

Ekspertyza w sprawie wykorzystania pogłębiarek pływających typu AMPHIBEX do lodołamania na Odrze

dr hab. inż. Tomasz Kolerski

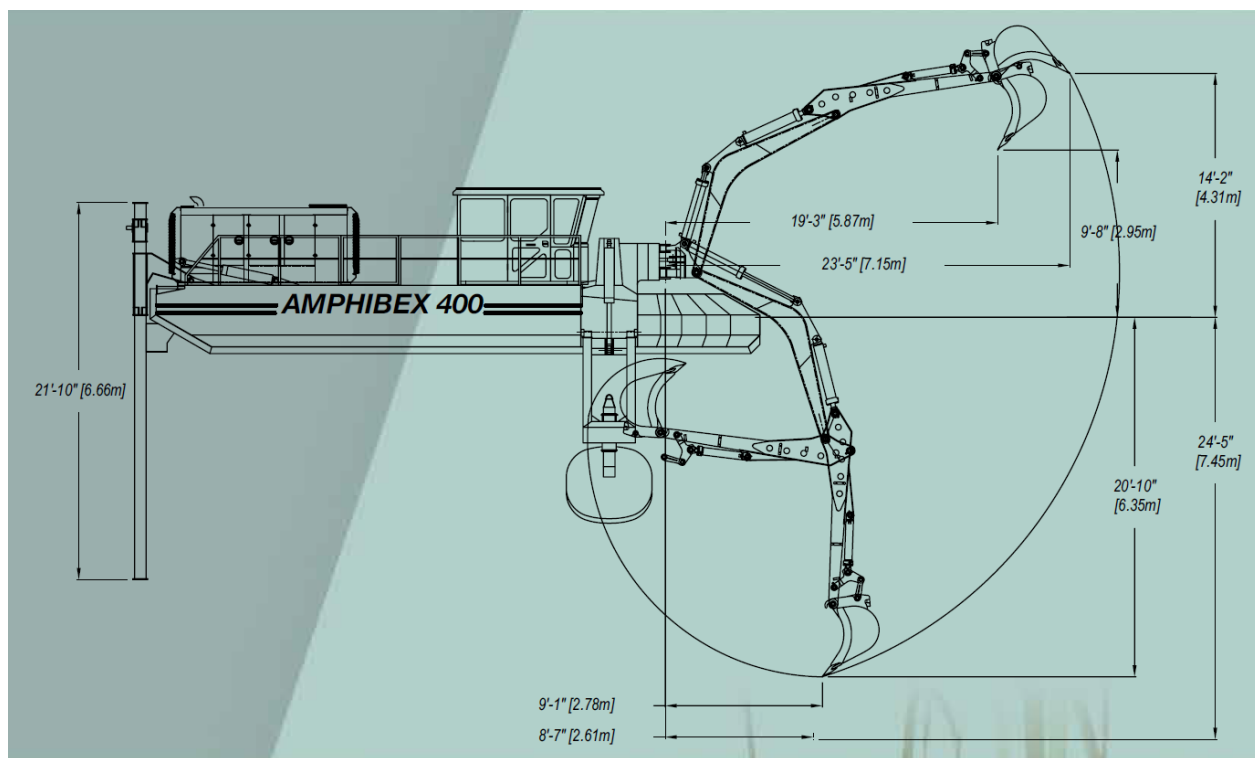
Pogłębiarki Amphibex, są produkowane przez kanadyjską firmę Normrock w kilku wersjach różniących się wielkością i zasięgiem. Od prawie 30 lat urządzenie te są wykorzystywane do kruszenia lodu i likwidacji zatorów lodowych, głównie na rzekach w prowincjach Manitoba i Quebec w Kanadzie oraz w północnej części Stanów Zjednoczonych. Amphibex wykorzystuje swoją dużą masę do kruszenia lodu, natomiast w przypadku likwidacji zatorów stosuje się kruszenie i usuwanie lodu przy użyciu koparki. Podstawową zaletą tych urządzeń jest łatwość dotarcia do miejsca pracy i brak bądź bardzo niewielkie oddziaływanie na środowisko naturalne. Nie ma również ograniczeń w kontekście wymaganej głębokości wody. Wadą jest powolna praca przy łamaniu lodu oraz brak możliwości pracy liniowej przy udrażnianiu kanału spływowego dla skruszonego lodu.



Gdańsk, 23 sierpnia 2018 r.

1 Specyfikacja techniczna urządzenia AMPHIBEX 400

Amphibex 400 firmy Normrock Industries Inc jest najmniejsza pogłębiarką produkowana seryjnie i dostosowana do pracy w lodzie. Ma ona długość maksymalna 10,85 m i masę 22 ton. Kadłub składa się z dziewięciu połączonych modułów. Prędkość poruszania się po wodzie wynosi 5 do 8 węzłów, a napędzana jest przez sześciocylindrowy silnik diesla o mocy 261 Kilowatów. Zasięg pracy ramienia koparki wynosi 6 metrów w głąb wody oraz do 8 metrów zasięgu poziomego w zakresie kąta 170°. Część wymiarów pokazuje Rysunek 1, natomiast ich zestawienie podano poniżej.



