

INSTYTUT INŻYNIERII OCHRONY ŚRODOWISKA
POLITECHNIKI WROCŁAWSKIEJ

Raporty Serii PREPRINTY nr /81

ANALIZA CZYNNIKÓW KSZTAŁTUJĄCYCH
DOBOWE I GODZINOWE ZUŻYCIE WODY
W MIASTACH DLA POTRZEB
PROGNOZOWANIA

Praca doktorska

Jan Cieżak

Słowa kluczowe: woda, zużycie,
zapotrzebowanie,
prognozowanie

Promotor : doc.dr hab.inż. Zbigniew A. Siwoń

Wrocław, 1981

Promotorowi
Panu Docentowi Zbigniewowi A. Siwoniowi
składam podziękowanie za życzliwość
w kierowaniu moją pracą,
cenne rady
i opiekę podczas jej realizacji.

mgr inż. Jan Cieżak

Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska

Politechniki Wrocławskiej

ul. Wybrzeże Wyspiańskiego 27

50-370 Wrocław

Niniejszy raport stanowi pracę doktorską,
która została przedłożona Radzie Naukowo-Dydaktycznej
Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki
Wrocławskiej w celu uzyskania stopnia naukowego
doktora nauk technicznych.

Promotor: doc.dr hab.inż. Zbigniew A. Siwoń

- Politechnika Wrocławska

Recenzenci: prof.zw.mgr inż. Tadeusz Gabryszewski

- Politechnika Krakowska

prof.dr hab.inż. Adam Szpindor

- Akademia Rolnicza we Wrocławiu

SPIS TREŚCI

	str.
1. Wstęp.	8
2. Przegląd piśmiennictwa i zagadnień naukowych.	9
2.1. Czynniki kształtujące zużycie wody w miastach.	9
2.2. Wytyczne techniczne projektowania wodociągów komunalnych jako podstawa prognozowania zapotrzebowania na wodę w miastach.	11
2.3. Pomiary zużycia wody.	13
2.4. Metody statystyczne stosowane do prognozowania zużycia wody	14
2.5. Współczynnik korelacji jako miara zależności między zmiennymi.	19
2.6. Sterowanie systemami zaopatrzenia w wodę.	21
3. Cel i zakres pracy.	24
4. Badania zużycia wody w miastach.	24
4.1. Metodyka badań.	24
4.1.1. Metodyka pomiarów wysokości ciśnienia wody w sieci wodociągowej.	25
4.1.2. Metodyka pomiarów zużycia wody.	26
4.2. Charakterystyka systemów zaopatrzenia w wodę.	26
4.2.1. Aglomeracja Kędzierzyn-Koźle. Dzielnica Kędzierzyn.	26
4.2.2. Aglomeracja Kędzierzyn-Koźle. Dzielnica Koźle.	27
4.2.3. Strzelce Opolskie.	27
4.2.4. Milicz.	28
4.2.5. Łódź.	28

	str.
4.3. Opis aparatury i stanowisk pomiarowych.	30
4.4. Wyniki pomiarów zużycia wody.	32
4.5. Analiza błędów pomiarów.	32
5. Statystyczne badania dobowego i godzinowego zużycia wody dla potrzeb krótkoterminowego prognozowania.	36
5.1. Tygodniowa cykliczność dobowego zużycia wody.	36
5.2. Wpływ czynników meteorologicznych.	49
5.3. Zasady krótkoterminowego prognozowania dobowego zapotrzebowania na wodę.	99
5.4. Przykłady krótkoterminowej prognozy dobowego zapotrzebowania na wodę.	105
5.5. Zasady krótkoterminowego prognozowania godzinowego zapotrzebowania na wodę i przykład prognozy.	129
6. Podsumowanie i wnioski końcowe.	154
LITERATURA	156
SPIS RYSUNKÓW	164
SPIS TABEL	170

OZNACZENIA

- c_R - współczynnik uwzględniający zwiększenie dobowego zużycia wody w porównaniu z rokiem poprzednim,
- c_{R_h} - współczynnik uwzględniający zwiększenie godzinowego zużycia wody w porównaniu z rokiem poprzednim,
- c_T - współczynnik transponujący zużycie wody w dniu tygodnia o określonej nazwie na dobowe zużycie maksymalne w czasie tygodnia,
- c_v - współczynnik zmienności,
- m - ilość zmiennych niezależnych,
- r - współczynnik korelacji,
- s - odchylenie standardowe, m^3/d , m^3/h ,
- $s^2/c/$ - oszacowana wariancja zniesiona przez korelację,
- $s^2/y/$ - oszacowana wariancja pozostała po korelacji,
- t_r - odstęp czasu w latach,
- w - procentowa miara wzrostu zużycia wody,
- A, B - współczynniki regresji,
- B^S - standaryzowane współczynniki regresji cząstkowej,
- F - wartość statystyki Fishera-Snedecora,
- H - wysokość opadu atmosferycznego, mm,
- M - liczba mieszkańców aglomeracji,
- N - liczba par danych,
- P_R - poprawka roczna, m^3/d ,
- P_T - poprawka tygodniowa, m^3/d ,
- P_α - poziom istotności,
- R - współczynnik korelacji wielokrotnej,
- T - maksymalna w czasie doby temperatura powietrza, K,

- Q - zużycie wody, zapotrzebowanie na wodę, m^3/d , m^3/h ,
 $\tilde{Q}$ - prognozowane zapotrzebowanie na wodę, m^3/d , m^3/h ,
 Q_j - jednostkowe zapotrzebowanie na wodę, $m^3/M \cdot d$,
 $Q_{st \max}$ - dobowe zużycie wody w styczniu, dla dni w których
współczynnik $c_{T_j} = 1,0$,
 Q_R - roczne zapotrzebowanie na wodę, m^3/rok ,
 Z_p - dobowe zużycie wody w dniu poprzednim, m^3/d ,
 Z_{pp} - dobowe zużycie wody sprzed dwóch dni, m^3/d ,
 X_1, X_2, X_3 - zmienne niezależne w równaniu regresji,
 α - współczynnik ufności,
 τ - współczynnik określający wzrost zużycia wody w zależności od temperatury, % /K,

INDEKSY

- d - dobowy,
 gr - przy granicznej wartości temperatury powietrza T ,
 h - godzinowy,
 $j=1,2,\dots,7,8$ - dni tygodnia o jednakowej nazwie /poniedziałek,
wtorek, ..., dzień wolny od pracy, wszystkie dni robocze/,
 kr - krytyczny,
 $p=1,2,\dots,23,24$ - godziny w czasie doby,
 $r=1,2$ - wiosenno-letni i jesienno-zimowy okresy roku,
 $0,05$ - przy współczynniku ufności α równym $0,05$.

1. Wstęp.

Ciągły i coraz szybszy rozwój gospodarczy Polski i wielu krajów świata oraz intensywna urbanizacja i rozwój aglomeracji miejsko-przemysłowych spowodowały bardzo szybki wzrost zapotrzebowania na wodę. Zasoby wodne Kraju są ograniczone i w wielu rejonach niewystarczające do pokrycia stale rosnącego zapotrzebowania na wodę, a to z kolei hamuje tempo rozwoju istniejących i powstawanie nowych aglomeracji miejsko-przemysłowych. Z drugiej strony wolny i nienadążający za potrzebami rozwój oczyszczalni ścieków powoduje zatrucie wielu rzek, wskutek czego jeszcze bardziej zmniejszają się i tak niewielkie dyspozycyjne zasoby wodne Kraju.

Niejednokrotnie duże aglomeracje miejsko-przemysłowe muszą korzystać z bardzo odległych zasobów naturalnych. W niektórych miastach prowadzi się racjonowanie wody, a w niedalekiej przyszłości trzeba będzie odzyskiwać ją ze ścieków miejskich i przemysłowych [13, 21, 32].

Szybki rozwój gospodarczy Kraju powoduje napływ ludności do miast i osiedli. Komisja Planowania przewiduje, że w 1985r. w Polsce w miastach i osiedlach będzie mieszkało 22,143 mln ludności, a w 1990: 23,715 mln [26, 40]. Zwiększy się także procent mieszkańców korzystających z wodociągów i w 1990 roku wyniesie 95%. Rodzi to konieczność szukania nowych zasobów wody, a także optymalnego sterowania systemami zaopatrzenia w wodę w celu racjonalnego wykorzystania zasobów dyspozycyjnych.

