

P O L S K A A K A D E M I A N A U K  
I N S T Y T U T M A S Z Y N P R Z E P Ł Y W O W Y C H

PRACE  
I N S T Y T U T U M A S Z Y N  
P R Z E P Ł Y W O W Y C H

T R A N S A C T I O N S  
O F T H E I N S T I T U T E O F F L U I D - F L O W M A C H I N E R Y

67-68

W A R S Z A W A - P O Z N A Ń 1975

---

P A Ń S T W O W E W Y D A W N I C T W O N A U K O W E

---

**PRACE INSTYTUTU MASZYN PRZEPLYWOWYCH**

poświęcone są publikacjom naukowym z zakresu teorii i badań doświadczalnych w dziedzinie mechaniki i termodynamiki przepływów, ze szczególnym uwzględnieniem problematyki maszyn przepływowych

\*

**THE TRANSACTIONS OF THE INSTITUTE OF FLUID-FLOW  
MACHINERY**

exist for the publication of theoretical and experimental investigations of all aspects of the mechanics and thermodynamics of fluid-flow with special reference to fluid-flow machinery

---

**KOMITET REDAKCYJNY - EXECUTIVE EDITORS**  
**KAZIMIERZ STELLER - REDAKTOR - EDITOR**  
**JERZY KOŁODKO · JÓZEF ŚMIGIELSKI**  
**ANDRZEJ ŻABICKI**

**REDAKCJA - EDITORIAL OFFICE**  
Instytut Maszyn Przepływowych PAN,  
80-952 Gdańsk, skr. pocztowa 621, ul. Gen. Józefa Fiszerza 14, tel. 41-12-71

Copyright  
by Państwowe Wydawnictwo Naukowe  
Warszawa 1975

Printed in Poland

**PAŃSTWOWE WYDAWNICTWO NAUKOWE - ODDZIAŁ W POZNANIU**

Nakład 380+90 egz.

Ark. wyd. 28,5. Ark. druk. 22

Pap. druk. sat. kl. V, 70 g 70×100 cm

Nr zam. 112/77

Oddano do składania 10 I 1975 r.

Podpisano do druku 20 IX 1975 r.

Druk ukończono we wrześniu 1975 r.

R-17/661 Cena zł 86,-

**DRUKARNIA UNIWERSYTETU im. A. MICKIEWICZA W POZNANIU**

HYDROFORUM

KONFERENCJA NAUKOWO-TECHNICZNA

na temat

WSPÓŁCZESNE PROBLEMY BADAŃ  
I EKSPLOATACJI MASZYN HYDRAULICZNYCH

Gdańsk, 3 - 5 października 1973 r.

\*

HYDROFORUM

SCIENTIFIC-TECHNICAL CONFERENCE

on

MODERN PROBLEMS OF RESEARCH AND  
UTILIZATION OF HYDRAULIC MACHINES

Gdańsk, October 3 - 5, 1973

\*

ГИДРОФОРУМ

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

на тему

СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ  
И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ МАШИН

г. Гданьск, 3 - 5 октября 1973 г.



JERZY OGONOWSKI

Bydgoszcz\*

## Analiza wykorzystania elektrowni pompowo-szczytowej Żydowo w latach 1971/72

W energetyce polskiej ugruntowała się opinia, że moc zainstalowana w elektrowniach regulacyjnych powinna wynosić około 10% zapotrzebowania. Jedną z pierwszych elektrowni tego typu jest elektrownią Żydowo, o mocy generacyjnej 150 MW. Od elektrowni regulacyjnej wymaga się wysokiej dyspozycyjności, która powinna wynosić około 95% oraz możliwie krótkiego uruchamiania i zmieniania reżimów pracy.

Te zadania miał spełnić „Energoprojekt”, dostawcy urządzeń: firmy Škoda i ČKD Blansko, jak również inwestor, a przyszły eksploatacator.

