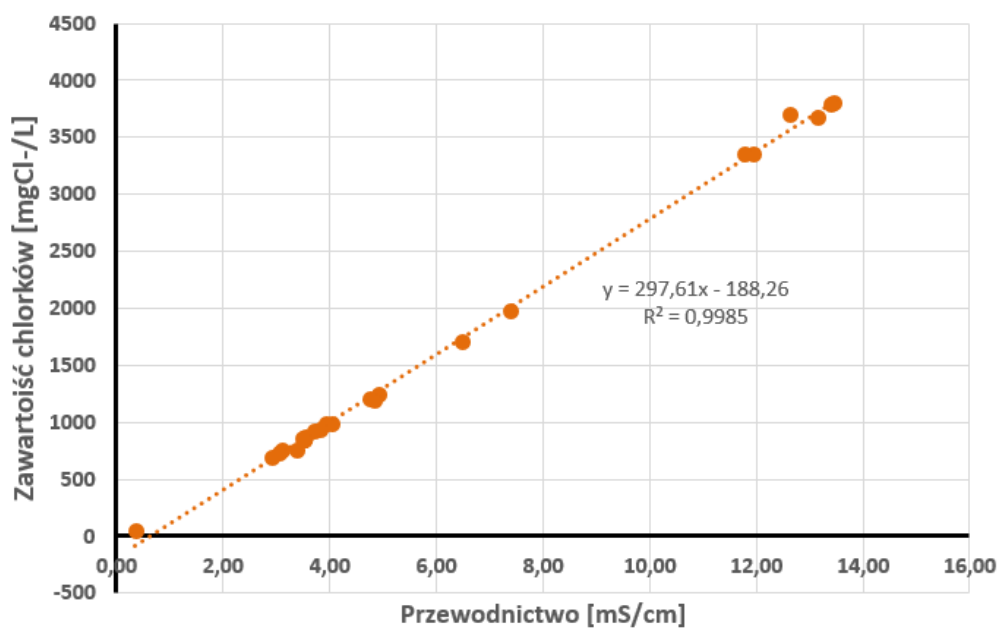
Nr lokalizacji	Nazwa lokalizacji	Wyniki średnie – pomiary polowe		Pomiary laboratoryjne w dniu następnym po pobraniu próbek									
		Odczyn [pH]	Zasadowość ogólna [mval/L]	pHs -	LSI -	kwasowość ogólna [mval/L]	Wolny CO ₂ [mgCO ₂ /L]	Związany CO ₂ [mgCO ₂ /L]	Przynależny CO ₂ [mgCO ₂ /L]	Agresywny CO ₂ [mgCO ₂ /L]	Wskaźnik agresywności -	Twardość węglanowa [mg CaCO ₃ /L]	Zmiana stężenia O ₂ po 1 dobie -
1	Karsibór (PL), dzika plaża	7,78	2,8	7,81	-0,03	0,11	4,8	61,6	6,0	0,0	0,0	140	-0,36
2	Karsibór (PL), Stara Świna	7,6	2,6	7,88	-0,28	0,15	6,7	57,2	4,8	1,9	0,1	130	-0,18
3	Karsibór (PL), baza U-bootów	7,52	2,8	7,81	-0,29	0,20	8,7	61,6	6,0	2,7	0,1	140	-0,24
4	Bossin (DE)	7,63	3,1	7,72	-0,09	0,17	7,5	68,2	8,2	0,0	0,0	155	-0,26
5	Wilhelmshof (DE)	7,58	3	7,75	-0,17	0,18	8,1	66	7,4	0,7	0,0	150	-0,24
6	Usedom (DE)	8,1	2,6	7,88	0,22	0,05	2,1	57,2	4,8	0,0	0,0	130	-0,89
7	Karnin (DE)	7,94	3,05	7,74	0,20	0,08	3,6	67,1	7,8	0,0	0,0	152,5	-0,33
8	Rankwitz (DE)	7,89	3	7,75	0,14	0,09	4,0	66	7,4	0,0	0,0	150	-0,54
9	Wolgast (DE)	7,54	2,3	7,98	-0,44	0,16	6,8	50,6	3,3	3,5	0,2	115	0,07
10	Peenemünde (DE)	7,57	2,2	8,02	-0,45	0,14	6,1	48,4	2,9	3,2	0,2	110	-0,44
11	Karlshagen (DE), plaża	8	2,5	7,91	0,09	0,06	2,6	55	4,3	0,0	0,0	125	-0,55
12	Ahlbeck (DE), plaża	7,8	2,4	7,94	-0,14	0,09	3,9	52,8	3,8	0,1	0,0	120	-0,39
13	Sułomin (PL)	7,62	2,9	7,78	-0,16	0,16	7,2	63,8	6,7	0,5	0,0	145	-0,33
14	Wapnica (PL)	7,56	2,6	7,88	-0,32	0,17	7,4	57,2	4,8	2,6	0,1	130	0,67
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	7,6	2,6	7,88	-0,28	0,15	6,7	57,2	4,8	1,9	0,1	130	0,02
16	Międzyzdroje (PL), SM US	7,61	2,4	7,94	-0,33	0,14	6,1	52,8	3,8	2,3	0,1	120	-0,22
17	Kołczewo (PL)	8,21	2,4	7,94	0,27	0,03	1,5	52,8	3,8	0,0	0,0	120	-1,26
18	Chynowo (PL), Jezioro Koprowo	7,96	2,6	7,88	0,08	0,07	2,9	57,2	4,8	0,0	0,0	130	-1,02
19	Sierosław (PL)	7,66	2,55	7,89	-0,23	0,13	5,8	56,1	4,6	1,2	0,0	127,5	0,32
20	Międzywodzie (PL), plaża	7,68	2	8,10	-0,42	0,10	4,3	44	2,2	2,1	0,1	100	-0,32
21	Międzywodzie (PL), Zalew	7,79	2,6	7,88	-0,09	0,10	4,3	57,2	4,8	0,0	0,0	130	-0,25
22	Dziwnów (PL)	7,7	2,6	7,88	-0,18	0,12	5,4	57,2	4,8	0,5	0,0	130	-0,24
23	Unin (PL)	7,6	2,7	7,84	-0,24	0,16	7,0	59,4	5,4	1,6	0,0	135	-0,19
24	Wolin (PL), plaża	7,76	2,85	7,80	-0,04	0,12	5,1	62,7	6,4	0,0	0,0	142,5	0,45
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	7,84	2,7	7,84	0,00	0,09	4,0	59,4	5,4	0,0	0,0	135	0,05
26	Koserow (DE), plaża	7,9	2,5	7,93	-0,03	0,08	3,3	53,9	4,1	0,1	0,0	123	-0,47



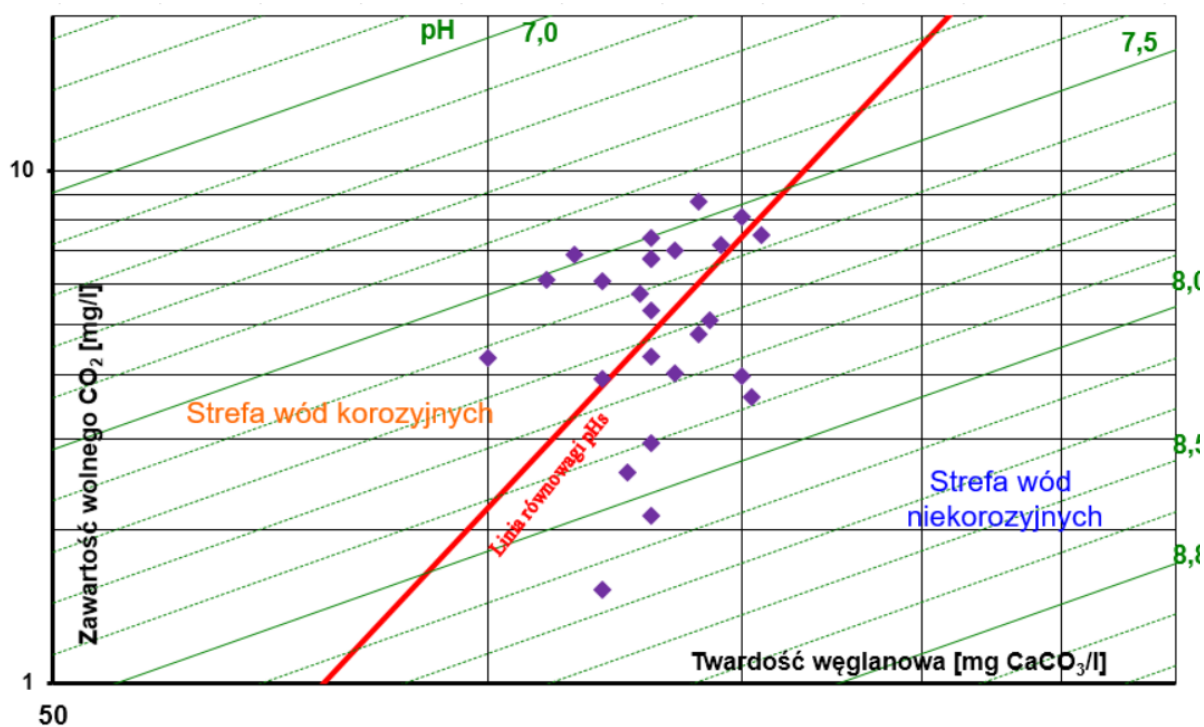
Rysunek 7.43. Zawartość jonów chlorkowych w badanych wodach – sezon ciepły