2. Przegląd piśmiennictwa i zagadnień naukowych.

Osiągnięcia techniki i wymogi higieny były decydujące w ostatnich stu latach dla niezwykle szybkiego rozwoju systemów zaopatrzenia w wodę i usuwania ścieków [56]. Równolegle z tym rozwojem rosło zainteresowanie problemem zaopatrzenia w wodę wielu placówek naukowych nie tylko w Polsce, ale także na świecie. Świadczą o tym liczne publikacje na ten temat w czasopismach fachowych. Obecnie, wobec groźby braku wody związanego z deficytem zasobów wodnych, coraz częściej pojawia się problem poznania zależności i czynników wpływających na wielkość dobowego i godzinowego zużycia wody, w celu ich lepszego prognozowania, a co za tym idzie optymalnego projektowania i sterowania systemami zaopatrzenia w wodę.

2.1. Czynniki kształtujące zużycie wody w miastach.

Zużycie wody w miastach jest zmienne w czasie i zależy od wielu czynników, a mianowicie:

- czynników demograficznych, jak liczba mieszkańców miasta korzystających z wodociągu,
- charakteru miasta,
- standardu wyposażenia sanitarnego mieszkań,
- zmian rozwojowych wynikających ze wzrostu liczby odbiorców i ich potrzeb,
- stanu technicznego zewnętrznych i wewnętrznych /w budynkach/ sieci wodociągowych i związanych z tym strat wody spowodowanych przeciekami,
- stopnia zaopatrzenia ludności w gaz,
- lokalizacji przemysłu kampanijnego,
- zajęć w dni wolne od pracy,

- okresów urlopowych i wakacyjnych,
- imprez, np: sportowych,
- atrakcyjności programu telewizyjnego,
- trybu życia mieszkańców,
- zamożności społeczeństwa,
- czynników meteorologicznych, jak: temperatura powietrza, opad atmosferyczny.

Zużycie wody podlega zmianom w cyklu rocznym, sezonowym, miesięcznym, tygodniowym i dobowym. Są one wypadkową oddziaływania czynników wielokrotnie przytaczanych i analizowanych w literaturze. Zmiany rocznego zużycia wody są spowodowane głównie wzrostem demograficznym oraz rozwojem przemysłu, stałym podnoszeniem się standardu sanitarnego wyposażenia mieszkań oraz zamożności społeczeństwa i ogólnej higieny ludności, a także wzrostem produkcji rolniczej, rozwojem motoryzacji indywidualnej, rozpowszechnienia się nowoczesnych urządzeń gospodarstwa domowego, stosowaniem urządzeń klimatyzacyjnych i wentylacyjnych oraz rozwojem komunikacji miejskiej [3,20,23,37,38,41,53,63]. Sezonowa i miesięczna nierównomierność zużycia wody spowodowana jest głównie okresem urlopowym i związaną z tym migracją ludności, czynnikami meteorologicznymi, a także okresem kampanijnym w niektórych gałęziach przemysłu.

Zmiany zużycia wody w cyklu tygodniowym i dobowym są uzależnione od typu dnia tygodnia /np.: roboczy, przedświąteczny lub dzień wolny od pracy/ i związanym z tym profilem produkcyjnym w zakładach pracy, oraz z przyzwyczajeniami ludności.

Niemalży wpływ na wahania dobowego i godzinowego zużycia wody mają także warunki meteorologiczne, a szczególnie temperatura powietrza. Wpływ tych czynników wykazało wielu Autorów [6,25,28,34,35,46,47,52,56,64].

Z doniesień literaturowych wynika również, że istotny wpływ na zużycie wody - szczególnie w budynkach mieszkalnych - wywiera ciśnienie w sieci wodociągowej, którego zwiększenie o 0,1 MPa powoduje wzrost zużycia wody o 8 - 10% [29]. Zaobserwowano także wpływ gęstości zaludnienia, piętra budynku oraz zasobności ekonomicznej mieszkańców na wielkość zużycia wody [27,30]. Nie stwierdzono natomiast zależności między zużyciem wody a miejscem położenia budynku w układzie przestrzennym aglomeracji [55].

2.2. Wytyczne techniczne projektowania wodociągów komunalnych jako podstawa prognozowania zapotrzebowania na wodę w miastach.

Podstawą do prognozowania zapotrzebowania na wodę w Polsce są „Wytyczne techniczne projektowania wielkości wodociągu komunalnego w zakresie zapotrzebowania wody” [66]. Opierają się one na wskaźnikach jednostkowego zużycia wody, określonych dla poszczególnych grup odbiorców oraz na współczynnikach nierównomierności dobowego i godzinowego zużycia wody. Wartości jednostkowego zużycia wody w gospodarstwach domowych /po uwzględnieniu współczynnika etapowego/ wynoszą:

- dla roku 1990: średnio od $33 \text{ dm}^3/\text{mk} \cdot \text{d}$ do $204 \text{ dm}^3/\text{mk} \cdot \text{d}$
oraz maksymalnie: od $50 \text{ dm}^3/\text{mk} \cdot \text{d}$ do $222 \text{ dm}^3/\text{mk} \cdot \text{d}$,
- dla roku 2000: średnio od $36 \text{ dm}^3/\text{mk} \cdot \text{d}$ do $222 \text{ dm}^3/\text{mk} \cdot \text{d}$
oraz maksymalnie od $54 \text{ dm}^3/\text{mk} \cdot \text{d}$ do $244 \text{ dm}^3/\text{mk} \cdot \text{d}$.

W 1978 roku zostało wydane opracowanie [65] zawierające jednostkowe wskaźniki, które należy stosować przy obliczaniu zapotrzebowania na wodę w roku 2000. Wskaźniki zużycia jednostkowego w gospodarstwach domowych/po uwzględnieniu współczynników nierównomierności oraz standardu wyposażenia mieszkań w urządzenia techniczno-sanitarne/ wynoszą:

- średnio od $50 \text{ dm}^3/\text{mk.d}$ do $300 \text{ dm}^3/\text{mk.d}$,
- maksymalnie od $150 \text{ dm}^3/\text{mk.d}$ do $480 \text{ dm}^3/\text{mk.d}$.

Zużycie wody w gospodarstwach domowych przekracza 50% ogólnego zużycia w mieście [61]. W latach 1960 do 1970 udział ten wykazywał tendencję zwykłą [39].

Opracowane na początku lat siedemdziesiątych prognozy zapotrzebowania na wodę dla aglomeracji krakowskiej, kódzkiej, wrocławskiej oraz GOP-u wskazują, że średnie zapotrzebowanie w tych aglomeracjach wynosić będzie w roku 2000 około $600 \text{ dm}^3/\text{mk.d}$, a maksymalne około $700 \text{ dm}^3/\text{mk.d}$ [18]. W miastach o liczbie mieszkańców większej, niż 200 tys., wskaźnik zapotrzebowania na wodę w roku 1990 wyniesie odpowiednio $465 \text{ dm}^3/\text{mk.d}$ i $560 \text{ dm}^3/\text{mk.d}$ [26].

Drugim wskaźnikiem uwzględnianym obecnie przy prognozowaniu zapotrzebowania na wodę są współczynniki nierównomierności zużycia dobowego i godzinowego. Wytyczne [66] podają ich wartości dla wszystkich grup odbiorców. Dla gospodarstw domowych współczynniki nierównomierności zależą od klasy wyposażenia sanitarnego mieszkań i liczby mieszkańców miasta [2,23,65,66].

Na zmniejszenie się współczynników nierównomierności zużycia dobowego i godzinowego istotny wpływ mają przecieki w nieszczelnych instalacjach wewnętrznych budynków. Małe wartości tych współczynników dla całego miasta mogą świadczyć nie tylko o wysokiej klasie sanitarnego wyposażenia mieszkań, ale również o wysokich stratach wody w instalacji wodociągowej [19,35]. Ponadto wyniki badań zamieszczone w pracach [51,54,55] wskazują, że wraz ze wzrostem standardu sanitarnego wyposażenia mieszkań rośnie rzeczywista nierównomierność zużycia wody i założenia normatywne o jej zmniejszaniu się w miarę poprawy

standardu nie są skuszone. Szczególnie duży wzrost współczynników nierównomierności zużycia wody wraz ze wzrostem sanitarnego wyposażenia mieszkań zaobserwowano w USA [1,8,17,22].

Definicje współczynników nierównomierności oraz wzory do ich obliczania podają opracowania [12,68].