### Projektowane podstawowe wielkości elektrowni

moc zainstalowana (praca turbinowa)	– 150 MW
moc zainstalowana (praca pompowa)	– 122,8 MW
spad znamionowy (obliczeniowy) netto	– 81,0 m
wysokość podnoszenia (pompowanie) maks.	– 83,7 m
produkcja roczna energii elektrycznej	– 195,0 GWh
czas użytkowania mocy turbin	– 1300 godz/rok
pobór roczny energii elektrycznej na pompowanie	– 285,0 GWh
czas użytkowania mocy pomp	– 2340 godz/rok
sprawność cyklu przetwarzania	– 69%

### Osiągnięte wielkości elektrowni w latach 1971/72

1. Produkcję energii elektrycznej w latach 1971/72 ilustruje następujące zestawienie:

	1971	1972
pobór energii elektrycznej na pompowanie (GWh)	308,762	379,525
produkcja energii elektrycznej brutto (GWh)	215,044	268,962
sprawność cyklu przetwarzania (%)	69,65	70,87
zużycie energii na potrzeby własne (GWh/%)	0,539/0,25	0,440/0,16

\* Zakłady Energetyczne Okręgu Północnego.

2. Wskaźniki dyspozycyjności turbozespołów w latach 1971/72 kształtowały się następująco:

	1971	1972
turbozespół odwracalny nr 1 (%)	89,3	96,7
turbozespół odwracalny nr 2 (%)	90,2	95,9
turbozespół klasyczny nr 3 (%)	75,8	94,5

Wskaźnik dyspozycyjności został obliczony dla turbozespołów według następującego wzoru:

$$d = \frac{T_p + T_r}{T} \cdot 100\%,$$

gdzie  $d$  – wskaźnik dyspozycyjności,  $T_p$  – czas pracy,  $T_r$  – czas postoju w gotowości ruchowej,  $T$  – całkowity czas w roku.

3. Ilość uruchomień turbozespołów i godzin pracy w latach 1971/72 wynosiła:

	1971	1972
ilość uruchomień turbozespołu odwracalnego nr 1 do pracy turbinowej	663	673
ilość uruchomień turbozespołu odwracalnego nr 2 do pracy turbinowej	838	924
ilość uruchomień turbozespołu klasycznego nr 3 do pracy turbinowej	535	838
ilość uruchomień turbozespołu odwracalnego nr 1 do pracy pompowej	604	665
ilość uruchomień turbozespołu odwracalnego nr 2 do pracy pompowej	466	664
ilość uruchomień turbozespołu odwracalnego nr 1 do pracy kompensacyjnej	15	52
ilość uruchomień turbozespołu odwracalnego nr 2 do pracy kompensacyjnej	6	13
ilość uruchomień turbozespołu klasycznego nr 3 do pracy kompensacyjnej	35	76
ilość godzin pracy turbinowej turbozespołu odwracalnego nr 1	1261	1051
ilość godzin pracy turbinowej turbozespołu odwracalnego nr 2	1156	1821
ilość godzin pracy turbinowej turbozespołu klasycznego nr 3	1443	2465
ilość godzin pracy pompowej turbozespołu odwracalnego nr 1	2167	2496
ilość godzin pracy pompowej turbozespołu odwracalnego nr 2	1849	2917
ilość godzin pracy kompensacyjnej turbozespołu odwracalnego nr 1	9	280
ilość godzin pracy kompensacyjnej turbozespołu odwracalnego nr 2	4	21
ilość godzin pracy kompensacyjnej turbozespołu klasycznego nr 3	228	1009

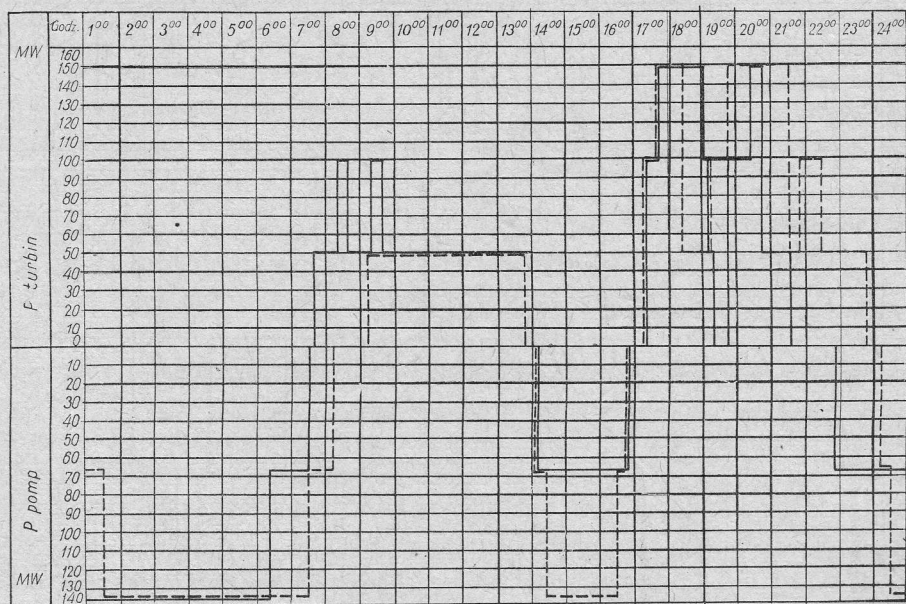
Według założeń projektowych, elektrownia miała pracować w reżimie pompowym w godzinach nocnych; w rzeczywistości pracuje w układzie pompowym również w dolinie dziennej. Czas pracy zespołów w ciągu doby wynosi około 20 godzin. Na podstawie tych faktów można nazwać elektrownię Żydowo elektrownią interwencyjną.