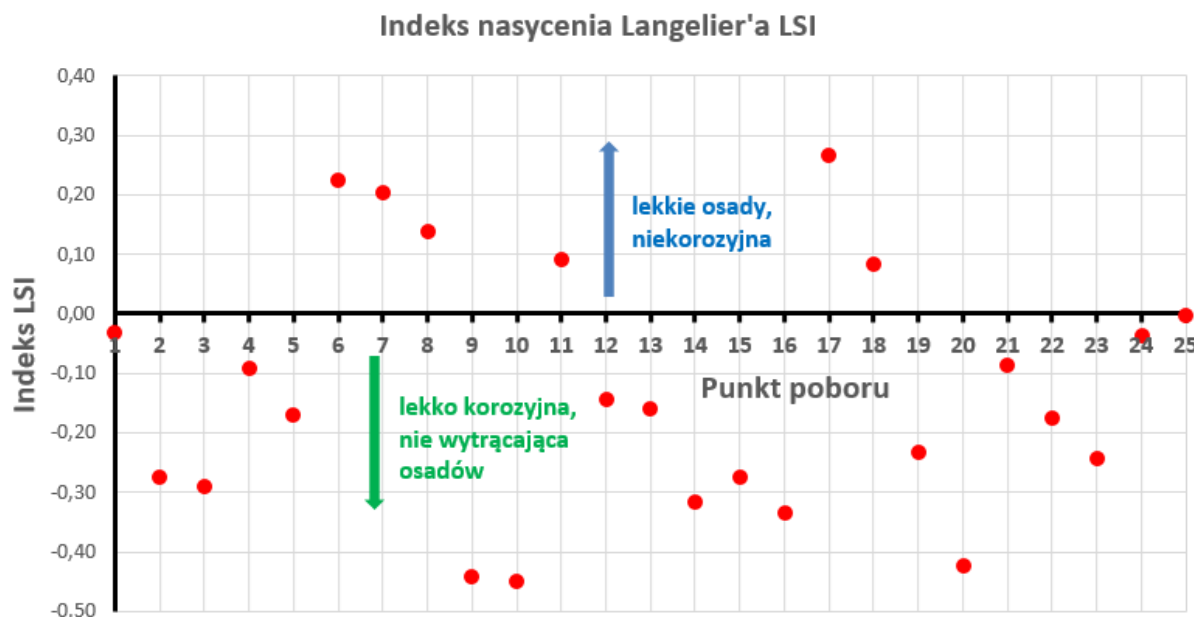
Rysunek 7.44. Mętność badanych wód [NTU] – sezon ciepły



Rysunek 7.45. Zależność pomiędzy stężeniem chlorków a przewodnictwem badanych wód – sezon ciepły



Rysunek 7.46. Diagram równowagi węglanowo-wapniowej badanych wód – sezon ciepły



Rysunek 7.47. Indeks nasycenia Langelier'a (LSI) badanych wód – sezon ciepły

Na podstawie przeprowadzonych badań polowych i laboratoryjnych wskazuje się, że:

1. Badane wody charakteryzują się odczynem zbliżonym do obojętnego z przesunięciem w stronę słabo alkalicznych.
2. Niskie szacowane zawartości wolnego i agresywnego dwutlenku węgla, wartości indeksu Langelier'a oraz niskie wartości wskaźnika intensywności agresywności kwasowęgłanowej wody wskazują na wodę stabilną o lekkiej tendencji korozyjnej. Na diagramie równowagi węglanowo-wapniowej punkty układają się поблизу linii równowagi pHs. Pozwala to założyć, że w temperaturach w jakich badane były próbki, wody nie powinny wykazywać tendencji do wytrącania osadów mineralnych oraz nie powinny wykazywać działania agresywnego.
3. W prawie wszystkich punktach (za wyjątkiem punktu 17 – Jezioro Kołczewo) stwierdzono podwyższone zawartości jonów chlorkowych, i zarazem przewodnictwa, charakterystyczne dla wód Bałtyku i ujściowych odcinków rzek. W całym zakresie oznaczonych wartości przewodnictwa i zawartości chlorków stwierdzono występowanie niemal pełnej korelacji pomiędzy tymi parametrami. Jednocześnie stwierdzano wysokie stężenia tlenu rozpuszczonego. Wysokie zawartości chlorków i tlenu rozpuszczonego mogą sprzyjać procesom korozji.
4. Wyniki oznaczeń mętności oraz obserwacja osadów w przypowierzchniowych warstwach wody pozwala wnioskować o organicznym charakterze zawiesiny. Obecność w wodach

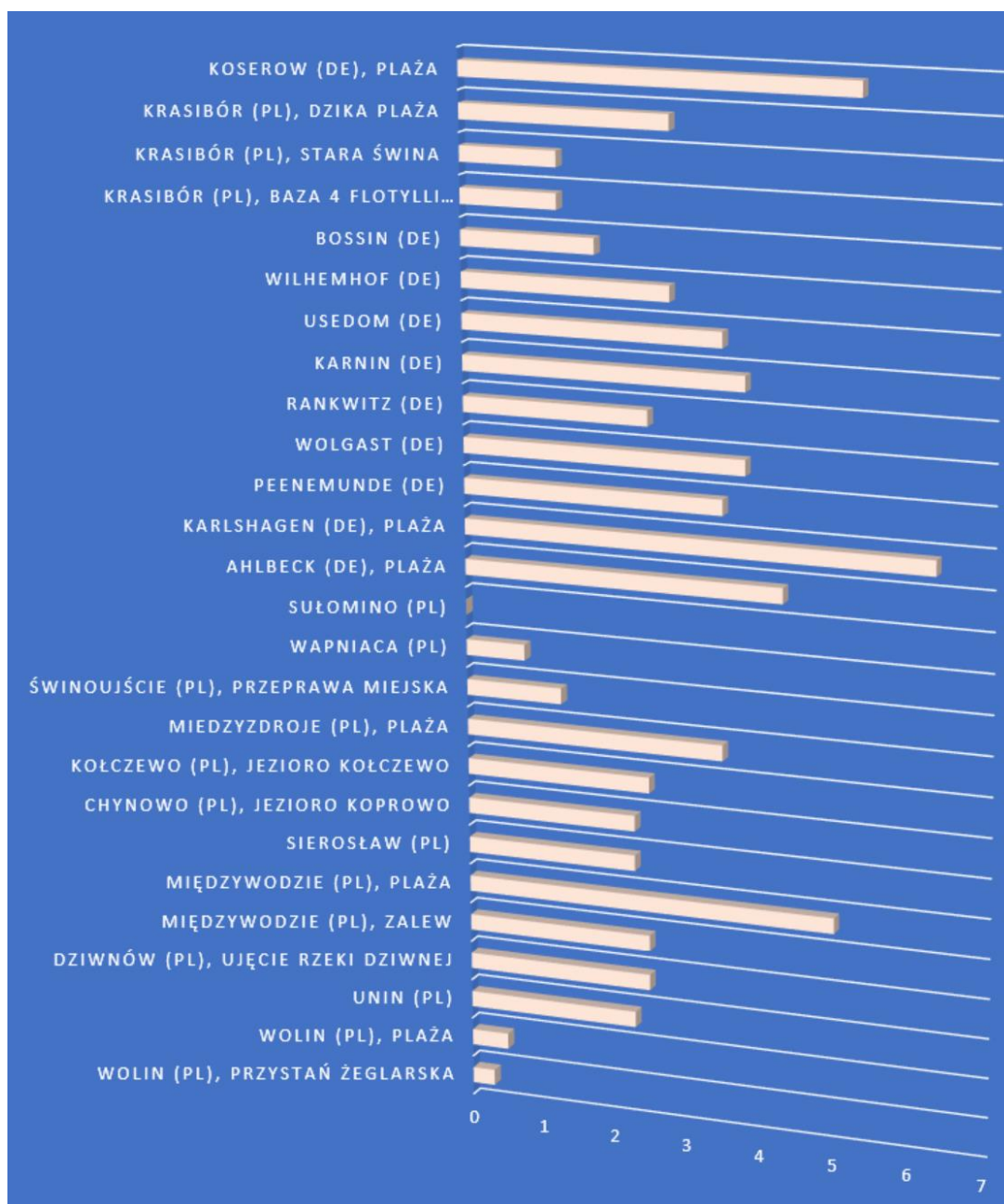
różnorodnych organizmów może powodować tworzenie się błony biologicznej na powierzchniach zanurzanych w wodzie i w przypadku wymienników ciepła pogarszać warunki wymiany ciepła.

7.4. Wyniki pomiarów właściwości fizyko-chemicznych wody na obszarze MoRE – okres zimowy

W tabeli 7.7 oraz na rysunku 7.48 przedstawiono wyniki polowe pomierzonej temperatury wody i powietrza w miejscach poboru próbek wody dla okresu zimowego.