2.3. Pomiary zużycia wody.

Wraz z rozwojem systemów zaopatrzenia w wodę i usuwania ścieków pojawiły się pierwsze zapisy zużycia wody w pojedynczych zakładach wodociągowych, publikowane częściowo we własnych rocznikach. Celem tych zapisów było uzyskanie materiału porównawczego, ponieważ przy planowaniu zapotrzebowania na wodę nie dysponowano żadnymi wskaźnikami. Na podstawie tych zestawień opracowano znane dzisiaj wskaźniki dla różnych celów. Metody prognozowania zapotrzebowania na wodę oparte na wskaźnikach jednostkowego zużycia są niedoskonałe i dlatego szereg instytucji prowadzi ciągłe pomiary zużycia wody, aby te metody udoskonalić.

Ważnym czynnikiem jest okres prowadzenia badań, zależny od rodzaju odbiorców.

Dla miast i osiedli badania zużycia wody winne być prowadzone przez okres czasu co najmniej jednego roku hydrologicznego, przy czym powinien on być podzielony na okresy jesienno-zimowy /od 1-go listopada do 30-go kwietnia/ oraz wiosenno-letni /od 1-go maja do 31-go października/ [7,11,44,45].

Aby wyniki były porównywalne należy założyć, że warunki demograficzne i klimatyczne, uprzemysłowienie miasta oraz standard sanitarnego wyposażenia mieszkań zmieniają się w czasie roku w niewielkim stopniu [5,6,10,31,33,44].

Zużycie wody w budynkach mieszkalnych badano w okresach miesięcznych, tygodniowych i dobowych [55]. Pomiary zużycia wody, prowadzone w budynkach mieszkalnych, potwierdziły istotny wpływ strat wody spowodowanych przeciekami w wewnętrznej instalacji wodociągowej na zużycie jednostkowe [6,29,30,59]. Straty te wahają się od kilku do ponad 50% ogólnego zużycia w budynkach [6,30,35,50] i powodują nie tylko wzrost poboru wody, ale również zmianę kształtu /spłaszczenie/ histogramów empirycznych rozkładów statystycznych godzinowego zużycia wody [44].

Badania zużycia wody w budynkach mieszkalnych [31,43] wykazały, że natężenie zużycia /mierzone w jednostkach natężenia przepływu/ zależy od długości okresu czasu w którym jest rozpatrywane. Im krótszy czas, tym większe jest natężenie zużycia wody. Obecnie miarodajnym do projektowania urządzeń wodociągowych /sieci wodociągowej, pompowni itp./ jest zużycie godzinowe. Tessendorff [58] proponuje, aby jako czas trwania zużycia wody miarodajnego do wymiarowania przyłącza wodociągowego i armatury wypływowej przyjąć 15s, zaś dla przewodów magistralnych: 30 minut.

2.4. Metody statystyczne stosowane do prognozowania zużycia wody.

W większości krajów świata, a także w Polsce, zapotrzebowanie na wodę prognozuje się na podstawie planu perspektywicznego rozwoju miasta i wskaźników jednostkowego zużycia wody. Dla wielu miast metoda ta nie daje rozsądnych wyników, gdyż np.: w Wiedniu maleje liczba mieszkańców, a zapotrzebowanie na wodę stale rośnie [56].

Wartości zapotrzebowania na wodę w czasie można rozpatrywać jako zbiory wypadkowych wielkości determinowanych dużą liczbą czynników wzajemnie ze sobą powiązanych. Dlatego przy ich analizie należy korzystać z metod statystyki matematycznej [44,50]. Obecnie tylko w niewielkim stopniu rachunek prawdopodobieństwa i statystyka matematyczna są stosowane w Austrii, Japonii i USA.

W zależności od celu jaki ma spełniać prognozowanie oraz od okresu czasu na jaki jest przewidziane, rozróżnia się [13]:

- prognozowanie krótkoterminowe,
- prognozowanie średnioterminowe,
- prognozowanie długoterminowe.

Prognozowanie krótkoterminowe obejmuje okres czasu do pięciu lat. Prowadzi się je obecnie w oparciu o plan rozwoju gospodarczego, który określa rozwój użytkowników wody [13]. Do sterowania systemami zaopatrzenia w wodę potrzebna jest jednak bardziej szczegółowa prognoza. Wielu Autorów opracowało zależności między zużyciem wody a czynnikami je kształtującymi, jednak w dostępnej literaturze nie zamieszczono prognozy zużycia wody, czy jakichkolwiek metod określających przydatność zaproponowanych modeli matematycznych do prognozowania krótkoterminowego.

Bruck [9] opracował metodę określania maksymalnego dobowego zapotrzebowania na wodę w Dallas w Texasie. Stosuje on w tym celu nieliniowe metody regresyjne dziesiątego stopnia z siedmioma zmiennymi niezależnymi, przy czym trzy z nich są w kwadracie.

Wun⁵ch, Tuppeck i Plett [64] zbadali wpływ temperatury powietrza i opadów atmosferycznych na zużycie wody w 44

miastach w RFN. Do określenia prostych regresji zastosowali metodę najmniejszych kwadratów.

Przedstawiona przez tych Autorów zależność ma postać:

$$Q_d = 115,6 \cdot T + 2267,2, \quad 10^3 \text{ m}^3/\text{d}, \quad /2-1/$$

gdzie:

T - średnia wartość z maksymalnych temperatur w 44 miastach, °C .

Formuła /2-1/ jest ważna dla temperatury powietrza większej od jej wartości granicznej, równej 288,8 K. Lepsze wyniki uzyskano wprowadzając do równania /2-1/ średnią temperaturę powietrza zamiast temperatury maksymalnej. Równanie to przyjmuje wówczas postać:

$$Q_d = 160,83 \cdot T + 2060,6, \quad \text{m}^3/\text{d}, \quad /2-2/$$

gdzie:

T - średnia w czasie doby temperatura powietrza, °C.

Stuckmeier [52] wprowadził do równania regresji także opad atmosferyczny. Przyjmuje ono wówczas postać:

$$Q_d = 11097 + 646 \cdot T - 157 \cdot H - 165 \cdot H_r - 30 \cdot H_w, \quad /2-3/ \\ \text{m}^3/\text{d},$$

gdzie:

T - średnia w czasie doby temperatura powietrza, °C,

H - dobową wysokość opadu atmosferycznego, mm,

H_r - wysokość opadu atmosferycznego w dniu poprzednim, mm,

H_w - wysokość opadu atmosferycznego w tygodniu poprzednim, mm

przy czym temperatura graniczna wynosiła 284,3 K.

Podobne równanie przedstawił Supersperg [56] dla jednej z dzielnic miasta Wiednia:

$$Q_d = 2,059 \cdot \bar{T} + 0,343 \cdot T_{\max} + 0,00397 \cdot H + 91,989, \text{ m}^3/\text{d}, \quad /2-3/$$

gdzie:

$\bar{T}$ - średnia w czasie doby temperatura powietrza, °C,

$T_{\max}$ - maksymalna w czasie doby temperatura powietrza, °C,

H - wysokość opadu atmosferycznego, mm.

Eigenbrodt [16] informuje o określeniu przyszłego zużycia wody w Monachium przy pomocy korelacji między zużyciem wody a liczbą mieszkańców.

We wszystkich tych publikacjach stosowano metody, które nadają się do wyznaczenia zależności między wymiarnymi cechami. Określane są one w statystyce jako procesy regresji i korelacji. Pod pojęciem regresji rozumie się metodę, która służy do obliczania zależności uwarunkowanych wielkościami zmierzonymi.

Równania regresji podane przez w.w. Autorów nie w pełni odzwierciedlają zużycie wody w miastach polskich i nie uwzględniają wszystkich istotnych czynników wpływających na zużycie wody. W związku z tym prognoza zużycia wody oparta na tych równaniach daje duże odchyłki od wartości rzeczywistego zużycia.

Prognozowanie średnioterminowe obejmuje okres czasu od 5 do 15 lat [13], tj. okres, dla którego istnieje koncepcja rozwoju gospodarczego. Przewidywane zużycie wody określa się zazwyczaj dla poszczególnych grup odbiorców z zastosowaniem normatywów. Poważną trudność stanowi określenie przyszłościowych norm zużycia wody, które dla różnych miast są inne i zależą od warunków klimatycznych, technologii produkcji, stopy życiowej ludności itp.

Prognozowanie długoterminowe, obejmujące okres czasu od 15 do 25 lat /wyjątkowo do 50 lat/ [13], jest bardzo trudne ponieważ brak jest koncepcji rozwoju gospodarczego aglomeracji miejsko-przemysłowych.