Porównajmy elektrownię Żydowo z innymi elektrowniami, takimi jak Solina i Gruachan w Szkocji. Elektrownia Gruachan została uruchomiona w latach 1966/67. Została wyposażona w cztery wysokospadowe ( $H=363$  m) turbozespoły odwracalne o mocy po 100 MW.

Tabela 1

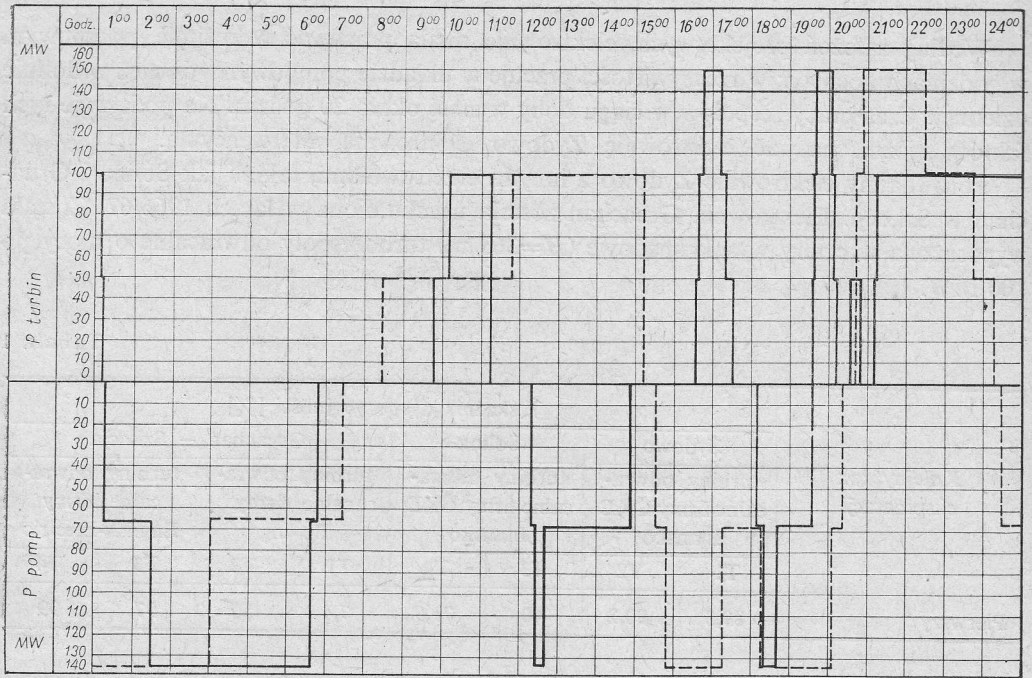
Kolejny rok eksploatacji	Wskaźnik dyspozycyjności [%]							
	Żydowo		Solina		Gruachan — Szkocja			
	turbiny odwracalne firmy ČKD, Blansko		turbiny odwracalne firmy ČKD, Blansko		turbiny odwracalne firmy Boving		turbiny odwracalne firmy English-Electric	
	T1	T2	T3	T4	T1	T2	T3	T4
Pierwszy	89,3	90,2	40	71,9	7,4	50	97	99

Zestawienie dyspozycyjności tych elektrowni przedstawia tabela 1. Analiza dyspozycyjności tych elektrowni wykazuje, że firma ČKD Blansko między uruchomieniem Soliny a Żydowa zrobiła duże postępy. W pierwszym roku eksploatacji dyspozycyjność w Solinie