Tabela 7.7 Wyniki pomiarów polowych temperatury wody i powietrza w punktach pomiarowych – okres zimowy

Nr lokalizacji	Lokalizacja	Temperatura [°C]	
		Woda	Powietrze
1	Krasibór (PL), dzika plaża	2,8	8,5
2	Krasibór (PL), Stara Świna	1,3	8
3	Krasibór (PL), Baza 4 Flotyli Szkoleniowej	1,3	7
4	Bossin (DE)	1,8	5,8
5	Wilhemhof (DE)	2,8	8,3
6	Usedom (DE)	3,5	7,5
7	Karnin (DE)	3,8	7,3
8	Rankwitz (DE)	2,5	6,5
9	Wolgast (DE)	3,8	8,3
10	Peenemunde (DE)	3,5	7,8
11	Karlshagen (DE), plaża	6,3	6,5
12	Ahlbeck (DE), plaża	4,3	6
13	Sułomino (PL)	0	3,8
14	Wapniaca (PL)	0,8	8,3
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	1,3	8,8
16	Miedzyzdroje (PL), plaża	3,5	9
17	Kołczewo (PL), Jezioro Kołczewo	2,5	8,3
18	Chynowo (PL), Jezioro Koprowo	2,3	8,1
19	Sierosław (PL)	2,3	9
20	Międzywodzie (PL), plaża	5	9
21	Międzywodzie (PL), Zalew	2,5	8,3
22	Dziwnów (PL), ujęcie rzeki Dziwnej	2,5	8
23	Unin (PL)	2,3	8,5
24	Wolin (PL), plaża	0,5	6,5
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	0,3	7,5
26	Koserow (DE), plaża	5,3	6,25



Rysunek 7.48. Graficzne zestawienie wyników pomiarów temperatury wody w stopniach Celsjusza, w poszczególnych lokalizacjach – sezon zimowy

Tak, jak podczas pomiarów w okresie letnim, również i w tym przypadku, temperatura wody była badana w punktach pomiarowych na różnych głębokościach a do analizy przyjęto wartość średnią z głębokości. Średnia temperatura wody ze wszystkich punktów pomiarowych w okresie wykonywania pomiarów wynosiła 2,6 °C, natomiast temperatura powietrza 7,6 °C. Mimo wykonywania pomiarów temperatury w ciągu dwóch dni, nie zauważono znaczącego rozrzutu temperatury powietrza w punktach pomiarowych. Najniższą zmierzoną wartość odnotowano w miejscowości Sułomino na wyspie Wolin, wynosiła on 3,8 °C, natomiast

najwyższa zmierzona wartość odnotowano w miejscowości Międzyzdroje, również na wyspie Wolin, wynosiła ona 9° C. Jak w okresie letnim, wahania temperatury wody wykazywały się niższą amplitudą. Najniższą średnią temperaturę wody 0 °C odnotowano w miejscowości Sułomino. Tak niska temperatura była wynikiem najprawdopodobniej napływającymi formacjami lodowymi oraz małą głębokością w punkcie pomiaru, która wynosiła 1,2 m. Najwyższą średnią temperaturę wody 6,3 °C odnotowano w miejscowości Karlshagen po stronie wyspy Uznam.

Dokonując podziału punktów pomiarowych na te zlokalizowane na śródlądziu i od strony Zalewu Szczecińskiego oraz na te zlokalizowane po stronie Morza Bałtyckiego, zauważono większe wahania temperatury niż w okresie letnim. Jednak wydaje się, że z punktu widzenia pracy pompy ciepła mogą one być nieistotne. Średnia temperatura wód śródlądowych wynosiła 2,1 °C natomiast od strony Morza Bałtyckiego 3,6 °C. Tak niska temperatura wody będzie powodowała okresowe oblodzenie się wymienników ciepła w każdym trybie pracy, jednak dostępne są już technologie oraz rozwiązania konstrukcyjne aparatów, które w znaczący sposób ograniczają występowanie oblodzenia na powierzchni wymienników ciepła.

W tabeli 7.8 zestawiono wyniki badań polowych przeprowadzonych w okresie zimowym zawartości tlenu, odczynu i przewodnictwa badanych wód powierzchniowych. Na ich podstawie oraz na podstawie badań laboratoryjnych obliczono wartości parametrów analizowanych wód powierzchniowych, co pozwoliło na oszacowanie właściwości wód pod kątem ich korozyjności/agresywności. Wyniki przedstawiono w układzie tabelarycznym (tabl. 7.8 – 7.10) i graficznym (rys. 7.49 – 7.53).

Tabela 7.8 Wyniki pomiarów polowych zawartości tlenu, odczynu i przewodnictwa badanych wód powierzchniowych – badania w sezonie zimowym

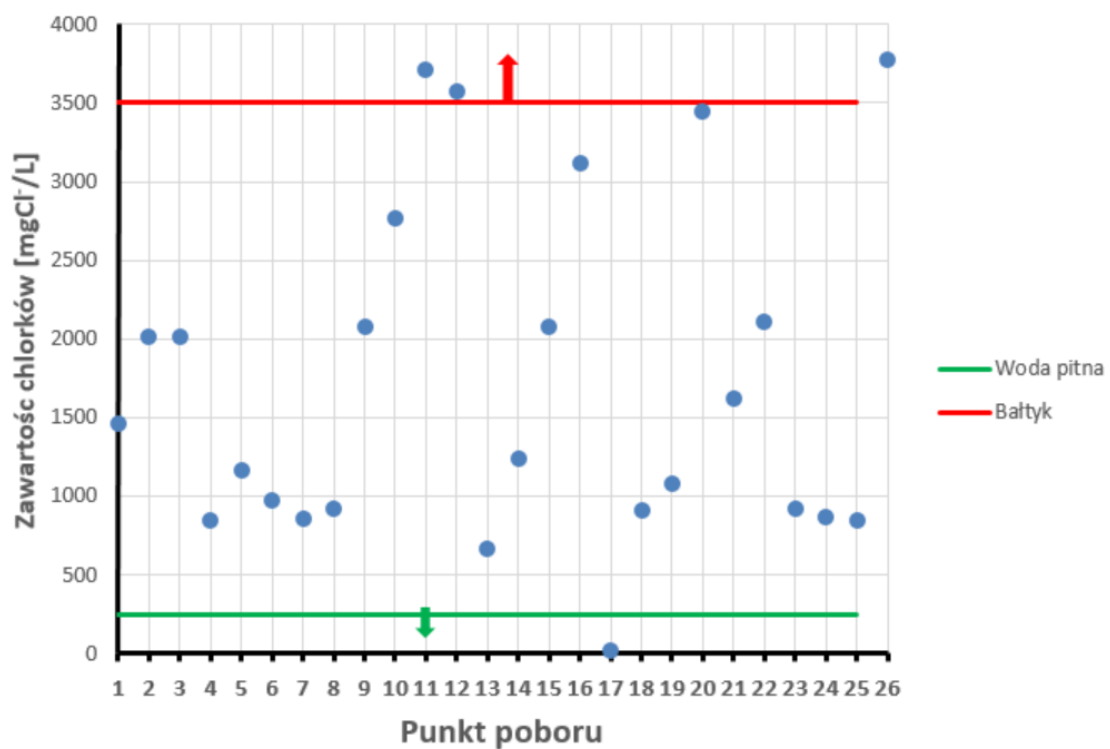
Nr lokalizacji	Nazwa	Wyniki pomiarów polowych						Wyniki średnie pomiary polowe					
		Zawartość tlenu [mgO ₂ /dm ³]			Odczyn [pH]			Przewodnictwo [mS/cm]			O ₂ [mgO ₂ /dm ³]	Odczyn [pH]	Przewodnictwo [mS/cm]
		Pomiar 1	2	3	Pomiar 1	2	3	Pomiar 1	2	3			
1	Karsibór (PL), dzika plaża	12,45	12,51		7,23	7,23		5,7	5,7		9,86	7,23	5,70
2	Karsibór (PL), Stara Świna	12,78	12,84	12,89	7,36	7,38	7,38	7,74	7,76	7,78	9,32	7,37	7,76
3	Karsibór (PL), baza U-bootów	12,69	12,73	12,76	7,42	7,41	7,41	7,36	7,62	7,64	9,23	7,41	7,54
4	Bossin (DE)	12,23	12,26	12,3	7,21	7,22	7,24	3,41	3,43	3,44	7,64	7,22	3,43
5	Wilhelmshof (DE)	12,54	12,6	12,69	7,43	7,45	7,48	4,74	4,74	4,77	8,27	7,45	4,75
6	Usedom (DE)	11,64	11,72	11,74	7,39	7,39	7,39	4,04	4,03	4,05	7,71	7,39	4,04
7	Karnin (DE)	12,17	12,22	12,28	7,47	7,47	7,48	3,64	3,68	3,68	7,79	7,47	3,67
8	Rankwitz (DE)	12,18	12,22	12,28	7,54	7,54	7,53	3,79	3,85	3,85	7,86	7,54	3,83
9	Wolgast (DE)	12,03	12,12	12,12	7,37	7,37	7,39	7,93	7,97	7,97	9,14	7,38	7,96
10	Peenemünde (DE)	12,25	12,33	12,39	7,5	7,48	7,48	9,91	10,13	10,13	9,96	7,49	10,06
11	Karlshagen (DE), plaża	12,31	12,35	12,36	7,45	7,44	7,44	13,32	13,34	13,33	11,04	7,44	13,33
12	Ahlbeck (DE), plaża	12,1	12,12	12,14	7,38	7,38	7,38	12,77	12	83	12,84	7,38	35,92
13	Sułomin (PL)	11,86	11,9	11,96	7,58	7,57	7,55	2,79	2,79	2,8	7,42	7,57	2,79
14	Wapnica (PL)	13,03	13,04	12,7	7,5	7,49	7,49	4,82	4,9	4,93	12,92	7,49	4,88
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	12,84	12,87	12,88	7,47	7,45	7,45	7,65	7,78	7,78	12,86	7,46	7,74
16	Międzyzdroje (PL), SM US	12,08	12,11	12,14	7,44	7,44	7,43	11,6	11,45	11,45	10,35	7,44	11,50
17	Kołczewo (PL)	10,82	10,89	10,94	7,63	7,52	7,5	0,396	0,395	0,396	6,28	7,55	0,40
18	Chynowo (PL), Jezioro Koprowo	12,12	12,18	12,22	7,49	7,48	7,47	3,77	3,77	3,79	7,81	7,48	3,78
19	Sierosław (PL)	12,26	12,3	12,3	7,48	7,42	7,41	4,43	4,42	4,42	8,05	7,44	4,42
20	Międzywodzie (PL), plaża	11,85	11,93	11,95	7,47	7,47	7,47	12,43	12,42	12,46	10,61	7,47	12,44
21	Międzywodzie (PL), Zalew	9,98	10,24	10,27	7,36	7,36	7,37	6,49	6,48	6,48	8,00	7,36	6,48
22	Dziwnów (PL)	12,27	12,36	12,59	7,39	7,42	7,45	8	8,07	8,11	9,30	7,42	8,06
23	Unin (PL)	11,53	11,59	11,63	7,36	7,46	7,46	3,86	3,86	3,88	7,63	7,43	3,87
24	Wolin (PL), plaża	12,56	12,79	12,97	7,5	7,56	7,56	3,64	3,68	3,69	7,99	7,54	3,67
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	13,08	13,12	13,14	7,55	7,61	7,62	3,59	3,6	3,62	8,10	7,59	3,60
26	Koserow (DE), plaża	12,27	12,32	12,36	7,47	7,46	7,46	13,36	13,39	13,39	11,05	7,46	13,38