Na Węgrzech stosuje się dwie metody prognozowania długoterminowego [13]:

1. Ekstrapolację statystyczną przyszłej funkcji czasowej zapotrzebowania na wodę w określonym obszarze,
2. Przewidywanie na podstawie charakterystycznych parametrów gospodarki narodowej.

Na podstawie ekstrapolacji statystycznej Csermak [13] uzyskał następujący wzór wykładniczy służący do obliczania przyszłego zużycia wody:

$$Q_R = A \cdot t_r^{1+w} + B, \quad /2-4/$$

gdzie:

- Q_R - roczne zapotrzebowanie na wodę, m^3 ,
- t_r - czas w latach,
- w - procentowa miara wzrostu zużycia wody,
- A, B - stałe, charakterystyczne dla danego obszaru.

Heunis [21] podał wzór umożliwiający obliczenie przyszłego dobowego zużycia wody, otrzymany na podstawie pomiarów zużycia wody w latach 1948 do 1970. Ma on postać :

$$Q_d = 83,37 \cdot 1,057^{t_r}, \quad \text{tys } m^3/d, \quad /2-5/$$

gdzie:

- t_r - odstęp czasu w latach po 1948 roku.

Domokos [15] podaje wzór, który uzależnia jednostkowe zużycie wody w miastach od charakterystycznych parametrów gospodarki narodowej:

$$q_j = 2,66 \cdot x_1^{0,305} \cdot x_2^{0,250} \cdot x_3^{0,069}, \quad m^3/mk.d, \quad /2-6/$$

gdzie:

q_j - zapotrzebowanie jednostkowe na wodę na danym obszarze, $m^3/mk.d$,

x_1 - produkcja przemysłowa brutto, dolar/mk.d,

x_2 - liczba mieszkańców, tys mk,

x_3 - stosunek powierzchni rolniczej zaopatrywanej w wodę do ogólnej powierzchni wykorzystywanej rolniczo, %.

Przy zastosowaniu opisanych metod prognozowania długoterminowego można obliczyć globalną ilość wody dla danego miasta lub obszaru, przydatną przede wszystkim do określenia zasobów wodnych, którymi należy dysponować, aby pokryć potrzeby wodne odbiorców. Metody te są natomiast mało przydatne do projektowania poszczególnych elementów systemów zaopatrzenia w wodę.

2.5. Współczynnik korelacji jako miara zależności między zmiennymi.

Nanoszenie na wykres wyników eksperymentu dla stwierdzenie, czy istnieje jakiś uporządkowany związek między zmiennymi, nazywamy „korelowaniem danych” [62]. Korelacja odnosi się do stopnia powiązania między jedną zmienną i drugą lub między jedną zmienną i kilku innymi. Współczynnik korelacji jest miarą ilościową związku między zmiennymi, którego wartość wynosząca 1,0 oznacza całkowite powiązanie zmiennych, a wartość 0,0 oznacza całkowicie przypadkowy związek [4,14,24,42,62].

Zdarzają się przypadki, gdy z wykresu danych nie wynika, czy przeprowadzenie prostej przez punkty jest uzasadnione, czy też nie. W tego rodzaju przypadkach należy sprawdzić czy korelacja jest istotna.

W zagadnieniach związanych z regresją weryfikuje się na wstępie hipotezę zerową H_0 przyjmując, że nie ma regresji, tzn. współczynniki regresji, a więc i współczynniki korelacji są równe zero :

$$H_0 : B_1 = B_2 \dots B_N = 0, \quad /2-7/$$

$$R = 0, \quad /2-8/$$

gdzie:

$B_1, B_2 \dots B_N$ - współczynniki regresji, ,

R - współczynnik korelacji.

Suma kwadratów odchyłeń od prostej najmniejszych kwadratów podzielona przez liczbę stopni swobody korelacji równą $N-m-1$ daje miarę wariancji oszacowania wartości funkcji y .

Można testować oszacowaną wariancję zniesioną przez korelację liniową w stosunku do oszacowanej wariancji pozostałej po korelacji. Wartość funkcji testowej F przyjmuje postać [62,67]:

$$F = \frac{s^2_{/c/}}{s^2_{/\hat{y}/}}, \quad /2-9/$$

gdzie:

$s^2_{/c/}$ - oszacowana wariancja zniesiona przez korelację,

$$s^2_{/c/} = \frac{R^2 \cdot \Sigma/y - \bar{y}^2}{m}, \quad /2-10/$$

$s^2_{/\hat{y}/}$ - oszacowana wariancja pozostała po korelacji,

$$s^2_{/\hat{y}/} = \frac{1 - R^2 \cdot \Sigma/y - \bar{y}^2}{N - m - 1}, \quad /2-11/$$

$\hat{y}$ - wartość obliczona dla prostej najmniejszych kwadratów,

y - zmienna zależna,

$\bar{y}$ - wartość średnia z próby,

N - liczba danych,

m - ilość zmiennych niezależnych.

Aby wykazać, że wariancja zniesiona przez prostą korelacji jest istotna w porównaniu z resztkową wariancją oszacowania, należy sprawdzić ich stosunek za pomocą testu F przy m i $N-m-1$ stopniach swobody. Próba ta jest równoważna ze sprawdzeniem istotności współczynnika korelacji, gdyż po przekształceniu wartość funkcji testowej F jest zależna tylko od współczynnika korelacji:

$$F = \frac{s^2/c/}{s^2/\hat{y}/} = \frac{R^2 \cdot /N-m-1/}{/1-R^2/ \cdot m}, \quad /2-12/$$

Na podstawie zależności /2-12/ z tablic testu F sporządzono tablicę istotnych wartości R_{kr} dla różnych kombinacji m i $N-m-1$. Są to maksymalne wartości współczynnika korelacji, jakich można oczekiwać dla odpowiedniej liczby danych, gdy nie ma żadnej korelacji. Korelacja istnieje więc wówczas, gdy $R > R_{kr}$, gdzie R_{kr} odpowiada określonemu poziomowi istotności P_α przy m i $N-m-1$ stopniach swobody.

2.6. Sterowanie systemami zaopatrzenia w wodę.

Duże systemy zaopatrzenia w wodę niejednokrotnie posiadają wiele źródeł zasilania, w tym zbiorników wodociągowych o znacznej pojemności. Rozwój techniki komputerowej i pomiarowej umożliwia wprowadzenia do dyspozytorni wodociągowych „automatycznych systemów sterowania” ASS. System ASS winien realizować następujące zadania [60]:

- obliczać prognozę dobowego i godzinowego zapotrzebowania na wodę z wyprzedzeniem dobowym,
- wyznaczyć optymalny plan eksploatacji systemu zaopatrzenia w wodę,

- zabezpieczyć eksploatację systemu zgodną z planem optymalnym poprzez kontrolę i sterowanie pracą ujęć, stacji pomp i zbiorników oraz sterowanie zasuwami na sieci,
- realizować sprzężenie zwrotne, tzn. w sposób ciągły kontrolować prognozę zużycia wody ze stanem rzeczywistym i w nieprzewidzianych lub awaryjnych przypadkach wykonać jej korektę.

W systemie wodociagowym o kilku źródłach zasilania /zbiornikach i pompowniach/ może nastąpić w każdej godzinie wiele dyskretnych „stanów eksploatacyjnych”, wyznaczonych wydajnością ujęć i pompowni, dopływami do zbiorników itp. Liczba tych stanów jest tym większa, im większy jest system zaopatrzenia w wodę. Opracowanie optymalnego dobowego harmonogramu eksploatacji systemu zaopatrzenia w wodę wymagać będzie zatem znalezienia takiej kombinacji stanów eksploatacyjnych w godzinowych przedziałach czasowych, aby zbilansowane zostały dopływy wody do wszystkich zbiorników z jednoczesnym pokryciem prognozowanych potrzeb przy najniższych dobowych kosztach eksploatacji systemu. Wymaga to przeprowadzenia analizy przepływów w sieci i wyznaczenia całkowitych nakładów na produkcję i doprowadzenie wody dla każdego stanu eksploatacyjnego i dla każdej godziny doby, przy czym dane wyjściowe do obliczeń muszą zawierać krótkoterminową prognozę dobowego i godzinowego zapotrzebowania na wodę.

Intensyfikacja gospodarcza kraju, rozbudowa miast i osiedli oraz zakładów przemysłowych powoduje gwałtowny wzrost zapotrzebowania na wodę do celów komunalnych, przemysłowych i rolniczych. Stwarza to konieczność organizacji optymalnego sterowania rozdziałem zasobów wodnych w systemie wodno-gospodarczym, szczególnie w dużych okręgach miejsko-przemysłowych.