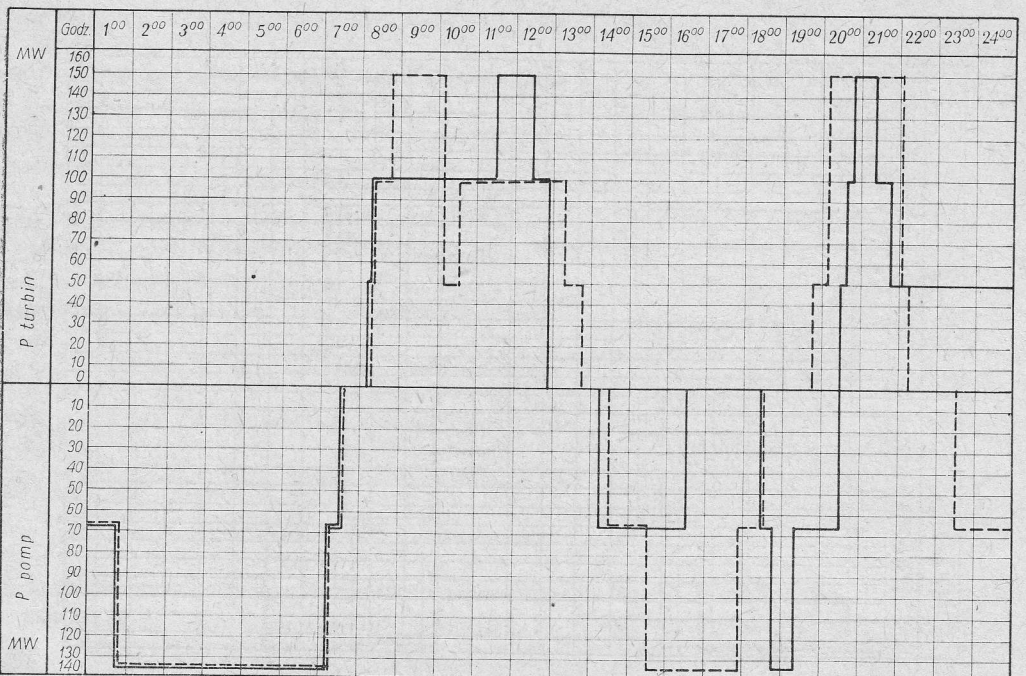


Rys. 1. Wykres obciążenia dobowego E.P. Żydowo w okresie od 19 XII 1971 (---) do 21 XII 1972 r. (—) (zima)





Rys. 2. Wykres obciążenia dobowego E.P. Żydowo w okresie od 1 IV 1971 (---) do 1 IV 1972 r. (—) (okres przejściowy)



Rys. 3. Wykres obciążenia dobowego E. P. Żydowo w okresie od 27 VIII 1971 (---) do 26 VIII 1972 r. (—) (lato)

Tabela 2

Treść	Czas całkowity procesu wg pomiarów	Czas całkowity wg kontraktu
Turbozespół odwracalny nr 2		
Uruchomienie do pracy turbinowej	2 min. 35 s	1 min. 45 s
	2 „ 40 „	
	3 „ 45 „	
Zatrzymanie z pracy turbinowej	7 min. 9 s	6 min. 10 s
	6 „ 58 „	
	7 „ 5 „	
Uruchomienie do pracy pompowej	5 min. 30 s	6 min. 30 s
	4 „ 40 „	
	6 „ —	
Automatyczne przejście z pracy pompowej do turbinowej	2 min. 21 s	2 min. 15 s
Zatrzymanie z pracy pompowej	2 „ 30 „	
	7 min. 11 s	nie podano w kontrakcie
Turbozespół klasyczny nr 3		
Uruchomienie do pracy turbinowej	5 min. —	1 min. 40 s
	4 „ 20 s	
	4 „ 50 „	
Zatrzymanie z pracy turbinowej	7 min. 45 s	8 min.
	7 „ 51 „	
	7 „ 46 „	
Uruchomienie do pracy kompensacyjnej	3 min. 59 s	3 min. 35 s
Zatrzymanie z pracy kompensacyjnej	13 min. 52 s	8 min.

wynosi dla T3 – 40%, dla T4 – 71,9%, w Żydowie T1 – 89,3%, T2 – 90,2%. Przedstawione dyspozycyjności są niższe od urządzeń firmy English-Electric, które wynosiły 97 i 99%.