Tabela 7.9 Wyniki badań laboratoryjnych pobranych wód powierzchniowych – badania w sezonie zimowym

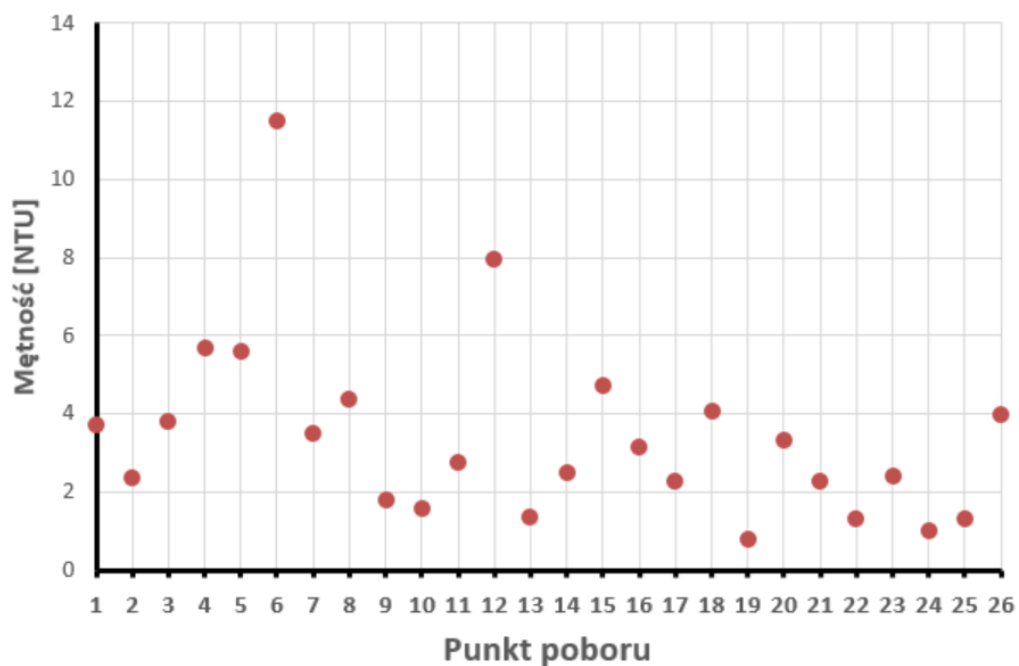
Nr lokalizacji	Nazwa lokalizacji	Wyniki średnie – pomiary polowe			Pomiary laboratoryjne w dniu następnym po pobraniu próbek				Pomiary laboratoryjne			
		O2 [mgO2/L]	Odczyn [pH]	Przewodnictwo [mS/cm]	O2 [mgO2/L]	Odczyn [pH]	Przewodnictwo [mS/cm]	Mętność [NTU]	Chlorki [mg/L]	Odczyn [pH]	Zasadowość ogólna [mval/L]	Kwasowość ogólna [mval/L]
Próbki dostarczone dnia 03.01.2022												
1	Karsibór (PL), dzika plaża	9,86	7,23	5,70		7,51	5,66	3,73	1464	7,51	2,9	0,2
2	Karsibór (PL), Stara Świna	9,32	7,37	7,76		7,65	7,61	2,37	2017	7,65	2,8	0,2
3	Karsibór (PL), baza U-bootów	9,23	7,41	7,54		7,77	7,56	3,82	2017	7,77	2,8	0,2
Próbki dostarczone dnia 04.01.2022												
4	Bossin (DE)	7,64	7,22	3,43		7,26	3,34	5,67	846	7,26	2,8	0,1
5	Wilhelmshof (DE)	8,27	7,45	4,75		7,66	4,6	5,58	1171	7,66	2,8	0,15
6	Usedom (DE)	7,71	7,39	4,04		7,79	3,98	11,5	976	7,79	2,9	0,1
7	Karnin (DE)	7,79	7,47	3,67		7,86	3,6	3,52	859	7,86	3,3	0,2
8	Rankwitz (DE)	7,86	7,54	3,83		7,92	3,79	4,37	924	7,92	3,1	0,15
9	Wolgast (DE)	9,14	7,38	7,96		7,87	7,78	1,8	2082	7,87	2,7	0,05
10	Peenemünde (DE)	9,96	7,49	10,06		7,89	9,86	1,57	2765	7,89	2,6	0,05
11	Karlshagen (DE), plaża	11,04	7,44	13,33		7,96	12,8	2,76	3708	7,96	2	0,05
12	Ahlbeck (DE), plaża	12,84	7,38	35,92		7,96	12,58	7,98	3578	7,96	2,1	0,1
Próbki dostarczone dnia 03.01.2022												
13	Sułomin (PL)	7,42	7,57	2,79		7,86	2,81	1,38	664	7,86	2,4	0,2
14	Wapnica (PL)	12,92	7,49	4,88		7,87	4,93	2,48	1236	7,87	2,9	0,1
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	12,86	7,46	7,74		7,88	7,77	4,73	2082	7,88	2,7	0,1
16	Międzyzdroje (PL), SM US	10,35	7,44	11,50		7,73	11,38	3,14	3123	7,73	2,2	0,1
17	Kołczewo (PL)	6,28	7,55	0,40		7,9	0,41	2,27	21	7,9	2,8	0,15
18	Chynowo (PL), Jezioro Koprowo	7,81	7,48	3,78		7,72	3,76	4,05	911	7,72	3	0,1
19	Sierosław (PL)	8,05	7,44	4,42		7,85	4,4	0,79	1080	7,85	3	0,1
20	Międzywodzie (PL), plaża	10,61	7,47	12,44		7,79	12,34	3,32	3448	7,79	2,2	0,15
21	Międzywodzie (PL), Zalew	8,00	7,36	6,48		7,66	6,39	2,29	1626	7,66	2,9	0,15
22	Dziwnów (PL)	9,30	7,42	8,06		7,74	7,96	1,32	2114	7,74	2,7	0,15
23	Unin (PL)	7,63	7,43	3,87		7,82	3,86	2,41	924	7,82	3,2	0,15
24	Wolin (PL), plaża	7,99	7,54	3,67		7,89	3,66	1,02	872	7,89	3	0,15
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	8,10	7,59	3,60		7,88	3,62	1,33	846	7,88	3,1	0,15
Próbki dostarczone dnia 04.01.2022												
26	Koserow (DE), plaża	11,05	7,46	13,38		7,95	13,06	4	3773	7,95	2	0,05