Autrzy opracowania [57] proponują trójpoziomowe sterowanie systemem wodociagowym, które obejmuje:

1. prognozę obciążeń /zapotrzebowań/ i zakłóceń oraz ustalenie bezpiecznej struktury systemu - programowanie i bezpieczeństwo,
2. optymalizację produkcji i rozpiywu wody - optymalizacja,
3. regulację i nastawy pomp, zasuw, dozowników, poboru energii itd. - sterowanie bezpośrednie.

System wielopoziomowy stwarza możliwość trzech rodzajów dekompozycji: podział zadania optymalizacji w przestrzeni oraz w czasie, jak też podział czynności sterowania.

Najważniejsze cechy proponowanego typu układu sterowania stanowią:

- hierarchia celów. Cele działania wyższych poziomów są ogólniejsze, a w każdym razie mają priorytet w stosunku do poziomów niższych,
- agregacja cech - modele aproksymujące. Wyższe poziomy operują - przeważnie z konieczności - uproszczonymi charakterystykami warstw niższych i samych obiektów sterowania. Informacje i modele przedstawiane warstwie wyższej muszą być bardziej zbiorcze, czyli agregowane,
- komunikacja i interwencja między poziomami,
- horyzont czasowy i częstotliwość interwencji. W zasadzie horyzont czasowy zadań na wyższych poziomach powinien być dłuższy, a ich interwencje mniej częste.

Opisane wyżej cechy układu wielopoziomowego predysponują go do zastosowania przy sterowaniu wielkim systemem wodociagowym.

W proponowanych w pracy [57] modelach sterowania dane wyjściowe muszą zawierać krótkoterminową prognozę dobowego i godzinowego zapotrzebowania na wodę.

3. Cel i zakres pracy.

Cele prezentowanej dysertacji stanowią:

- określenie rodzaju i liczby czynników istotnie wpływających na zmiany dobowego i godzinowego zużycia wody w czasie roku w dużej aglomeracji miejsko-przemysłowej,
- sformułowane metody krótkoterminowego /obejmującego okres czasu 1-3 dni/ prognozowania dobowego i godzinowego zapotrzebowania na wodę dla potrzeb sterowania systemem zaopatrzenia w wodę dużej aglomeracji miejsko-przemysłowej.

W dysertacji wykorzystano wyniki pomiarów zużycia wody w Miliczu, Strzelcach Opolskich i Kędzierzynie-Koźlu oraz w Aglomeracji Ródzkiej.

4. Badania zużycia wody w miastach.

Pomiary zużycia wody w miastach, wykorzystane w niniejszej pracy, były prowadzone w latach 1972 do 1979 w ramach prac naukowo-badawczych Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej [35,50]. Kryterium doboru odpowiednich miast było pełne pokrycie potrzeb wodnych wszystkich odbiorców.

4.1. Metodyka badań.

Wstępny wybór miast odbywał się w oparciu o dane uzyskane w Rejonowych Przedsiębiorstwach Gospodarki Komunalnej i Mieszkaniowej. Następnie prowadzono badania warunków zaopatrzenia ludności i przemysłu w wodę, poprzez pomiary wysokości ciśnienia wody w wybranych węzłach sieci.

4.1.1. Metodyka pomiarów wysokości ciśnienia wody w sieci wodociągowej;

W celu oceny warunków zaopatrzenia ludności i przemysłu w wodę oraz możliwości pełnego pokrycia zapotrzebowania na wodę, przeprowadzono w miastach ciągle pomiary wysokości ciśnienia w wybranych węzłach sieci wodociągowej. Liczba punktów pomiarowych wynosiła od 10 do 17, w zależności od wielkości obszaru objętego siecią wodociągową.

Punkty lokalizowano:

- w źródłach zasilania sieci,
- w węzłach sieci wielostronnie zasilanych,
- w końcówkach sieci,
- w środkach ciężkości obszarów dużego rozbioru wody,
- w węzłach sieci, w których znajomość wysokości ciśnienia pozwoliła na dokładniejszą ocenę warunków pracy sieci.

Pomiary przeprowadzono przy zastosowaniu manometrów wskazująco-rejestrujących zamontowanych na stojakach hydrantowych.

W czasie trwania pomiarów rejestrowana była ilość wody tłoczona do sieci wodociągowej ze wszystkich źródeł jej zasilania.

Na podstawie wyników pomiarów obliczono rzędne wysokości ciśnienia w punktach pomiarowych oraz sporządzono plany hydroizolinii minimalnej i maksymalnej wysokości ciśnienia.

Analiza planów izolinii oraz wielkości dobowej produkcji wody, a także znajomość wysokości wymaganego ciśnienia gospodarczego w poszczególnych rejonach miasta, pozwoliła na odrzucanie lub przyjęcie danego miasta do badań. Szczegółowe wyniki zamieszczono w opracowaniach [35,48,49,50], dostępnych w Archiwum Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej.

4.1.2. Metodyka pomiarów zużycia wody.

Pomiary zużycia wody prowadzono w latach 1972 do 1979. Punkty pomiarowe lokalizowano w źródłach zasilania sieci, tj. pompowniach drugiego stopnia oraz w zbiornikach, o ile występowały one na terenie danego miasta. Liczba stanowisk pomiarowych zależna była od liczby przewodów tłocznych pompowni drugiego stopnia. Uzyskano wyniki w postaci wykresów na taśmie papierowej, wykreślonych przez urządzenia samopiszące przepływomierzy. Taśmy te były odczytywane, a wyniki zapisywano w odpowiednich formularzach.

W trakcie prowadzonych pomiarów zużycia wody zbierano również dane o standardzie sanitarnego wyposażenia mieszkań oraz mierzono straty wody w wewnętrznych instalacjach wodociągowych wytypowanych budynków mieszkalnych. Wyniki tych pomiarów zamieszczono w opracowaniu [50].

4.2. Charakterystyka systemów zaopatrzenia w wodę.

Do badań zużycia wody wytypowano miasta: Kędzierzyn-Koźle, Strzelce Opolskie, Milicz oraz Łódź. Szczegółowe charakterystyki ich systemów zaopatrzenia w wodę są zawarte w opracowaniach [48,50]. W dalszym ciągu zamieszczono skrócone charakterystyki obiektów badań.

4.2.1. Aglomeracja Kędzierzyn-Koźle. Dzielnica Kędzierzyn.

Dzielnica Kędzierzyn posiada system zaopatrzenia w wodę o jednym źródle zasilania, oparty na wodzie podziemnej. Ujęcie wody składa się z sześciu studni wierconych z pompami głębinowymi. Proces technologiczny uzdatniania wody, mający na

celu usunięcie jonów żelaza i manganu, obejmuje napowietrzanie oraz filtrowanie przez filtry pospieszne otwarte. Sieć wodociągowa, o układzie obwodowo-rozgałęzieniowym, jest w znacznym stopniu stabilna pod względem hydraulicznym.

4.2.2. Aglomeracja Kędzierzyn-Koźle. Dzielnica Koźle.

Na terenie dzielnicy Koźle zlokalizowane są dwa zakłady produkcji wody, w których skład wchodzi ujęcie oraz zakład uzdatniania wody. Ujęcie wody przy ulicy Filtrowej składa się z czterech studni wierconych wyposażonych w pompy głębinowe. Proces uzdatniania wody obejmuje napowietrzanie w aeratorze ciśnieniowym oraz filtrację przez filtry pospieszne zamknięte. Ujęcie przy ulicy Portowej składa się z dwóch studni z pompami głębinowymi. Proces technologiczny obejmuje napowietrzanie przez wtłoczenie powietrza do przewodów oraz filtrację przez filtry pospieszne zamknięte.

Dzielnica Koźle posiada sieć wodociągową o układzie obwodowo-rozgałęzieniowym, która współpracuje ze zbiornikiem wieżowym o wysokości 28,5 m i pojemności użytkowej 176 m³.

4.2.3. Strzelce Opolskie.

Miasto Strzelce Opolskie posiada system zaopatrzenia w wodę o dwóch źródłach zasilania. Woda jest ujmowana za pomocą trzech studni wierconych i tłoczona bezpośrednio bez uzdatniania do sieci wodociągowej.

4.2.4. Milicz.

Miasto Milicz posiada system zaopatrzenia w wodę składający się z ujęcia wody podziemnej, zakładu uzdatniania wody oraz sieci wodociągowej. Ujęcie wody składa się z czterech studni wierconych z pompami głębinowymi.