Rysunek 1. Rysunek techniczny pogłębiarki Amphibex 400 z broszury Normrock Industries Inc.

1.1 Specyfikacja Techniczna pogłębiarki AMPHIBEX 400, wg. Normrock.ca

Wymiary:

Długość pracującej jednostki: 10.85 m

Masa całkowita pracującej jednostki ok. 22 tony

Długość jednostki podczas transportu na lawecie 12.85 m

Szerokość jednostki podczas transportu na lawecie: 3.5 m

Wysokość jednostki podczas transportu na lawecie: 3.2 m (10' 6")

Prędkość na wodzie: od 5 do 8 węzłów

SILNIK: C9 ACERT CATERPILLAR

6 cylindrów

Moc maksymalna: od 275 do 375 KM

Max. Moment obrotowy: 275 KM: 1225 Nm. przy 1400 obr./min

Max. moment obrotowy: 375 KM: 1667 N.m. przy 1400 obr./min

SYSTEM HYDRAULICZNY

Maksymalne ciśnienie robocze: 450 bar

Wydajność układu hydraulicznego: 500 L (132,09 Gal.)

(olej hydrauliczny wykonany z biodegradowalnej bazy warzywnej)

Układ elektryczny: 12 volt lub 24 volt

Baterie (2): 1000 A

Zbiornik paliwa: 1200 L

KOPARKA

Promień wykopu: od 6,6 m do 7,86 m na 170°

Głębokość wykopu (ze wskaźnikiem teleskopowym): 6,5 m

Moc skrętu miarki: możliwy wybór różnych opcji

Moc koparki ataku: możliwy wybór różnych opcji

CENA

Okolo 1,2 miliona dolarów kanadyjskich (około 3 400 000 PLN)

Pogłębiarka Amphibex 400 jest spośród pozostałych modeli najczęściej używana do kruszenia lodu. Pierwsze testy prowadzono na rzekach w prowincji Quebec pod koniec lat osiemdziesiątych. Po dostrzeżeniu zalet tych urządzeń zaczęto ich używać regularnie od roku 1989 na rzekach Rideau (przepływ średni 35 m³/s) i DuLoup (100 kilometrowy dopływ rzeki św. Wawrzyńca). Następnie znalazły zastosowanie w północnych stanach USA (Maine, Vermont, New York) oraz w prowincji Manitoba, Quebec i Ontario w Kanadzie między innymi na rzece Red (średni przepływ w ujściu 244 m³/s). Najczęściej urządzenia Amphibex stosuje się na niewielkich i trudno dostępnych dla innych jednostek pływających lub ciężkiego sprzętu rzekach o dużym potencjale zatorowym.

Wykorzystuje się te urządzenia zarówno do przygotowania rynn wolnej od lodu w pokrywie lodowej, jak również do usuwania zatorów lodowych. W pierwszym przypadku praca pogłębiarki polega na przeciągnięciu ciężkiego pontonu po pokrywie lodowej, które na skutek wysokiej masy powoduje łamanie lodu. Usuwanie zatorów prowadzi się podobnie do pracy przy rozbiórkach budynków, czyli przez odkruszanie fragmentów lodu przez koparkę, które następnie spływają z nurtem rzeki.

Dużą zaletą pogłębiarek jest ich wysoka mobilność i łatwość dostarczenia do dowolnego miejsca pracy. Urządzenie przewozi się na miejsce pracy na lawecie skąd wprowadza się je na brzeg rzeki. Pogłębiarka unosi się na ruchomych wspornikach i przednich stabilizatorach, natomiast laweta może swobodnie

wyjechać spod niej. Następnie wykorzystując swoje wsporniki pogłębiarka ruchem kroczącym jest sprowadzana do wody lub na lód (patrz Rysunek 2).