Tabela 7.10 Obliczeniowe wartości wybranych parametrów pobranych wód powierzchniowych – badania w sezonie zimowym

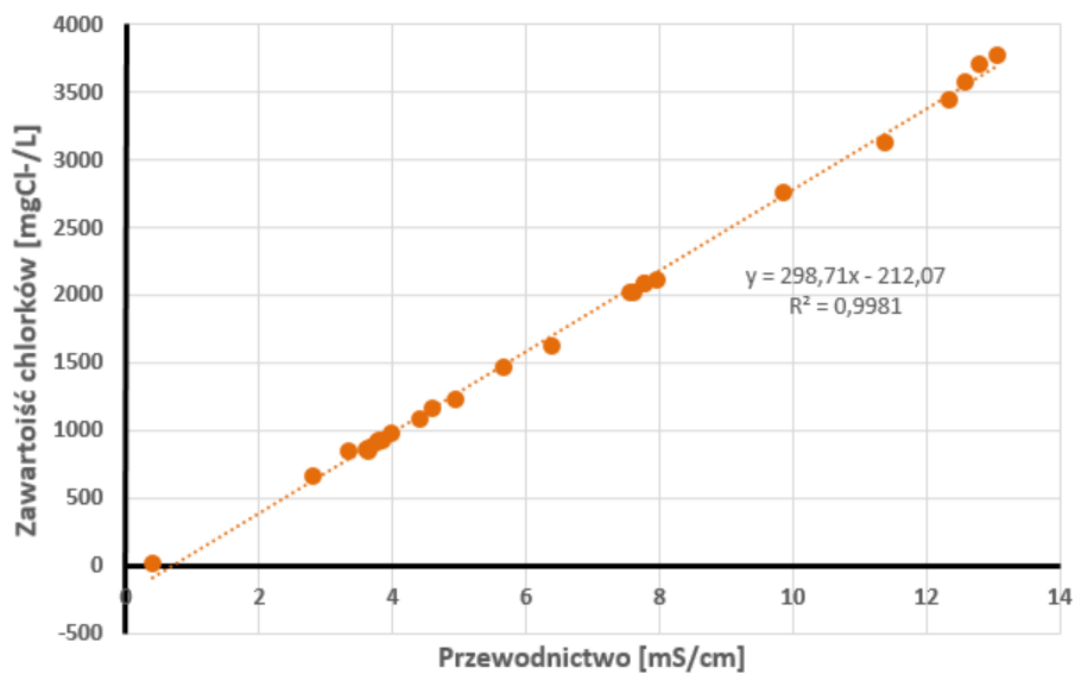
Nr lokalizacji	Nazwa lokalizacji	Wyniki średnie – pomiary polowe									
		Odczyn [pH]	Zasadowość ogólna [mval/L]	pHs -	LSI -	Wolny CO ₂ [mgCO ₂ /L]	Związany CO ₂ [mgCO ₂ /L]	Przynależny CO ₂ [mgCO ₂ /L]	Agresywny CO ₂ [mgCO ₂ /L]	Wskaźnik agresywności -	Twardość węglanowa [mg CaCO ₃ /L]
1	Karsibór (PL), dzika plaża	7,51	2,9	0,2	7,78	8,8	63,8	6,7	2,1	0,1	145
2	Karsibór (PL), Stara Świna	7,65	2,8	0,2	7,81	8,8	61,6	6,0	2,8	0,1	140
3	Karsibór (PL), baza U-bootów	7,77	2,8	0,2	7,81	8,8	61,6	6,0	2,8	0,1	140
4	Bossin (DE)	7,26	2,8	0,1	7,81	4,4	61,6	6,0	0,0	0,0	140
5	Wilhelmshof (DE)	7,66	2,8	0,15	7,81	6,6	61,6	6,0	0,6	0,0	140
6	Usedom (DE)	7,79	2,9	0,1	7,78	4,4	63,8	6,7	0,0	0,0	145
7	Karnin (DE)	7,86	3,3	0,2	7,67	8,8	72,6	9,9	0,0	0,0	165
8	Rankwitz (DE)	7,92	3,1	0,15	7,72	6,6	68,2	8,2	0,0	0,0	155
9	Wolgast (DE)	7,87	2,7	0,05	7,84	2,2	59,4	5,4	0,0	0,0	135
10	Peenemünde (DE)	7,89	2,6	0,05	7,88	2,2	57,2	4,8	0,0	0,0	130
11	Karlshagen (DE), plaża	7,96	2	0,05	8,10	2,2	44	2,2	0,0	0,0	100
12	Ahlbeck (DE), plaża	7,96	2,1	0,1	8,06	4,4	46,2	2,5	1,9	0,1	105
13	Sułomin (PL)	7,86	2,4	0,2	7,94	8,8	52,8	3,8	5,0	0,4	120
14	Wapnica (PL)	7,87	2,9	0,1	7,78	4,4	63,8	6,7	0,0	0,0	145
15	Świnoujście (PL), przeprawa miejska	7,88	2,7	0,1	7,84	4,4	59,4	5,4	0,0	0,0	135
16	Międzyzdroje (PL), SM US	7,73	2,2	0,1	8,02	4,4	48,4	2,9	1,5	0,0	110
17	Kołczewo (PL)	7,9	2,8	0,15	7,81	6,6	61,6	6,0	0,6	0,0	140
18	Chynowo (PL), Jezioro Koprowo	7,72	3	0,1	7,75	4,4	66	7,4	0,0	0,0	150
19	Sierosław (PL)	7,85	3	0,1	7,75	4,4	66	7,4	0,0	0,0	150
20	Międzywodzie (PL), plaża	7,79	2,2	0,15	8,02	6,6	48,4	2,9	3,7	0,3	110
21	Międzywodzie (PL), Zalew	7,66	2,9	0,15	7,78	6,6	63,8	6,7	0,0	0,0	145
22	Dziwnów (PL)	7,74	2,7	0,15	7,84	6,6	59,4	5,4	1,2	0,0	135
23	Unin (PL)	7,82	3,2	0,15	7,69	6,6	70,4	9,0	0,0	0,0	160
24	Wolin (PL), plaża	7,89	3	0,15	7,75	6,6	66	7,4	0,0	0,0	150
25	Wolin (PL), przystań żeglarska	7,88	3,1	0,15	7,72	6,6	68,2	8,2	0,0	0,0	155
26	Koserow (DE), plaża	7,95	2	0,05	8,10	2,2	44	2,2	0,0	0,0	100



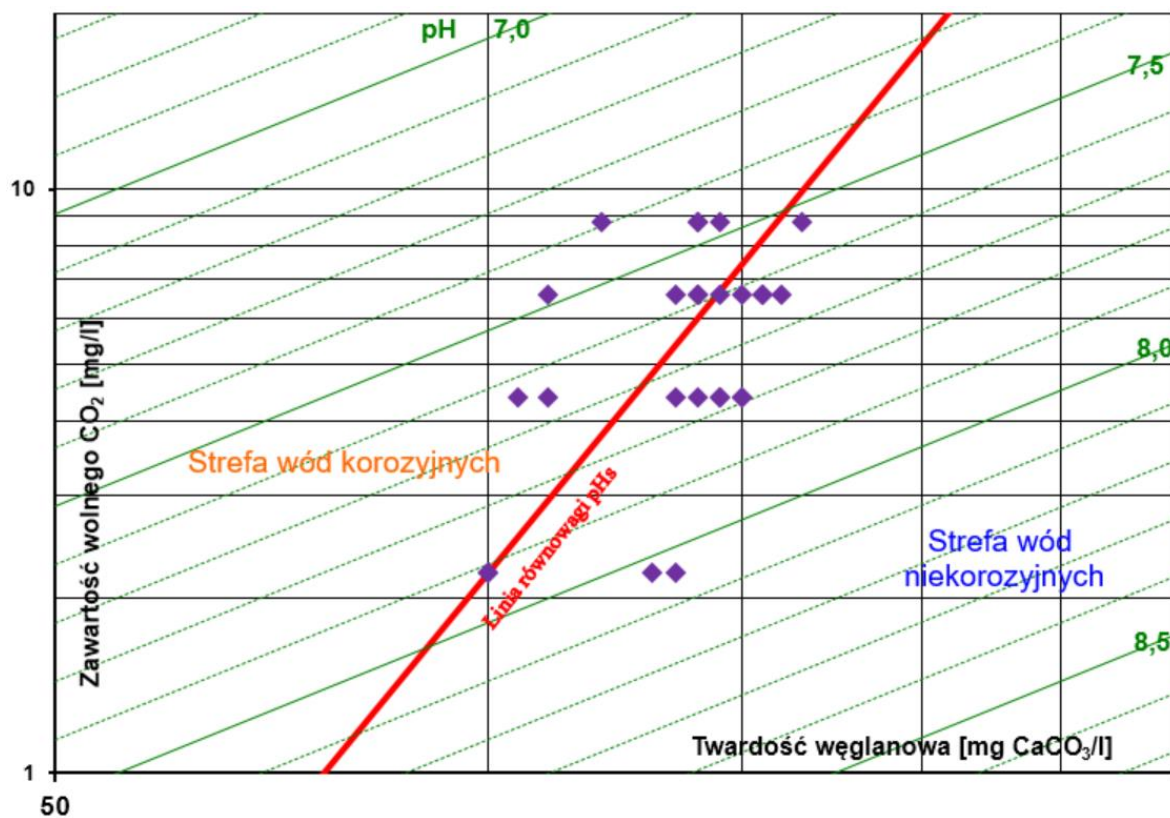
Rysunek 7.49. Zawartość jonów chlorkowych w badanych wodach – sezon zimowy