Z uwagi na podwyższoną zawartość jonów żelaza i manganu w wodzie, proces technologiczny jej uzdatniania obejmuje ciśnieniowe napowietrzanie oraz filtrację przez ciśnieniowe filtry pospieszne.

4.2.5. Łódź.

Aglomeracja Łódzka jest zaopatrywana w wodę z dwóch głównych Zakładów Produkcji Wody oraz z siedmiu lokalnych. Główne Zakłady Produkcji Wody zlokalizowane są w Tomaszowie oraz Sulejowie.

W Tomaszowie ujmowana jest woda powierzchniowa. Technologiczny proces jej uzdatniania obejmuje koagulację, sedymentację, filtrację przez filtry pospieszne otwarte i dezynfekcję. Woda uzdatniona pompowana jest do zbiornika Stoki o pojemności 102 tys. m³

W Sulejowie ujmowana jest woda powierzchniowa ze sztucznego zbiornika na rzece Pilicy. Proces technologiczny jej uzdatniania obejmuje chlorowanie wstępne, koagulację, sedymentację, filtrację przez filtry pospieszne otwarte oraz ozonowanie i dodatkowo chlorowanie. Woda tłoczona jest do sieci przez pompownię Chojny.

Ujęcia lokalne, które ujmują wodę gruntową przy pomocy studzien wierconych zestawiono w tabeli 4-1. Uzupełniają one ilość wody tłoczonej do sieci wodociągowej przez główne ZPW, a ujęcie

Tabela 4-1

Zestawienie lokalnych ujęć wody dla zaopatrzenia w wodę aglomeracji łódzkiej.

L.p.	Nazwa	Liczba studzien	Proces technologiczny uzdatniania wody
1	2	3	4
1	Zabieniec	4	napowietrzanie, odżelazianie, sedymentacja
2	Marchlewski	2	dezynfekcja
3	oś. Mireckiego	2	napowietrzanie, odżelazianie, dezynfekcja
4	Centralna	1	dezynfekcja
5	Teofilów	2	dezynfekcja
6	Dąbrowa	10	napowietrzanie, odżelazianie
7	Zb. Stoki	2	brak uzdatniania

Teofilów stanowi rezerwę i jest uruchamiane w przypadku awarii. Sieć wodociągowa posiada układ obwodowo-rozgałęzienny o średnicach przewodów od 100 do 1000 mm. W 80 % została ona wybudowana po II wojnie światowej, w tym wszystkie przewody o średnicach większych, niż 500 mm.

Dane demograficzne oraz wartości jednostkowego wskaźnika zużycia wody w omawianych miastach zestawiono w tabeli 4-2.

4.3. Opis aparatury i stanowisk pomiarowych .

Pomiary wysokości ciśnienia w czynnej sieci wodociągowej prowadzone były na hydrantach przeciwpożarowych, zarówno nadziemnych jak i podziemnych. W celu wyeliminowania chwilowych wahań /drgań/ ciśnienia zastosowano tłumiki piaskowe. W zależności od możliwości podłączenia aparatury do sieci elektrycznej, stosowano ciśnieniomierze wskazująco-rejestrujące o elektrycznym lub zegarowym napędzie przesuwu taśmy papierowej. Ciśnieniomierze charakteryzowały się zakresem wskazań 0-0,4 MPa, 0-0,6 MPa i 0-1,0 MPa, prędkością przesuwu taśmy papierowej 20 mm/h oraz klasą dokładności 1.

Pomiary natężenia przepływu wykonano przy zastosowaniu kryz ISA z pomiarem przytarczowym, współpracujących z przepływomierzami samopiszącymi. Stosowano następujące przepływomierze:

- typu „JUNKALOR” produkcji NRD, o regulowanej prędkości przesuwu taśmy papierowej: 20 lub 80 mm/h,
- typu APQ produkcji polskiej, współpracujących z rejestratorami typu NSK o prędkości przesuwu taśmy papierowej 20 mm/h.

Wszystkie stosowane typy przepływomierzy posiadały klasę dokładności 1.

Tabela 4-2

Zestawienie okresów czasu w których prowadzono ciągłe pomiary zużycia wody oraz danych demograficznych
i wartości jednostkowego wskaźnika zużycia wody.

L.p.	Miasto	Okres czasu	Rok	Liczba mieszkańców M	Średnie godzinowe zużycie wody $Q_{gr\ n}$	Zużycie jednostkowe
-	-	-	-	mk	dm^3/s	$dm^3/mk \cdot d$
1	2	3	4	5	6	7
1	Strzelce Opolskie	1.01.1972 - 30.04.1972	1972	15300	43,61	246,25
		1.05.1972 - 31.10.1972	1972	15300	43,61	246,25
		1.11.1974 - 30.04.1975	1974/75	16494	68,80	360,39
		1.05.1975 - 31.10.1975	1975	16494	68,80	360,39
		1.11.1976 - 30.04.1977	1976/77	17200	83,01	417,01
		1.05.1977 - 31.07.1977	1977	17200	83,01	417,01
2	Milicz	1.11.1974 - 30.04.1975	1974/75	8123	34,10	362,70
		1.05.1975 - 31.10.1975	1975	8123	34,10	362,70
3	Kozłe	1.11.1976 - 30.04.1977	1976/77	19980	60,18	260,24
		1.05.1977 - 31.10.1977	1977	19980	60,18	260,24
4	Kędzierzyn	1.11.1977 - 30.04.1978	1977/78	41360	100,96	210,91
		1.05.1978 - 31.10.1978	1978	41360	100,96	210,91
		1.11.1978 - 30.04.1979	1978/79	41360	103,59	216,40
		1.05.1979 - 31.10.1979	1979	41360	103,59	216,40
5	Łódź	1.07.1976 - 31.10.1976	1976	810000	3266,89	348,47
		1.11.1976 - 30.04.1977	1976/77	814200	3314,89	351,76
		1.05.1977 - 31.10.1977	1977	818400	3314,89	319,96
		1.11.1977 - 30.04.1978	1977/78	821800	3681,67	387,07
		1.05.1978 - 31.10.1978	1978	825200	3681,67	355,48
		1.11.1978 - 30.04.1979	1978/79	830800	3819,94	397,26
		1.05.1979 - 31.08.1979	1979	835030	3819,94	395,25

4.4. Wyniki pomiarów zużycia wody.

Z przepływomierzy uzyskano na taśmach papierowych wykresy natężenia przepływu wody. Za pomocą wyskalowanej podziałki odczytano godzinowe zużycia wody. Dobowe zużycia wody otrzymano przez zsumowanie zużyć godzinowych. Dodatkowo określono dla każdej doby maksymalne godzinowe zużycie wody.

Zestawienie okresów czasu w których prowadzono ciągłe pomiary zużycia wody w wytypowanych miastach zestawiono w tabeli 4-2, a przykładowe wyniki pomiarów godzinowego zużycia wody w Strzelcach Opolskich w tabeli 4-3.

4.5. Analiza błędów pomiarów.

Wyniki pomiarów mogą być obarczone błędami przypadkowymi, systematycznymi oraz nadmiernymi /pomyłkami/. Wynikają one z niedoskonałości metod i przyrządów pomiarowych, a także z wpływu zewnętrznych czynników zakłócających. Błędy te w znacznym stopniu wyeliminowano przez kilkakrotne odczytywanie wielkości mierzonej /błędy przypadkowe/ i wprowadzanie do obliczeń wartości średniej, dokładną analizę wyników pomiarów /eliminowanie błędów nadmiernych/ oraz staranne wzorcowanie aparatury i przyrządów pomiarowych przed realizacją każdego zadania badawczego.

Błędy wyników pomiarów natężenia przepływu przy użyciu kryz mierniczych współpracujących z przepływomierzami samopiszącymi obliczono na podstawie wzoru [36]:

$$\bar{\sigma}_r = \sqrt{\bar{\sigma}_p^2 + \bar{\sigma}_\varepsilon^2 + \frac{m_z^2}{\beta^2} \cdot \bar{\sigma}_D^2 + \frac{m_z^2}{\beta^2} \cdot \bar{\sigma}_d^2 + \frac{1}{4} \cdot \bar{\sigma}_{\Delta p}^2 + \frac{1}{4} \cdot \bar{\sigma}_{\gamma_1}^2 + \bar{\sigma}_t^2} \quad , /4-1/$$

gdzie:

$\bar{\sigma}_r$ - średni kwadratowy błąd względny pomiaru,

Tabela 4-3

Przykładowe wyniki pomiarów godzinowego zużycia wody
w Strzelcach Opolskich.