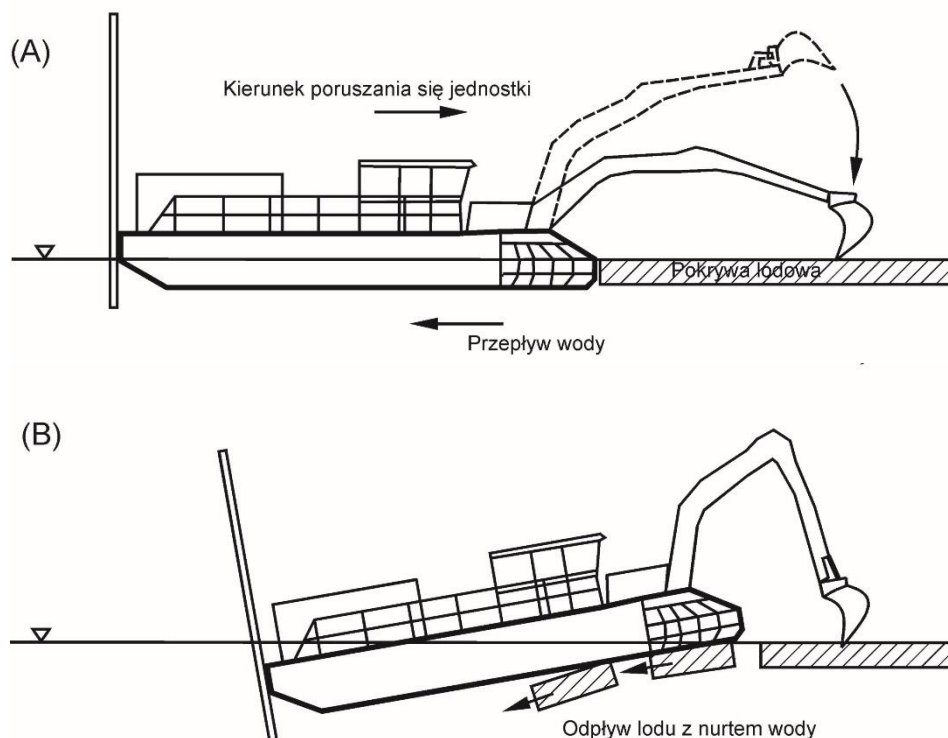


Rysunek 2. Etapy rozładunku pogłębiarki Amphibex 800 (rozwiązanie analogiczne dla Amphibex 400)

1.2 Praca pogłębiarki AMPHIBEX 400 przy kruszeniu pokrywy lodowej

Lodołamanie prowadzi się zawsze w sytuacji prognozowanego ruszenia lodu, gdy zalegająca pokrywa jest osłabiona przez wysokie temperatury powietrza (powyżej 0°C), lub opadów deszczu. Celem akcji lodołamania jest zawsze udrożnienie rzeki i przygotowanie jej na spływ lodu. Jest to najczęściej realizowane przez wykonanie w pokrywie lodowej kanału spływowego, który musi być na tyle szeroki, aby nie powodował zatrzymywania kry lodowej podczas spływu. Praca pogłębiarek Amphibex prowadzi do analogicznego efektu, natomiast technika wykonywania rynny wolnej od lodu różni się nieco od tej stosowanej przy klasycznych lodołamaczach.

Kruszenie pokrywy lodowej odbywa się na skutek ułożenia na lodzie 22 tonowego pontonu, który powoduje pęknięcie pokrywy. Praca jednostki prowadzona jest analogicznie do klasycznych lodołamaczy, czyli pod prąd rzeki, co umożliwia odpływ skruszonego lodu w dół rzeki. Przesuwanie jednostki po lodzie odbywa się przez podciąganie pontonu na ramieniu koparki na pokrywę lodową (Rys 3A). Ze względu na możliwe duże przechyły, niezbędne jest przy tym użycie przednich stabilizatorów. Na skutek przyłożenia dużej siły masowej na osłabioną pokrywę lodową, będzie ona pękała, natomiast przepływająca woda zapewni odpływ skruszonego lodu. Jest to proces powolny, i przy doświadczonym operatorze możliwy jest postęp pracy z prędkością nie większą niż 0,5 km/godzinę (zwykle 300-400 m/godz).



Rysunek 3. Schemat pracy pogłębiarki Amphibex przy kruszeniu pokrywy lodowej



Rysunek 4. Amphibex pracujący na rzece Red pomiędzy Natley Lake a Selkirk w prowincji Manitoba, marzec 2014 r.

Szerokość wykonanego w ten sposób kanału wolnego od lodu będzie kształtowała się od 4 m (szerokość pontonu Amphibex 400 wynosi 3,5 m) do 7 m. co będzie zależne od własności lodu. Oznacza to, że do wykonania rynny o szerokości 10 m. potrzebne będą dwa urządzenia, które podczas 8 godzin pracy będą mogły wykonać kanał wolny od lodu nie dłuższy niż 10 km. Oczywiście postęp pracy będzie w dużej mierze uzależniony od grubości pokrywy lodowej, na której będzie pracować, ilości zalegającej pod nią lodu prądowego oraz prędkości przepływu wody. W przypadku bardzo grubej pokrywy istnieje możliwość wcześniejszego nacinania jej piłami spalinowymi, co znacznie wydłuży cały proces. Obserwacje pracy jednostek Amphibex w lodzie pokazują, że jest bardzo mozolna i wymaga kilkukrotnego podchodzenia na ten sam fragment pokrywy, skutkują tym samym bardzo powolnym postępem pracy.

Według literatury (Raport CREEL 98-14) pojedyncza pogłębiarka Amphibex jest w stanie skruszyć 0,16 hektara lodu na godzinę. Dotyczy to gładkiej pokrywy lodowej o grubości od 40 do 50 cm, bez podbitek i luźnego śryżu. Jest bardzo powolny postęp pracy w stosunku do konwencjonalnych lodołamaczy, które są zdolne do ponad dwudziestokrotnie większej efektywności (ponad 3 ha/godz.).

Jak podkreślają osoby z firmy Normrock (kontakt bezpośredni) urządzenia Amphibex są najczęściej używane do prewencyjnego przygotowywania rzeki na spływ lodu (procedura opisana powyżej). Operacja jest wykonywana przez 2 do 3 jednostek pracujących przez 4 do 6 tygodni, bezpośrednio przed prognozowanym ruszeniem lodu. Praca najczęściej jest prowadzona przez całą dobę (24 godziny), która skutkuje wykonaniem kanału spływowego o szerokości od 30 do 100 m.