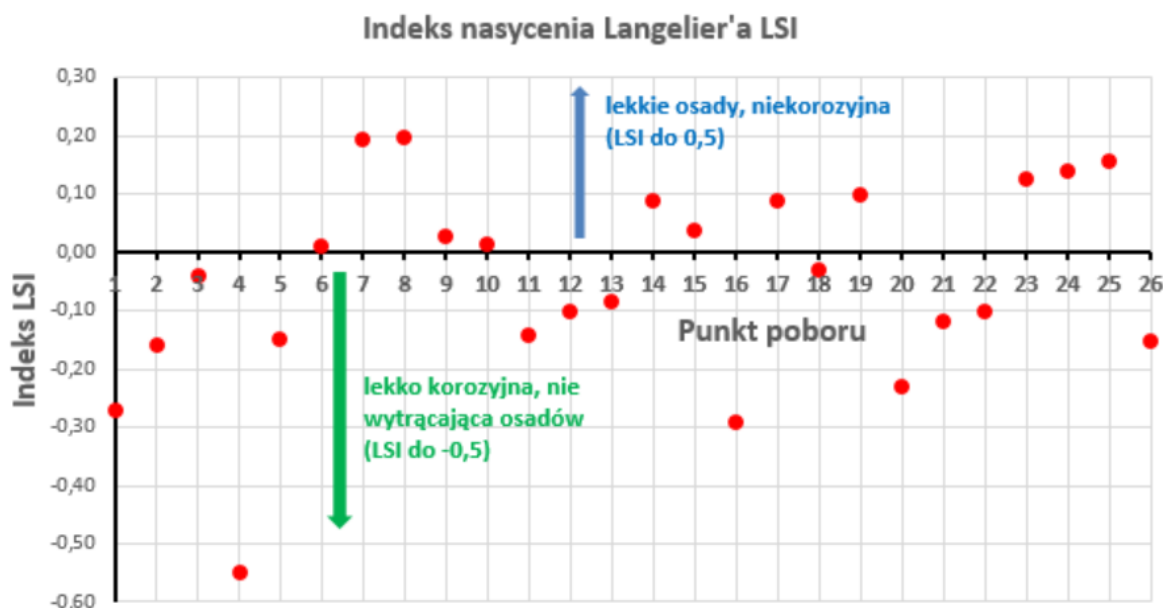
Rysunek 7.50. Mętność badanych wód [NTU] – sezon zimowy



Rysunek 7.51. Zależność pomiędzy stężeniem chlorków a przewodnictwem badanych wód – sezon zimowy



Rysunek 7.52. Diagram równowagi węglanowo-wapniowej badanych wód – sezon zimowy



Rysunek 7.53. Indeks nasycenia Langelier'a (LSI) badanych wód – sezon zimowy

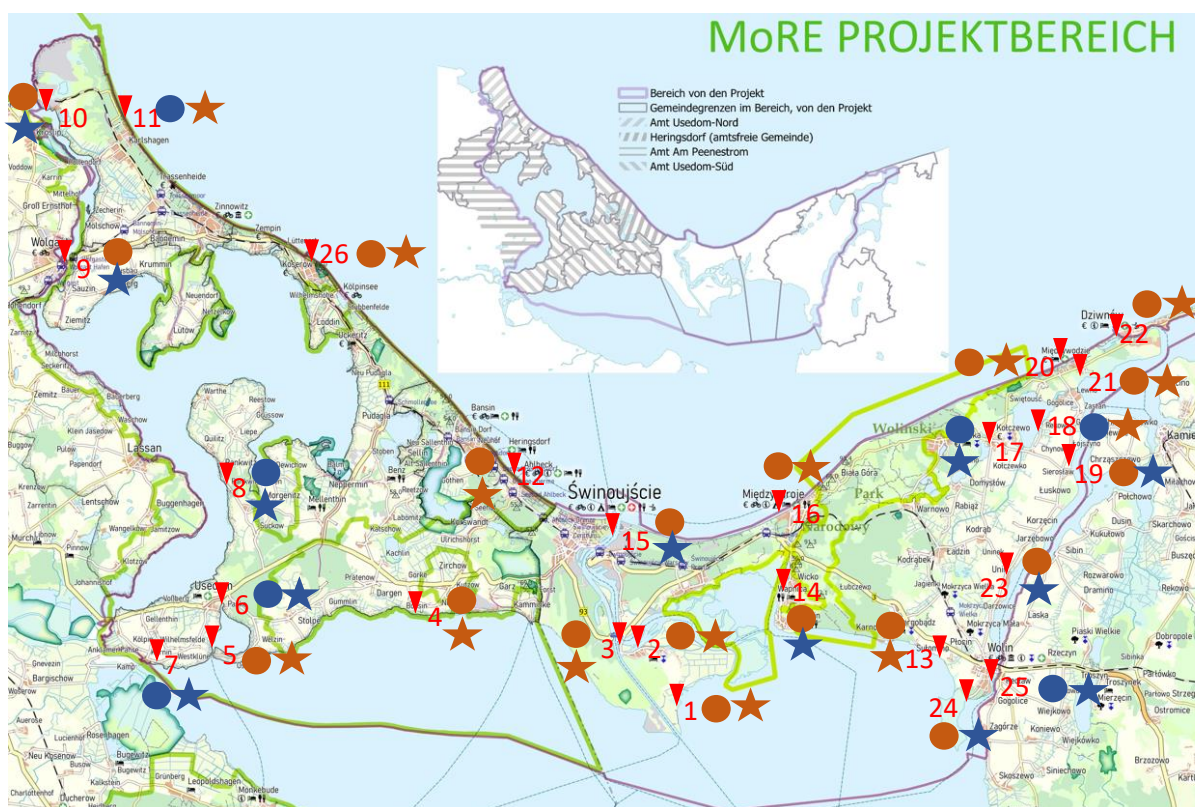
Analiza wyników prób wód pobranych w sezonie zimowym pozwala na wyciągnięcie podobnych wniosków jak w przypadku wyników badań przeprowadzonych w sezonie letnim.

1. Badane wody charakteryzują się odczynem zbliżonym do obojętnego z przesunięciem w stronę słabo alkalicznych.
2. Niskie szacowane zawartości wolnego i agresywnego dwutlenku węgla, wartości indeksu Langelier'a oraz niskie wartości wskaźnika intensywności agresywności kwaso-węglanowej wody wskazują na wodę stabilną o lekkiej tendencji korozyjnej. Na diagramie równowagi węglanowo-wapniowej punkty układają się поблизу linii równowagi pHs. Pozwala to założyć, że w temperaturach w jakich badane były próbki, wody nie powinny wykazywać tendencji do wytrącania osadów mineralnych oraz nie powinny wykazywać działania agresywnego.
3. W prawie wszystkich punktach (za wyjątkiem punktu 17 – Jezioro Kołczewo) stwierdzono podwyższone zawartości jonów chlorkowych, i zarazem przewodnictwa, charakterystyczne dla wód Bałtyku i ujściowych odcinków rzek. W całym zakresie oznaczonych wartości przewodnictwa i zawartości chlorków stwierdzono występowanie niemal pełnej korelacji pomiędzy tymi parametrami. Jednocześnie stwierdzano wysokie stężenia tlenu rozpuszczonego. Wysokie zawartości chlorków i tlenu rozpuszczonego mogą sprzyjać procesom korozji, które jednak mogą być osłabione ze względu na niższe temperatury.

4. Niższe niż w przypadku sezonu letniego wyniki oznaczeń mętności oraz obserwacja osadów w przypowierzchniowych warstwach wody zdaje się potwierdzać wniosek o organicznym charakterze zawiesiny. Obecność w wodach różnorodnych organizmów może powodować tworzenie się błony biologicznej na powierzchniach zanurzanych w wodzie i w przypadku wymienników ciepła pogarszać warunki wymiany ciepła przy czym w sezonie zimowym procesy te mogą być zwolnione.

8. Możliwości wykorzystania wody jako źródła chłodu i ciepła dla pomp ciepła – podsumowanie

Na rysunku 8.1 przedstawiono interpretację graficzną wykonanych badań potencjału wykorzystania wód powierzchniowych w celach energetycznych.