Godzina od - do	Data: 20.02.75			Data: 30.01.75		
	Zużycie wody w m ³ /h			Zużycie wody w m ³ /h		
	Stano- wisko nr1	stano- wisko nr2	Razem	Stano- wisko nr1	stano- wisko nr2	Razem
1	2	3	4	5	6	7
0 - 1	24	164	188	30	164	194
1 - 2	28	164	196	26	164	190
2 - 3	25	163	188	25	164	189
3 - 4	32	161	193	29	164	193
4 - 5	38	162	200	36	164	200
5 - 6	56	166	222	53	165	218
6 - 7	86	170	256	81	171	252
7 - 8	103	173	276	96	173	269
8 - 9	112	176	288	101	174	275
9 - 10	110	177	287	97	174	271
10 - 11	101	175	276	98	175	273
11 - 12	102	176	278	92	176	268
12 - 13	104	177	281	102	176	278
13 - 14	118	180	298	114	177	291
14 - 15	87	173	260	101	172	273
15 - 16	86	174	260	93	174	267
16 - 17	98	178	276	98	177	275
17 - 18	90	175	265	84	174	258
18 - 19	83	174	257	87	175	262
19 - 20	86	174	260	79	172	253
20 - 21	72	173	245	86	173	259
21 - 22	67	172	239	71	173	244
22 - 23	50	170	220	50	170	220
23 - 24	33	168	201	33	167	200
Q _d			5910			5872

$\bar{\epsilon}_\beta$ - średni błąd względny liczby przepływu,

$$\bar{\epsilon}_\beta = \bar{\epsilon}_{\beta_1} + \bar{\epsilon}_{\beta_2} + \bar{\epsilon}_{\beta_3} + \bar{\epsilon}_{\beta_4} + \bar{\epsilon}_{\beta_5} , \quad /4-2/$$

$$\bar{\epsilon}_{\beta_1} = 0,25 \cdot /1 + 2 \cdot m_z^2 / , \quad /4-3/$$

$$\bar{\epsilon}_{\beta_2} = \frac{12,5}{D} , \quad /4-4/$$

D - średnica wewnętrzna rurociągu, mm ,

$$\bar{\epsilon}_{\beta_3} = 0,25 \cdot m_z / \lg Re - 6 /^2 , \quad /4-5/$$

Re - liczba Reynoldsa,

$$\bar{\epsilon}_{\beta_4} = 0 ,$$

$$\bar{\epsilon}_{\beta_5} = 0 ,$$

$\bar{\epsilon}_\epsilon$ - średni błąd względny liczby ekspansji /dla wody
 $\bar{\epsilon}_\epsilon = 0 / ,$

m_z - moduł zwężki,

β - liczba przepływu,

$\bar{\epsilon}_D$ - średni błąd względny pomiaru średnicy rurociągu
 $/\bar{\epsilon}_D = 0 / ,$

$\bar{\epsilon}_d$ - średni błąd względny pomiaru średnicy otworu zwężki
 /dla pomiaru technicznego $\bar{\epsilon}_d = 0,03 \% / ,$

$\bar{\epsilon}_{\Delta p}$ - średni błąd względny pomiaru ciśnienia różnicowego:

$$\bar{\epsilon}_{\Delta p} = \frac{100}{2} \cdot \frac{S_{\Delta p}}{\Delta p} , \% , \quad /4-6/$$

$S_{\Delta p}$ - graniczny bezwzględny błąd pomiaru Δp
 wynikający z klasy przepływomierza,

δ_{v_1} - średni błąd względny wyznaczenia objętości właściwej $\delta_{v_1} = 0 \%$,

δ_t - średni błąd względny odczytu taśm z przepływomierza,

$$\delta_t = \frac{100}{2} \cdot \frac{s_t}{Q_t} , \quad /4-7/$$

s_t - graniczny bezwzględny błąd odczytu taśmy
równy wartości najmniejszej działki podziałki,

Q_t - odczyt równy 100 % wskazania przepływomierza.

Ostatecznie wzór 4-1 przyjmuje postać:

$$\delta_v = \delta_\beta^2 + 4 \cdot 1 + \frac{m_z^2}{\beta^2} \cdot \delta_d^2 + \frac{1}{4} \cdot \delta_{\Delta p}^2 + \delta_t^2 , \quad /4-8/$$

Graniczny błąd względny pomiaru natężenia przepływu obliczono jako podwojoną wartość średnią kwadratowego błędu względnego pomiaru:

$$\bar{\delta}_v = 2 \cdot \delta_v , \quad /4-9/$$

Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 4-4.

Tabela 4-4

Zestawienie średnich oraz granicznych błędów względnych pomiaru natężenia przepływu wody.

L.p.	Miasto	Numer stanowiska	Średni kwadratowy błąd względny %	Graniczny błąd względny %
1	Kędzierzyn	I	1,17	2,34
2	Kędzierzyn	II	1,09	2,18
3	Koźle	I	0,90	1,80
4	Koźle	II	0,90	1,80
5	Koźle	III	0,96	1,92
6	Strzelce Opolskie	I	1,47	2,94
7	Strzelce Opolskie	II	1,23	2,46

5. Statystyczne badania dobowego i godzinowego zużycia wody dla potrzeb krótkoterminowego prognozowania [46].

Racjonalne sterowanie pracą systemów zaopatrzenia w wodę - szczególnie wielostronnie zasilanych i grupowych - wymaga prognozowania wielkości dobowego i godzinowego zużycia wody z wyprzedzeniem niezbędnym do wprowadzenia odpowiednich bieżących zmian wydajności ujęć wody, źródeł zasilania sieci i innych elementów wodociągu. Wymagania te spełnia krótkoterminowe prognozowanie zużycia wody, obejmujące okres czasu od jednego do trzech dni [44,46,50].

Zmiany zużycia wody uwidaczniają się w dwojaki sposób [46]:

- przez wzrost zużycia w ciągu kolejnych lat - jako wynik rozwoju miasta i poprawy standardu życia ludności. Zjawisko to winno być analizowane na podstawie obserwacji wieloletnich /5 do 10 lat /,
- przez zmiany /wahania/ zużycia dobowego w cyklu rocznym, spowodowane wieloma czynnikami, jak: sezonowe migracje ludności w czasie urlopów i wakacji, sezonowe zmiany warunków meteorologicznych, wpływ przemysłu kampanijnego, tygodniowa cykliczność trybu życia i pracy mieszkańców itp. Niektóre czynniki mogą niwelować, zaś inne uwidaczniać sezonowe zmiany zużycia wody. Wahania dobowego zużycia wody - będące wypadkową oddziaływania wielu czynników, w tym również czynników losowych - są zatem różne w miastach o odmiennym charakterze i liczbie ludności, np. inne w miastach o charakterze administracyjnym i przemysłowym lub administracyjnym i uzdrowiskowym.

5.1. Tygodniowa cykliczność dobowego zużycia wody [46].

Tygodniową cykliczność dobowego zużycia wody zilustrowano za pomocą współczynników c_{Tj} transponujących zużycie wody

w dniu tygodnia o określonej nazwie na dobowe zużycie maksymalne w czasie tygodnia:

$$c_{T_j} = Q_{d \max} / Q_{d_j} , \quad /5-1/$$

gdzie:

$j = 1, 2, \dots, 7$ - dni tygodnia o jednakowej nazwie /poniedziałek, ..., przeddzień dnia wolnego od pracy, dzień wolny od pracy/,

Q_{d_j} - dobowe zużycia wody w j -tym dniu tygodnia, m^3/d ,

$Q_{d \max}$ - maksymalne w czasie tygodnia dobowe zużycie wody, m^3/d .

Wartości współczynników c_{T_j} wyznaczono dla średnich wartości z obserwacji w styczniu, w celu wyeliminowania wpływu czynników meteorologicznych /temperatury powietrza i wysokości opadów atmosferycznych/, zaznaczającego się w wiosenno-letnim okresie roku. Wyznaczenie współczynników c_{T_j} w oparciu o wyniki pomiarów w pierwszym miesiącu roku kalendarzowego umożliwia ponadto krótkoterminowe prognozowanie dobowego zapotrzebowania na wodę dla całego roku. Wyniki obliczeń zestawiono w tabeli 5-1.