1.3 Praca pogłębiarki AMPHIBEX 400 przy usuwaniu zatorów lodowych

Usuwanie zatorów lodowych stanowi największe wyzwanie dla wszelkiego typu lodołamaczy lub innych środków technicznych. Zator to nagromadzenie połamanych fragmentów lodu, ułożonych chaotycznie w korycie rzeki, powodujące utrudnienie odpływu wody, co skutkuje spiętrzeniem wody powyżej zatoru.

Lokalizacja i czas powstawania zatoru są bardzo trudne do przewidzenia. W wyniku obserwacji zjawisk historycznych można uzyskać potencjalne miejsca predysponowane do zatrzymywania spływu lodu. Biorąc jednak pod uwagę mnogość czynników sprzyjających zatorom okazuje się, że na rzekach zatory mogą się tworzyć na wielokilometrowych odcinkach. Na przykładzie Odry można wskazać na co najmniej 40 lokalizacji (dane RZGW Wrocław) między Brzegiem Dolnym (km 281,6) a Krosnem Odrzańskim (Ujście Nysy Łużyckiej km 542,4) na łącznej długości przeszło 80 km (prawie jedna trzecia rozpatrywanej długości rzeki). Przy tak dużym potencjale zatorowym Odra należy liczyć się z tym, że zatory na Odrze środkowej mogą tworzyć się na całej jej długości, co stanowi poważne wyzwanie dla służb odpowiedzialnych za zarządzanie tym odcinkiem rzeki.

Zatory lodowe na Odrze granicznej, będącej pod zarządem RZGW Szczecin, formują się najczęściej w lokalizacjach przedstawionych w raporcie PROEKO, 2003. „Udrożnienie toru wodnego na Jeziorze Dąbie, Studium wykonalności inwestycji”. Najczęściej zatory lodowe są obserwowane w następujących lokalizacjach: Widuchowa (km 704); Ognica (km 697); Krajnik (km 689); Piaski (km 682); Bielinek (km 673); Osinów (km 663); Gozdowice (km 645); Szumiłowo (km 621); Górzycy (km 605); Słubice (km 584). Na podstawie dostępnych informacji można wymienić kilka przyczyn powodujących powstawanie zatorów lodowych na Odrze granicznej:

1. Wpływ cofki odmorskiej obserwowanej nawet to Gozdowic (km 645)
2. Wiatr wiejący z kierunku przeciwnego do kierunku przepływu; problem szczególnie istotny dla jeziora Dąbie, ale również w każdej innej lokalizacji
3. Zmiana kierunku nurtu (np. dla km 673 Bielinek)
4. Zwężenie koryta rzeki (np. Bielinek czy Widuchowa)
5. Zatrzymanie spływu lodu na filarach obiektów mostowych znajdujących się w nurcie rzeki (np. Słubice)
6. Wypłylenia występujące w nurcie rzeki na powstające wskutek odkładu rumowiska; wobec braku prowadzonych prac pogłębiarskich oraz złej jakości urządzeń regulacyjnych problem dotyczy niemal całego odcinka Odry.
7. Zasilanie Odry lodem z lewostronnych dopływów (np. Gozdowice lub Ognica)

Zagadnienia wymienione w punktach 1 i 2 są niemożliwe do wyeliminowania. Punkty 2 i 3 są związane z układem hydrograficznym Odry, co w pewnym stopniu może być skorygowane poprzez prace regulacyjne. Pozostałe przyczyny mogą być zminimalizowane dzięki odpowiednim pracom hydrotechnicznym.

Usuwanie zatorów polega w pierwszej kolejności na jak najszybszym udrożnieniu koryta w celu odblokowania spiętrzenia wody. Niezależnie od wszelkich czynników, likwidację zatoru należy prowadzić od jego czoła. Jeśli zator jest oparty o pokrywę lodową w dolnym biegu rzeki, wówczas zaczyna się prace od skruszenia pokrywy lodowej i odprowadzenia lodu w dół rzeki. Realizuje się to przez wyrąbanie rynny wolnej od lodu o szerokości wystarczającej do odprowadzenia lodu spiętrzonego w zatorze. Następnie (lub równolegle) wykonuje się rynnę o tej samej szerokości w zatorze, zaczynając od jego czoła. Po wykonaniu takiej rynny można oczekiwać zwiększenia spływu wody, która była uwięziona przez zator. Zarówno rynnę w zatorze jak i tą wykonaną w pokrywie poniżej zatoru należy poszerzać oraz stale monitorować, aby nie spowodować kolejnego wezbrania zatorowego ze spływającego lodu. Na Odrze do wykonywania rynny

lodowej wykorzystuje się lodołamacze czołowe (jednostki o największej mocy), natomiast do poszerzania i monitorowania rynny lodołamacze liniowe (planowane do budowy na potrzeby RZGW Szczecin).