Rysunek 8.1. Wyspy Uznam i Wolin, korozyjność wód w sezonach letnim i zimowym

Legenda: ☆ sezon zimowy; ○ sezon letni; ■ wody lekko korozyjne; ■ wody niekorozyjne

Jak wynika z przeprowadzonych badań polowych oraz analiz laboratoryjnych próbek wody zebranych ze zbiorników wodnych wysp Wolin i Uznam, wody powierzchniowe na obszarze MoRE nie wykazują wysokich właściwości korozyjnych. Istnieje jednak niebezpieczeństwo

zarastania błoną biologiczną wymienników ciepła umieszczonych bezpośrednio w wodzie. Ma to związek z zawiesiną biologiczną występującą w wodzie, która to jest wynikiem w głównej mierze działalności rolniczej człowieka na tym obszarze oraz spowodowanym spływem nawozów rolniczych powodujących m.in. intensywny wzrost glonów w okresie letnim.

Pomierzona temperatura wody w okresie letnim pozwala wnioskować o dużym potencjale zrzutu ciepła na analizowanym obszarze (zastosowanie wód do celów chłodniczych), pod warunkiem wykorzystania na cele chłodnicze i klimatyzacyjne tylko wód powierzchniowych otwartych z wyłączeniem małych zamkniętych zbiorników śródlądowych lub o małej wymianie masy (przepływie). Wykorzystanie takich zbiorników śródlądowych na cele chłodnicze (zwłaszcza dla dużych instalacji pomp ciepła) mogłoby doprowadzić do ich degradacji biologicznej z uwagi na przyspieszenie procesu eutrofizacji.

W okresie zimowym zauważa się duże zróżnicowanie temperatury wody w zbiornikach znajdujących się na analizowanym terenie. Pomiarzy wykazały wyższe temperatury wody w morzu Bałtyckim w stosunku do temperatur wód śródlądowych. Z punktu widzenia termodynamiki obiegu pompy ciepła wyższe temperatury nośnika ciepła są korzystniejsze w kontekście uzyskiwanych wartości współczynnika efektywności energetycznej COP. Z drugiej strony biorąc pod uwagę średnie zasolenia Bałtyku na poziomie 7 – 8 promili na etapie inwestycyjnym należy przewidzieć zastosowanie wymienników ciepła odpornych na właściwości korozyjne wody morskiej. W innym przypadku należy liczyć się z krótszą żywotnością aparatów oraz skróconym czasem wymaganych serwisów.

W okresie występowania temperatur wody poniżej 5°C należy wykorzystać odpowiednie technologie odzysku ciepła które zabezpieczą parownik przed tworzeniem się warstwy lodu na jego powierzchni.

Z uwagi na uwarunkowania klimatyczne regionu wysp Uznam i Wolin, podczas planowania inwestycji związanych z wodnymi pompami ciepła należy wziąć pod uwagę niekoherentność ilości ciepła możliwego do pozyskania z wód powierzchniowych w okresie zimowym oraz zapotrzebowania na to ciepło do celów grzewczych w tym samym okresie. Niskie temperatury powietrza atmosferycznego w okresie zimnym wpływają na kształtowanie się temperatury wód powierzchniowych co realnie przenosi się na spadek wydajności oraz współczynnika efektywności energetycznej całej instalacji. W tym okresie zapotrzebowania na ciepło do ogrzewania i produkcji ciepłej wody użytkowej jest największe. W tym przypadku trzeba przewidzieć okresowe spadki wydajności i zaprojektować instalację o odpowiednio większej

wydajności (odnosząc się do występowania minimalnych temperatury wody i powietrza i długości ich utrzymywania się na danym obszarze). Innym sposobem uniknięcia zjawiska niepokrywania się wydajności pompy ciepła z wymaganą ilością ciepła potrzebną do utrzymania komfortu cieplnego i przygotowania ciepłej wody użytkowej jest projekt i budowa instalacji hybrydowej w której pompa ciepła stanowiła by jedno z dwóch źródeł ciepła a algorytm pracy oparty byłby na odpowiednim włączaniu pompy ciepła w zależności od kształtowania się temperatury zewnętrznych. Jednym z dobrych przykładów trybów pracy takie instalacji jest tryb monoenergetyczny. Pompa ciepła w takim przypadku posiada wsparcie przez dodatkowe elektryczne źródło ciepła (np. wbudowany przepływowy podgrzewacz elektryczny lub kocioł elektryczny). Tryb monoenergetyczny pozwala zastosować jedynie przyłącze elektryczne dla budynku (np. przy braku dostępu do sieci gazowej). Taki tryb pracy dobrze sprawdza się w obiektach poddawanych termomodernizacji a praca pompy ciepła może pokryć nawet 90% potrzeb rocznych ciepła.

Problem niekoherentności nie występuje w okresie letnim. Odpowiednio zaprojektowana wodna pompa ciepła bez problemu poradzi sobie ze zrzutem nadmiaru ciepła do powierzchniowych zbiorników wodnych nawet w okresach gdy ich temperatura przekracza 25°C. Odpowiednio duża bezwładność zbiorników oraz intensywny proces wymiany ciepła poprzez parowanie nie będzie miał wpływu na podwyższenie się temperatury wody.

Wszystkie rozpatrywane warianty instalacji pompy ciepła, tj.:

- pompa ciepła pracująca z bezpośrednim odparowaniem/ skraplaniem czynnika chłodniczego w wodzie,
- pompa ciepła pracująca w z obiegiem pośrednim (obieg glikolowy), zarówno w okresie zimowym oraz letnim
- pompa ciepła z wymiennikiem płaszczowo rurowym pracującym jako parownik w okresie zimowym i skraplacz w okresie letnim, do którego woda dostarczana byłaby rurociągiem ssawnym (zasysanie wody ze zbiornika wodnego przez aparat ssawny),

w obliczu pomierzonej temperatury wód powierzchniowych, cechowałyby się wysokim współczynnikiem efektywności energetycznej COP, przy czym należy zauważyć, że instalacje z obiegiem pośrednim oraz z tłoczeniem wody do maszynowni pompy ciepła na wymiennik np. płaszczowo rurowy, dotyczyć miałyby dużych obiektów o zapotrzebowaniu na energię do ogrzewania/ chłodzenia i przygotowania c.w.u. na poziomie zużycia w obiektach użyteczności

publicznej (szkoły, urzędy, kościoły, biurowce, hale sportowe) lub całorocznie wykorzystywanych obiektach zamieszkania zbiorowego (pensjonaty, hotele).

Instalacje pracujące z bezpośrednim odparowaniem/skrapaniem czynnika chłodniczego w wodzie doskonale sprawdzą się w małych gospodarstwach domowych, budynkach mieszkalnych jednorodzinnych, kempingach, marinach, restauracjach i pubach położonych nad brzegiem akwenu zarówno w okresie zimowym jak i letnim.

Wykraczając poza sezon ciepły i zimny, należy podkreślić, że wyższą efektywność kosztową (ekonomiczną) pomp ciepła w porównaniu do innych systemów grzewczych najłatwiej jest zauważyć w okresach przejściowych, tj. w strefie klimatycznej charakterystycznej dla obszaru MoRE – w okresie wiosennym i jesiennym. Okresy te cechują się dużym wahaniami temperatury zewnętrznej w ciągu doby (między nocą a dniem), co wymusza na użytkownikach załączanie systemów grzewczych w celu kompensacji strat ciepła. Utrzymujące się relatywnie wysokie temperatury powietrza, wody i gruntu w tych okresach decydują o wysokiej efektywności energetycznej pomp ciepła. Przykładowo w systemie pompy ciepła powietrze/woda, urządzenie pracuje w okresie dnia, tj. np. w godzinach między 12 a 17, kiedy temperatura jest jeszcze wysoka (nawet 15 °C w październiku), dostarczając ciepło do bufora ciepłej wody. Woda ta użytkowana jest później do celów grzewczych oraz jako ciepła woda użytkowa. Statystycznie w strefie klimatycznej Południowego Bałtyku największe rozbiory wody z bufora ciepła występują rano, między godziną 7 a 11, oraz wieczorem – od godziny 19 do 22. W takich warunkach pompa ciepła z powodzeniem pracuje w trybie monowalentnym (bez konieczności załączenia szczytowego źródła ciepła), pokrywając 100% zapotrzebowania na ciepło lub chłód.

Wskazuje się również, że istnieje wysoki potencjał wykorzystania pomp ciepła w sezonie letnim (ciepłym) tylko na potrzeby przygotowania ciepłej wody użytkowej (pobór ciepła ze zbiornika). W tym przypadku można wykorzystać też jeziora, ponieważ pobór ciepła i w skutek tego ochładzanie wody w zbiorniku (głównie małe zbiorniki śródlądowe) będzie wpływać korzystnie na jego stan spowalniając przebieg procesu eutrofizacji.

Podczas pomiaru temperatury w miejscach charakterystycznych, zwracano również uwagę na gradient temperatury w kierunku dna zbiornika. W okresie letnim w większości przypadków różnica między temperaturą wody na dnie zbiornika a temperaturą na powierzchni nie przekraczała 1°C (maksymalna głębokość w punkcie pomiarowym wynosiła 3 m). Z punktu widzenia zastosowania systemu pompy ciepła, w którym woda tłoczona byłaby rurami do

wymiennika ciepła, zależność taka jest korzystna. Czerpak wody można zanurzyć na głębokości np. 2 m pod powierzchnią wody. Takie rozwiązanie w znaczący sposób polepszy „jakość” wody dostarczanej do wymiennika w celu odparowania/ skroplenia czynnika chłodniczego ponieważ największe skupisko różnorodnych organizmów tworzących błonę biologiczną występuje przy powierzchni tafli wody.