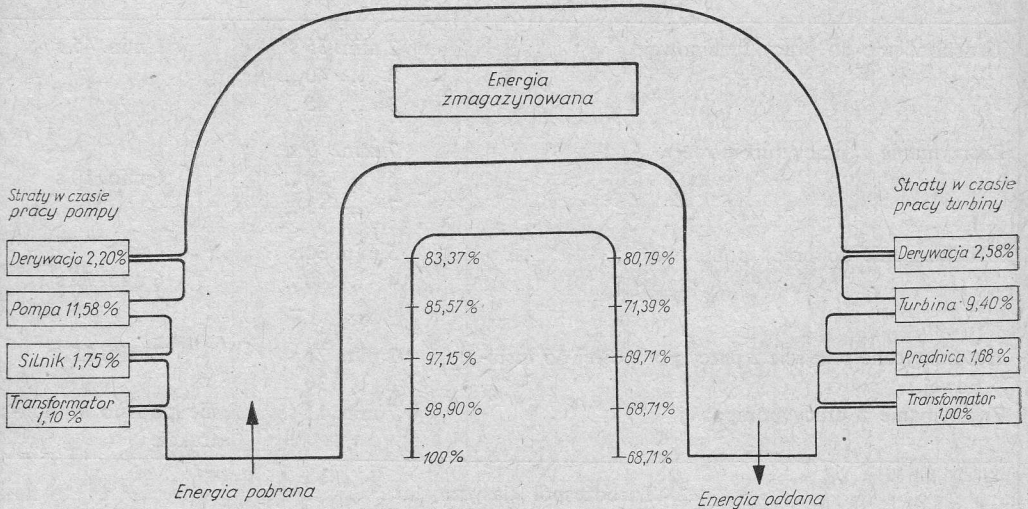
Jednymi z zasadniczych parametrów elektrowni interwencyjnych są czasy poszczególnych operacji. Czasy uzyskane w porównaniu z „kontraktowymi” przedstawia tabela 2.

W tabeli nie podano czasów dla turbozespołu T1, gdyż są one zbliżone do czasów turbozespołu T2 (identyczne urządzenie).

Uzyskane w eksploatacji czasy poszczególnych operacji odbiegają od czasów gwarantowanych przez dostawcę w kontrakcie, szczególnie w czasie uruchamiania zespołów do pracy turbinowej. Przedstawiają się one następująco: turbozespoły odwracalne – czas według kontraktu 1'45", w eksploatacji 2'40"; zespół klasyczny – czas według kontraktu 1'40', w eksploatacji 4'30". Znaczny wpływ na wydłużenie czasu uruchamiania turbozespołów w elektrowni Żydowo ma nieszczelność układu kierowniczego. Nieszczelność



układu kierowniczego spowodowała wprowadzenie do procesu uruchamiania zaworu motylowego. Czas otwarcia zaworu motylowego dla zespołu odwracalnego wynosi 37", a dla klasycznego 47".



Rys. 4. E.P. Żydowo. Procentowy bilans strat energii odniesionych do energii pobranej przez turbozespół odwracalny nr 2

Doświadczenia uzyskane w czasie eksploatacji elektrowni Solina i Żydowo przyspieszyły decyzję o budowie innych elektrowni tego typu. Na terenie Zakładów Energetycznych Okręgu Północnego buduje się elektrownię regulacyjną o mocy około 600 MW. Można mieć nadzieję, że dyspozycyjność jak i inne parametry tej elektrowni nie będą gorsze od parametrów uzyskanych na zespołach odwracalnych firmy English-Electric. Warunkiem osiągnięcia tego celu jest wysoka jakość turbozespołów odwracalnych, duża pewność pracy układów automatyki, odpowiednia aparatura łączeniowa oraz optymalny czas uruchamiania elektrowni.

### Analysis of Exploitation of the Pumped-Storage Peaking Power Plant at Żydowo over the Period 1971/1972

#### Summary

The operating and power generating factors of the pumped-storage peaking power plant at Żydowo are presented and the disposability of that power plant against the background of other power plants is discussed.

It was emphasized in conclusion that the high quality of reversible turbine sets, high reliability of automatic control systems and adequate selection of optimum hours of operation should be taken into account when building new power plants of this type.

## **Анализ использования насосно-пиковой электростанции Жыдово в 1971/1972 г.**

### **Резюме**

В сообщении перечисляются эксплуатационные и производственные показатели насосно-пиковой электростанции Жыдово. Обсуждается также работоспособность этой электростанции на фоне других энергетических объектов.

В заключении подчеркивается, что высокое качество реверсивных турбоагрегатов, высокая надежность работы элементов автоматики, а также соответствующий подбор оптимального времени пуска электростанции, должны учитываться при постройке регулирующих электростанций