Bazując na bezpośredniej komunikacji z pracownikami firmy Normrock Industries Ltd., publikacjach naukowych i materiałach filmowych mogę powiedzieć, że pogłębiarki Amphibex mogą być wykorzystywane do pracy czołowej w zatorach lodowych. Przed przystąpieniem do eksploatacji tych jednostek w bardzo trudnych warunkach terenowych niezbędne będzie skrupulatne przeszkolenie załóg, najlepiej przy współpracy z producentem. Praca pogłębiarek w zatorach nie jest praktyką częstą, jednak prowadzono takie prace na rzekach w Kanadzie.



Rysunek 5. Likwidacja zatoru na rzece Charteauguay w prowincji Quebec, 4 marca 1995 r. (zdjęcia wykonane z pokładu jednostki)

Jedną z lepiej opisanych akcji lodołamania przez pogłębiarki Amphibex jest przeprowadzona w marcu 2006 r. operacja na rzece Kaministiquia w prowincji Ontario. Rzeką Kaministiquia stanowi niewielki dopływ bezpośredni jeziora Superior. Przepływ średni w miesiącach zimowych nie przekracza $50 \text{ m}^3/\text{s}$, a w marcu wynosi $47 \text{ m}^3/\text{s}$. W sezonie zimowym 2005/06 na rzece występowała pokrywa lodowa o grubości 0,5 – 1,0 m, pod którą zgromadziły się liczne podbitki o miąższości dochodzącej do 3 m. Powstały zator spowodował powódź w lutym 2006 r. Ze względu na batymetrię rzeki, nie było możliwości prowadzenia akcji lodołamania z wykorzystaniem lodołamaczy z rejonu Wielkich Jezior, wobec czego posłużono się urządzeniami Amphibex. Pracę rozpoczęto 21 marca i prowadzono przez 10 dni przez 24 godziny na dobę. Dodatkowo wykorzystywano niewielki holownik do udrażniania kanału poniżej zatoru. Postęp prac w górę rzeki był powolny ale stabilny. Średnio uzyskano postęp 0,6 km na dobę przy pracy non stop przez 10 dni, ale przy wyrębianiu rynny w czole zatoru jedynie 150 m na dobę.

Warto porównać powyższą sytuację lodową i podjęte działania z akcją lodołamania prowadzoną na zbiorniku Włocławek podczas powodzi zatorowej w rejonie Płocka w 1982. Warunki lodowe na zbiorniku były zbliżone do obserwowanych na rzece Kaministiquia, tj. pokrywa lodowa o grubości ok. 0,5 m oraz odbitki o znacznie miąższości (miejscami powyżej 4 m). Akcja była prowadzona początkowo przez 3 lodołamacze (Rosomak 500KM, Żubr 500KM i Lemur 408KM), a następnie dołączyły dodatkowe dwie jednostki (Basior 770KM i Tur 375KM). Prace prowadzono od 10 stycznia 1982. W tym czasie jednostki pracowały na jednej, wydłużonej do kilkudziesięciu godzin zmianie roboczej. Most w Płocku osiągnięto po 20 dniach pracy, wykonując rynnę o szerokości od 400 do 200 m. Tempo pracy lodołamaczy można

oszacować na ponad 2,1 km na dobę. Daje to wyobrażenie o dynamice akcji lodołamania prowadzonej przy usuwaniu zatorów lodowych z wykorzystaniem pogłębiarek Amphibex i lodołamaczy. Biorąc pod uwagę czas pracy pogłębiarek (24 godziny na dobę) i lodołamaczy (praca przez ok. 12 godzin na dobę) można pokusić się o stwierdzenie że efektywność lodołamaczy jest ponad siedmiokrotnie wyższa.

2 Specyfikacja techniczna urządzenia AMPHIBEX 1200

Pogłębiarka serii 1200 jest największym modelem produkowanym przez Normrock Industries Inc. Jej waga jest niemal sześciokrotnie większa od wagi urządzenia serii 400 (112 ton). Wyposażona jest w silnik diesla Caterpillar C32 V-12, który wytwarza moc 1007 kW. Pomimo tak mocnego silnika prędkość pogłębiarki na wodzie jest praktycznie taka sama jak mniejszego modelu 400, czyli nie więcej niż 8 węzłów.



Rysunek 6. Pogłębiarka Amphibex 1200; źródło: www.normorock.ca

Mimo że producent podkreśla w materiałach informacyjnych, że model 1200 jest przystosowany do pracy w lodzie, nigdy dotychczas te maszyny nie były stosowane do kruszenia lodu. Informacja ta została potwierdzona podczas rozmowy telefonicznej z wiceprezesem Normrock Industries, Jimmy Grant'em (13 września 2018 r.). Oznacza to, że nie ma możliwości stwierdzenia jak Amphibex 1200 będzie zachowywał

się podczas kruszenia lodu lub usuwaniu zatorów. W tym celu wymagane byłyby testy urządzenia w warunkach zbliżonych do tych panujących na Odrze.