W okresie zimowym gradient temperatur w punktach pomiarowych nie przekraczał 2°C. Przy czym należy zauważyć że zależność ta było odwrotnie proporcjonalna do kierunku gradientu temperatury wody w okresie letnim. Woda przy powierzchni zbiornika charakteryzowała się najniższą temperaturą natomiast przy dnie zbiornika w wielu przypadkach była wyższa. Przyczyna takiego rozkładu temperatur w zbiorniku wodnym w okresie zimowym jest częściowo występujące oblodzenie powierzchni wody. Natomiast ruchy konwekcyjne powodują że woda o największej gęstości (dla wody to ok. 4°C) zalega na dnie zbiornika. W takiej sytuacji czerpanie wody odbywało by się możliwie blisko dna zbiornika. W przypadku występującego znacznego oblodzenia należy przewidzieć wykonanie zabezpieczenia rury czerpalnej (jeżeli system przewiduje instalację naziemną) przed oddziaływaniem dryfującego lodu.

Jak wynika z analizy pomiarów temperatury wody i powietrza w wybranych lokalizacjach badań pilotażowych, pomiarów właściwości fizyko chemicznych wody oraz analizy trendów związanych z występującym oblodzeniem, zastosowanie wodnych pompy ciepła jako źródło chłodu i ciepła może przynieść wymierne korzyści zarówno pod względem środowiskowym jak i finansowym. Zwiększenie udziału tych urządzeń w ogólnej liczbie urządzeń dostarczających ciepło/chłód na obszarze MoRE, może przyczynić się to poprawy jakości powietrza w sposób pośredni i bezpośredni redukując emisję dwutlenku węgla oraz innych szkodliwych substancji powstających podczas spalania paliw kopalnych. Dodatkowo odpowiednio organizując system zasilania pomp ciepła za pomocą energii elektrycznej powstałej z ogniw fotowoltaicznych lub istniejących farm wiatrowych (wykorzystując istniejącą infrastrukturę) sprawi że urządzenia to będą dostarczać energię w postaci ciepła i chłodu w 100% wyprodukowaną z energii odnawialnej. Ograniczenie zanieczyszczeń oraz stosowanie nowoczesnych zielonych technologii pozyskiwania ciepła i chłodu przełoży się na wzrost konkurencyjności obszaru MoRE w odniesieniu do innych terenów nadmorskich.

Analizowany region, pod względem uwarunkowań środowiskowych i geograficznym, posiada duży potencjał do wdrażania systemów grzewczych i chłodniczych bazujących na wykorzystaniu energii odnawialnej.

Wszystkie te działania są zbieżne z Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2021/1119 z dnia 30 czerwca 2021 r. ustanawiające ramy dla osiągnięcia neutralności klimatycznej i zmieniające rozporządzenia (WE) nr 401/2009 i (UE) 2018/1999 („Europejskie prawo o klimacie”). Rozporządzenie to weszło w życie dnia 29 lipca 2021 roku i zgodnie z nim państwa Unii Europejskiej prawnie zobowiązały się że do 2030 roku zredukują emisje gazów cieplarnianych o co najmniej 55% (względem poziomu z 1990 roku) oraz że Unia Europejska stanie się neutralna klimatycznie do roku 2050.

Bibliografia

1. Atlas of Geothermal Resources of Paleozoic formations in the Polish Lowlands. (ed. by Wojciech Górecki). Kraków 2006.
2. Atlas of Geothermal Resources of Mesozoic formations in the Polish Lowlands. (ed. by Wojciech Górecki). Kraków 2006.
3. Dadlez R., Jaroszewski W. 1994. Tektonika. Wyd. PWN. Warszawa.
4. Górecki W. (red). 2006. Atlas zasobów geotermalnych formacji paleozoicznej na Niżu Polskim. Wyd. Ministerstwo Środowiska, AGH, Kraków. PIG Warszawa. Kraków.
5. Górecki W. (red). 2006. Atlas zasobów geotermalnych formacji mezozoicznej na Niżu Polskim. Wyd. Ministerstwo Środowiska, AGH Kraków, PIG Warszawa. Kraków.
6. Kondracki J. 2001. Geografia regionalna Polski. Warszawa: Wydawnictwo Naukowe PWN, s. 48. ISBN 83-01-13050-4. Za: A. Marsz: Próba regionalizacji fizycznogeograficznej wyspy Wolin. Badania fizjograficzne nad Polską zachodnią, T. 17 (1966).
7. Lotz B. 2004. Neubewertung des rezenten Wärmestroms im Nordostdeutschen Becken. Dissertation, GFZ Potsdam, Scientific Technical Report STR04/04, www.gfz-potsdam.de/bib/zbst.htm
8. Marek S., Pajchłowska M. 1997. Epikontynentalny perm i mezozoik w Polsce. Prace PIG 153: 1 – 452.
9. Matyja H. 2006. Stratygrafia i rozwój facjalny osadów dewonu i karbonu w Basenie Pomorskim i w Zachodniej części Basenu Bałtyckiego a paleogeografia północnej części TESZ w późnym paleozoiku. Prace PIG 186: 79 – 122.
10. Matkowska Z., Ruszała M., Wdowiak M. 1977. Objąsnienia do SMGP ark. Świnoujście (112), Międzyzdroje (113), 1:50000 Wyd. Geol. Warszawa.
11. Projekt prac geologicznych związanych z wykonaniem otworu obserwacyjnego (piezometru Biała Góra) dla monitoringu jednolitej części wód podziemnych na obszarze wysoczyzny Wyspy Wolin (GWB 5). Państwowy Instytut Geologiczny, Państwowy Instytut Badawczy Oddział Geologii Morza w Gdańsku, Zakład Regionalny Geologii Pomorza w Szczecinie, Szczecin, październik 2009.
12. Ruszała M., Dobracki R., Piotrowski A. 1979. Objąsnienia do SMGP ark. Wolin (114), Międzywodzie (75), 1:50000 Wyd. Geol. Warszawa.
13. Keilhack K. 1914. Erläuterungen zur Geologischen Karte: Misdray, Lebbin, Swinemunde, Kaseburg. Kon. Preuss. Geol. L. – A. Berlin.
14. Zalew Szczeciński - zdjęcie satelitarne Landsat (2000) en: Szczecin Lagoon - Landsat satellite photo (circa 2000) Source: NASA, public domain. <https://zulu.ssc.nasa.gov/mrsid/>
15. <https://de.wikipedia.org/wiki/Usedom>
16. http://morzeprzygody.eu/?page_id=547&nggpage=3
17. Sowiżdżał A. Analiza geologiczna i ocena zasobów wód energii geotermalnej facji mezozoicznej Niecki Szczecińskiej. Rozprawa doktorska. AGH, Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska. Kraków 2009.
18. Barth G., Dunkerley O., Obst K. (ed.), Wojatke J., Sattelberger M. 2020. Charakterisierung geothermischer Ressourcen unter Berücksichtigung von Grenz – und Trennflächen. Teilvorhaben B. Modeling geothermischer Horizonte und hydraulischer Untersuchungsergebnisse mesozoischer Sandsteinreservoirs in Mecklenburg-Vorpommern. Geologischer Dienst, LUNG Mecklenburg – Vorpommern. (karten.obst@lung.mn-regierung.de)
19. https://www.lung.mv-regierung.de/insite/cms/umwelt/geologie/fis_geo/geologie_fis_untergrund/geologie_fis_untergrund_1.htm

20. Liedtke H. 1981, Broner A. 2003. Mapa Geologiczna Meklemburgii i Pomorza Przedniego oraz Zachodniego.
21. Kucharski M., Sokołowski A. 2018. Opinia hydrogeologiczna dotycząca możliwości uzyskania złoża wód podziemnych, wody geotermalnej na potrzeby Gminy Dziwnów wraz z opisem głębokości struktur geologicznych z poziomami wód, w których może znajdować się woda geotermalna.
22. Karzung G. 2004. Geologie von Mecklenburg – Vorpommern (ISBN 978-3-510-5)
23. Geothermie Kaiserbader. *Moderne Energieversorgung auf der Insel Usedom*. Aktuelle Informationen zum Geothermie –Vorhaben 08.06.2021. USEDOMER GEOTHERMIE GMBH& Co. KG.
24. Mojski J. 1976. Mapa Geologiczna Polski w skali 1:200000. A - Mapa utworów powierzchniowych. Instytut Geologiczny. Warszawa.
25. Danel W. Dobracki R. Gałązka D., Nowacka M., Piotrowski A. 2007. Mapa Geologiczna Polski w skali 1:200000. B _ Mapa bez utworów czwartorzędowych. Państwowy Instytut Geologiczny. Warszawa.
26. Hoc R., Sadurski A., Wiośniowski Z. 2019. Possibilities of safe yield increase in the Wydrzany well field (Uznam Island, Poland) by surface water from a drainage system. *Geologos* 25,3: 263 – 270. DOI: 10.2478/logos-2019-0029.