Istnieje podejrzenie, że ze względu na ogromną masę pogłębiarki Amphibex 1200, miałaaby ona problem z pozycjonowaniem w wartko płynącej wodzie. Natomiast można domniemywać, że tempo pracy pogłębiarki Amphibex 1200 przy kruszeniu pokrywy lodowej będzie bardzo zbliżone do wyników uzyskiwanych przez znacznie mniejszy model 400. Jedyna różnica jest szerokość wykonywanej rynny w lodzie, która będzie prawdopodobnie znacznie szersza od kanału spływowego wykonywanego przez Amphibex 400. Można jednak rozpatrzyć pracę dwóch urządzeń Amphibex 400, co zagwarantuje te same parametry kanału spływowego. Ze względu na większy zasięg ramienia koparki (15 m), można oszacować, że pogłębiarka 1200, będzie bardziej skuteczna przy usuwaniu zatorów. Jednak ze względu na brak testów terenowych wszystkie powyższe tezy są jedynie poparte tzw. „wiedzą ekspercką” i wymagają weryfikacji w warunkach rzeczywistych na prawdziwym urządzeniu.

WYMIARY:

Długość pracującej jednostki: 18.3 m
Szerokość pracującej jednostki: 8.53 m
Masa całkowita pracującej jednostki ok. 112 ton
Szerokość jednostki podczas transportu na lawecie: 4.3 m
Prędkość na wodzie: od 5 do 8 węzłów

SILNIK: C9 ACERT CATERPILLAR

12 cylindrów
Moc maksymalna: od 1007 kW KM
Zbiornik paliwa: 6000 L

KOPARKA

Promień wykopu: od 15 m na 150°
Głębokość wykopu (ze wskaźnikiem teleskopowym): 10,3 m

3 Możliwość zastosowania pogłębiarek Amphibex do lodołamania na Odrze

Zjawiska lodowe na Odrze były przedmiotem kilku ekspertyz w tym:

- Kolerski, T., (2017) Sprawdzenie możliwości pracy lodołamaczy liniowych w warunkach braku udrożnienia koryta Odry środkowej i granicznej (wariant 0)
- Kolerski, T., (2014) Ochrona przed powodzią zatorowymi na Dolnej Odrze i jeziorze Dąbie
- Biuro Koordynacji Projektu Ochrony Przeciwpowodziowej Dorzecza Odry, Dokument koncepcyjny nowego projektu ochrony przeciwpowodziowej, Ochrona przed powodzią zimowymi (Odra Środkowa i Dolna), Warszawa 2013

- Hydro-Eko, 2004. Zestawienie wielkości strat powodziowych spowodowanych powodzią zatorowymi, Poznań
- PROEKO, 2003. Udrożnienie toru wodnego na Jeziorze Dąbie, Studium wykonalności inwestycji,
- Szwalgin D., Zagożdżon J., Studium wykonalności; Kontynuacja programu budowy lodołamaczy dla RZGW Szczecin, Kancelaria VIP Spółka z o. o. Olsztyn marzec 2017
- Banasiak R., Garncarz-Wilk B., Wytypowanie newralgicznych miejsc zagrożenia powodzią zatorową na Odrze od stopnia wodnego Malczyce do ujścia Nysy łużyckiej wraz z oszacowaniem potencjalnych strat powodziowych na tym odcinku rzeki, IMGW Wrocław, październik 2015

Wszystkie powyższe opracowania wskazują na powszechność i duże trudności z prognozowaniem powstawania zatorów lodowych na Odrze. Analizując zarówno odcinek rzeki granicznej jak i Odry środkowej widać wyraźnie, że zatory mogą powstawać na dużej części długości cieku. Przyczyną tego jest zarówno specyfika Odry jak i wieloletnie zaniedbania w stosunku do istniejących niekiedy od przeszło 100 lat, budowli regulacyjnych. Co więcej ze względu na to że Odra w dolnym biegu przepływa przez jezioro Dąbie, pokrywa lodowa powstaje niemal co sezon, rozbudowując się od jeziora w górę rzeki.

Pomysł wykorzystania do lodołamania na Odrze koparek na pontonach jest sugerowany przez niemieckie i polskie środowiska ekologiczne w tym przez Deutsche Naturschützring, WWF, Koalicja Ratujmy Rzeki, Bund für Umwelt und Naturschutz Deutschland, Deutsche Umwelthilfe, Eko Unia, NABU, i innych. Powodem zainteresowania organizacji ekologicznych tym rozwiązaniem technicznym i propozycja zaimplementowania go dla Odry wzięta się zapewne z faktu, że pogłębiarki na pontonach mogą pracować w rzekach o bardzo małych głębokościach lub bezpośrednio na lądzie. Dodatkowym atutem, często podkreślanym przez producenta tego rozwiązania jest niewielki wpływ na środowisko naturalne podczas prowadzenia akcji lodołamania.

Jako rozwiązanie alternatywne do stosowanego od wielu lat na Odrze klasycznego prowadzenia akcji przy wykorzystaniu lodołamaczy, wymaga szczegółowej analizy porównawczej. W obecnym raporcie skupię się na aspektach technicznych w kontekście lodołamania i neutralizacji zatorów. Szczegółowe porównanie pokazałem w tabeli na końcu opracowania, natomiast wnioski przedstawiłem w sekcji 'Podsumowanie'.

Celem realizowanego przy pomocy międzynarodowych instytucji finansowych projektu pn. „Projekt ochrony przeciwpowodziowej w dorzeczu Odry i Wisły” jest poprawa ochrony przed powodzią w tym, w ramach Komponentu nr 1, ochrona przed powodzią zimowymi. Jednym z podstawowych działań przewidzianych w celu zapewnienia bezpieczeństwa osób mieszkających w wybranych obszarach dorzecza Odry jest program budowy lodołamaczy dla RZGW Szczecin. W ramach tego programu przewidziano budowę dwóch lodołamaczy liniowych, które mają uzupełnić mocno wyeksploatowane flotyle lodołamaczy działających nieprzerwanie na dolnej i środkowej Odrze. Zadanie jakie stawia się nowoprojektowanym jednostkom jest wspieranie działania lodołamaczy czołowych poprzez ciągłe monitorowanie i poszerzanie kanału spływowego dla lodu. Jest to niezbędne w celu zapewnienia odpływu lodu z rejonu pracy lodołamaczy czołowych i niedopuszczenia do utworzenia się zatoru na rzece poniżej. Jak pokazała symulacja wykonana w ramach raportu Kolerski, 2017, zatory na Odrze granicznej mogą

tworzyć się z dopływającego lodu w czasie krótszym od jednej doby, osiągając grubość dochodzącą do 1 m.

Lodołamanie na Odrze prowadzi się zwykle na odcinku od kilkudziesięciu do ponad 300 km rozpoczynając od Jeziora Dąbie i prowadzi się ją w górę rzeki. Amphibex jest w stanie poruszać się po wodzie z prędkością do 8 węzłów, a po lodzie nie większą niż 0,5 km/godz. Daje to bardzo niewielkie tempo postępu w lodzie dochodzące do 12 km na dobę przy pracy przez 24 godziny. Przy założeniu że na Odrze będzie zalegała jedynie pokrywa lodowa, dotarcie jednostki Amphibex z Jeziora Dąbie do Widuchowej (około 46 km) zajmuje ok 92 godzin, do Gozdowic (ponad 150 km) ponad 210 godzin, a do ujścia Warty (ponad 150 km) powyżej 300 godzin. W przypadku pracy przez 12 godzin na dobę (przy świetle dziennym) będzie to odpowiednio 8, 18 i ponad 25 dni roboczych. Oczywiście jest to bardzo szacunkowe obliczenie przy założeniu bardzo korzystnych warunków lodowych bez zatorów i podbitek śryżowych. Szerokość wykonanej przez urządzenia Amphibex rynny będzie zależna od ilości wykorzystywanych jednostek. Jedna jednostka jest w stanie wykonać rynnę o szerokość ok 5 m.

Biorąc pod uwagę tempo rozwoju zatorów powstających ze spływającego Odrą lodu trzeba z całą stanowczością powiedzieć, że powolne i mało dynamiczne pogłębiarki Amphibex nie są w stanie przeciwdziałać takim zjawiskom. Jedyne słuszne rozwiązanie neutralizacji zatorów to stosowane obecnie lodołamacze. Można rozpatrzyć uzupełnienie obecnej flotyli lodołamaczy o jedno lub dwa urządzenia Amphibex, które mogą być przewożone na miejsce występowania zatoru na lawetach, a następnie wzmocnić pracujące w zatorze lodołamacze.

4 Podsumowanie

Na podstawie powyższej ekspertyzy wyciągam następujące wnioski:

1. Urządzenia Amphibex mogą być stosowane do akcji lodołamania, jednak proces ten jest kosztowny i mało wydajny. Wspomniane jednostki są przeznaczone do strumieni i niewielkich rzek o małej głębokości, gdzie nie ma możliwości stosowania innych środków technicznych do łamania lodu. Największa rzeka na której z powodzeniem stosuje się to rozwiązanie do kruszenia lodu to rzeka Red w prowincji Manitoba o przepływie średni w ujściu $244 \text{ m}^3/\text{s}$ (Przepływ w Odrze przy ujściu $535 \text{ m}^3/\text{s}$)
2. Występujące podczas usuwania zatorów na odrze granicznej gwałtowne ruszeni wody uwięzionej w zatorze może wywoływać zwiększenie prędkości przepływu do ponad 3 m/s. W tej sytuacji urządzenia Amphibex mogą ulec uszkodzeniu lub zatopieniu pod wpływem naporu wody i lodu. Jest to bardzo niebezpieczna sytuacja zagrażająca życiu operatorom pogłębiarek.
3. Przy bardzo niskiej wydajności pracy, zastosowanie pogłębiarek Amphibex na Odrze granicznej skutkowałoby koniecznością rozpoczęcia akcji lodołamania na wiele dni przed prognozowanym ruszeniem lodu. Wg szacunkowych obliczeń, udroźnienie odcinka Jezioro Dąbie – Widuchowa (ok 46 km) będzie wymagało ponad tygodnia pracy na 12-o godzinnej zmianie roboczej. Przy kosztownej i wymagającej ogromnego zaangażowania akcji lodołamania, trzeba opierać się na pewnych prognozach pogody, a te długoterminowe nie mają wysokiej sprawdzalności.

4. Pogłębiarki Amphibex nie mogą zastąpić lodołamaczy liniowych. Zadania, które mają realizować planowane do budowy lodołamacze liniowe nie są zgodne z funkcjami pogłębiarek Amphibex. Urządzenia te nie są w stanie szybko poruszać się po rzece w celu monitorowania spływu lodu, natomiast wykorzystanie ich do poszerzania kanału spływowego jest bardzo powolne i nieefektywne.
5. Jednostki Amphibex mogą być pomocne przy neutralizacji zatorów, jednak ich zdolność jest znacznie poniżej klasycznych lodołamaczy. W pewnych sytuacjach powolna ale systematyczna praca koparek może wspomóc lodołamacze przy usuwaniu zatorów lodowych, ale absolutnie nie może ich zastąpić na Odrze.
6. Amphibex może również wykonywać pracę lodołamacza czołowego przygotowując kanał spływowy dla lodu. W tym przypadku porównanie z lodołamaczami czołowymi wychodzi znacznie na korzyść tych drugich. Tempo pracy lodołamaczy jest niemal 20-krotnie szybsze od pracy pogłębiarek. Jedynym uzasadnieniem może być pokrywa lodowa o grubości przekraczającej 0,5 m, ale takie przypadki nie zdarzają się na Odrze. Użycie większej ilości jednostek nie zwiększa tempa pracy a jedynie powoduje wykonanie szerszej rynny w pokrywie lodowej lub zatorze. Stosowanie pogłębiarek Amphibex przy kruszeniu pokrywy lodowej może być uzupełnieniem pracy klasycznych lodołamaczy czołowych na Odrze ale nie może ich zastąpić.

Poniżej przedstawiono tabelę podsumowującą stosowalność pogłębiarek Amphibex 400 w różnych sytuacjach lodowych, co porównano z klasycznymi lodołamaczami oraz pogłębiarką Amphibex 1200.

Tabela 1. Porównanie pogłębiarki Amphibex 400, Amphibex 1200 i klasycznego lodołamacza (wymieniono zarówno projektowany lodołamacz liniowy LL-402 jak i nowe jednostki czołowe)

	Amphibex 400	Amphibex 1200	Lodołamacze
Prewencyjna akcja przygotowania rzeki przed ruszeniem lodu.	TAK	TAK, ale dotychczas nieużywane	TAK (lodołamacze czołowe)
Praca liniowa przy poszerzaniu kanału spływowego	TAK – praca bardzo powolna	TAK, ale dotychczas nieużywane	TAK (lodołamacze liniowe)
Monitorowanie kanału spływowego dla lodu	NIE	NIE	TAK (lodołamacze liniowe)
Prędkość na wodzie	5 – 8 węzłów	5 – 8 węzłów	Zależna od modelu, około 11 węzłów
Tempo pracy przy kruszeniu pokrywy lodowej (akweny bez zatorów)	ok 0,2 ha/godzinę	Brak danych, dotychczas niestosowane	Ok 3 ha/godzinę
Postęp przy wykonywaniu rynny w lodzie	Nie więcej niż 0,5 km/godz.	Brak danych, dotychczas niestosowane	Około 6 km/godzinę) w warunkach korzystnych 10 km /godz.
Grubość lodu	Do 0,75 cm	Powyżej 1,0 m (duża masa – 112 ton)	Do 0,5 m, ale możliwe również kruszenie lodu o znacznie większej grubości
Szerokość rynny	Ok 5 m przy jednym urządzeniu Amphibex 400	Ok. 15 m (szacowane na podstawie wymiarów)	Ok 20 m w przypadku użycia pojedynczego lodołamacza
Koszt pracy ¹	1770 USD/ha	Nieznane	1003 USD/ha
Likwidacja zatorów lodowych	TAK	TAK, ale dotychczas nieużywane	TAK (lodołamacze czołowe)
Tempo pracy w zatorze	Średnio 25 m/godzinę Czoło zatoru 8 m/godzinę ²	Brak danych, dotychczas niestosowane	Średnio 180 m na godzinę Czoło zatoru: nie więcej niż 80 m/godz. ³
Wymagana głębokość minimalna	Brak wymogów	Brak wymogów	1,8 m dla lodołamaczy o dużej mocy (dla lodołamaczy liniowych klasy LL-402) 1,0 m dla niewielkich jednostek pomocniczych (np. LR-400 Delfin)
Moc	Od 200 do 275 kW	1007 kW	588 kW (lodołamacz LL-402) 784 kW (lodołamacz czołowy Andrzej) 1176 kW (lodołamacz czołowy Stanisław)
Koszt jednostki	Około 1,2 mln dolarów kanadyjskich = 3,4 mln PLN	Ok.20,4 mln PLN	Około 15-20 mln PLN

¹ Wg. Raportu CREEL, Haehnel, Robert B. 1998. „Nonstructural ice control”. COLD REGIONS RESEARCH AND ENGINEERING LAB HANOVER NH

² Obliczone na podstawie akcji lodołamania na rzece Kaministiquia w prowincji Ontario

³ Obliczone na podstawie akcji lodołamania na zbiorniku Włocławek w lutym 1982 r.