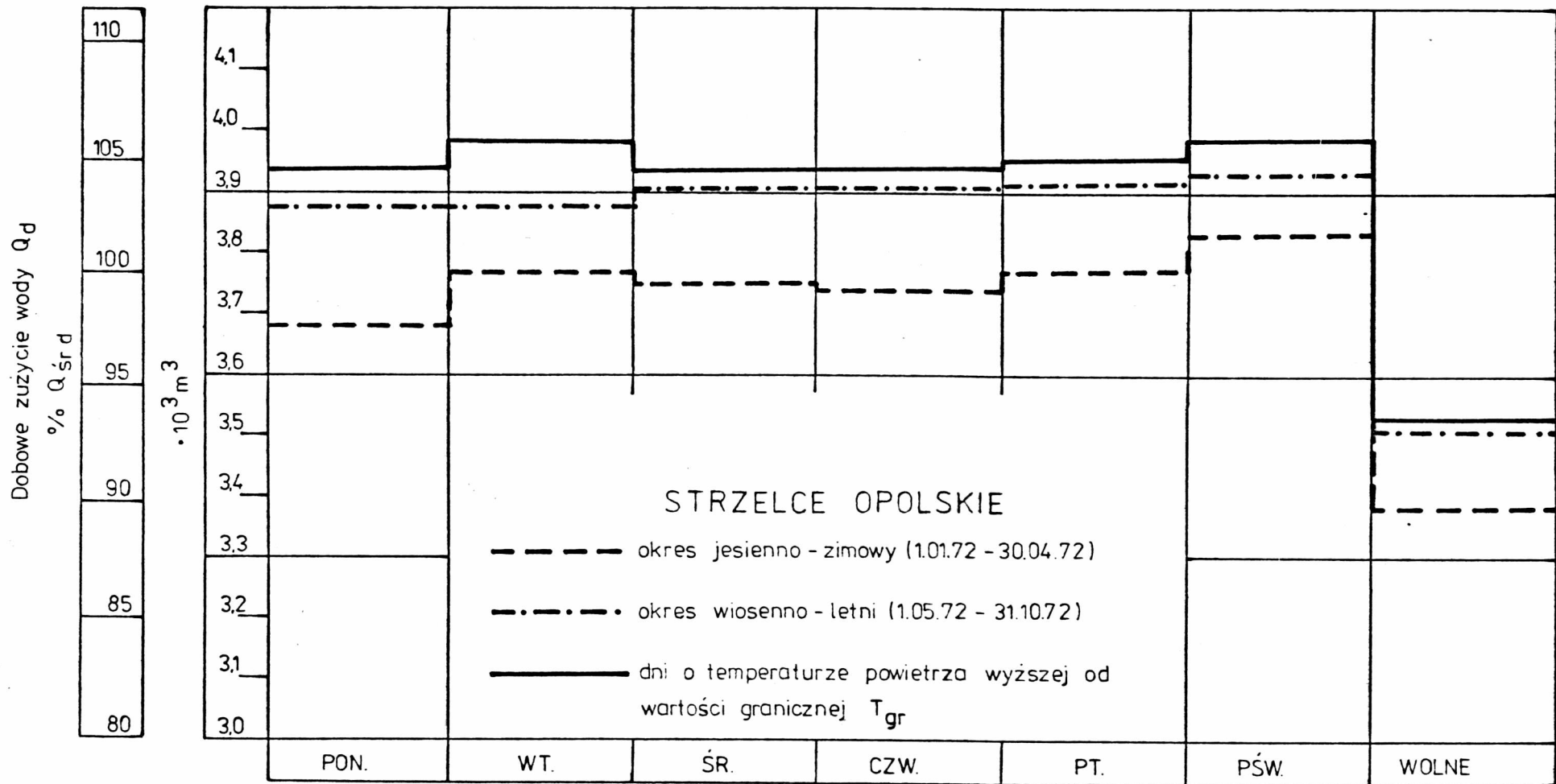
Minimalne zużycie wody na przestrzeni tygodnia stwierdzono w dni wolne od pracy /od 8,8% do 19,7% mniejsze niż w dniu o największym zużyciu/, wskutek ograniczenia zużycia wody przez przemysł i instytucje użyteczności publicznej. W dniach roboczych zużycie wody jest relatywnie mało zróżnicowane.

Wpływ czynników meteorologicznych i cykliczności sezonowej powoduje, że rozkład dobowego zużycia wody w czasie tygodnia jest odmienny w okresie jesienno-zimowym i wiosenno-letnim, a także w okresie wakacyjnym /wyjazdy z miasta na urlopy i wakacje/. Ilustrują to wykresy zamieszczone na rysunkach 5-1 do 5-10.

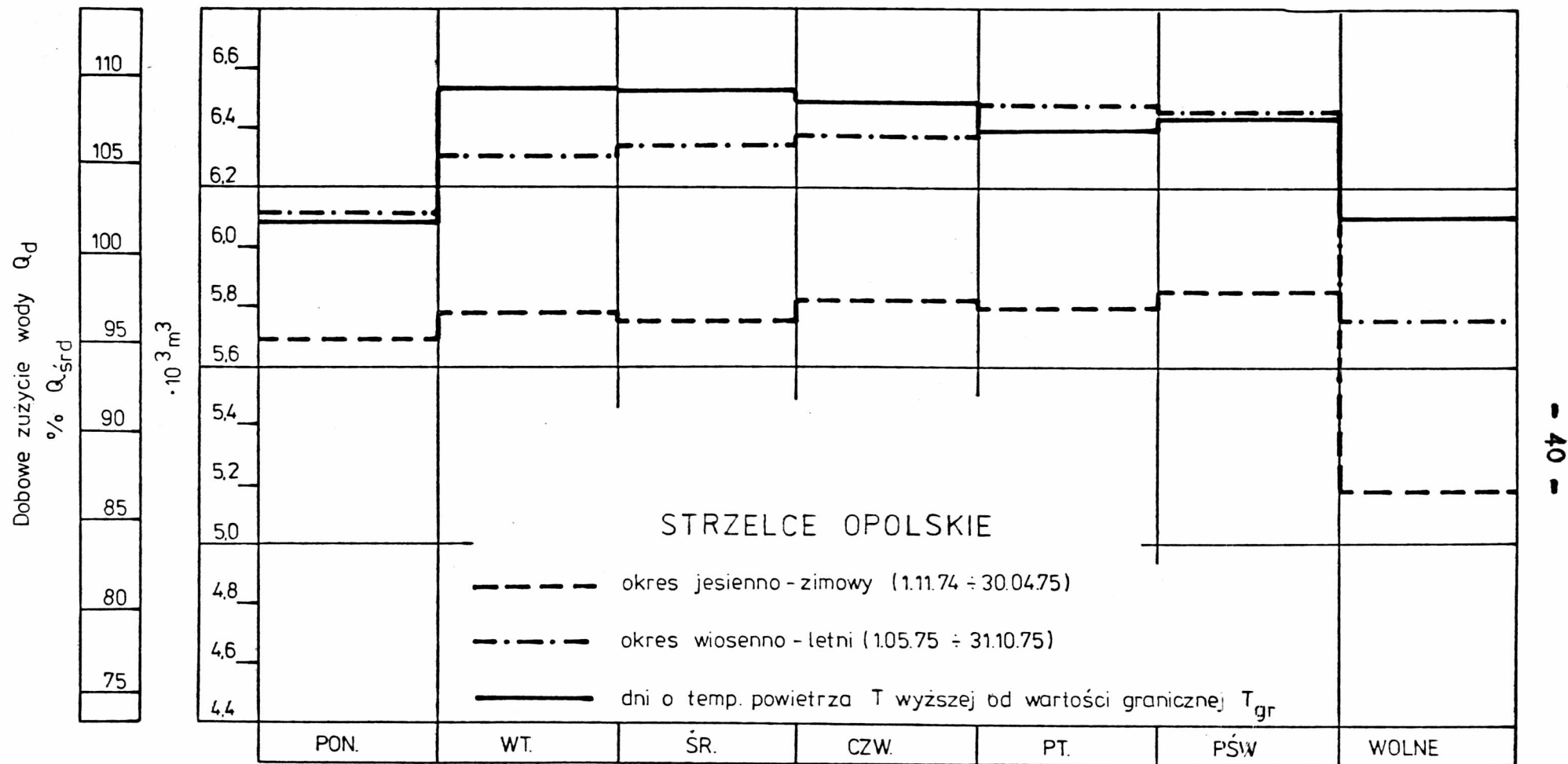
Tabela 5-1

Zestawienie wartości współczynników c_{T_j} .

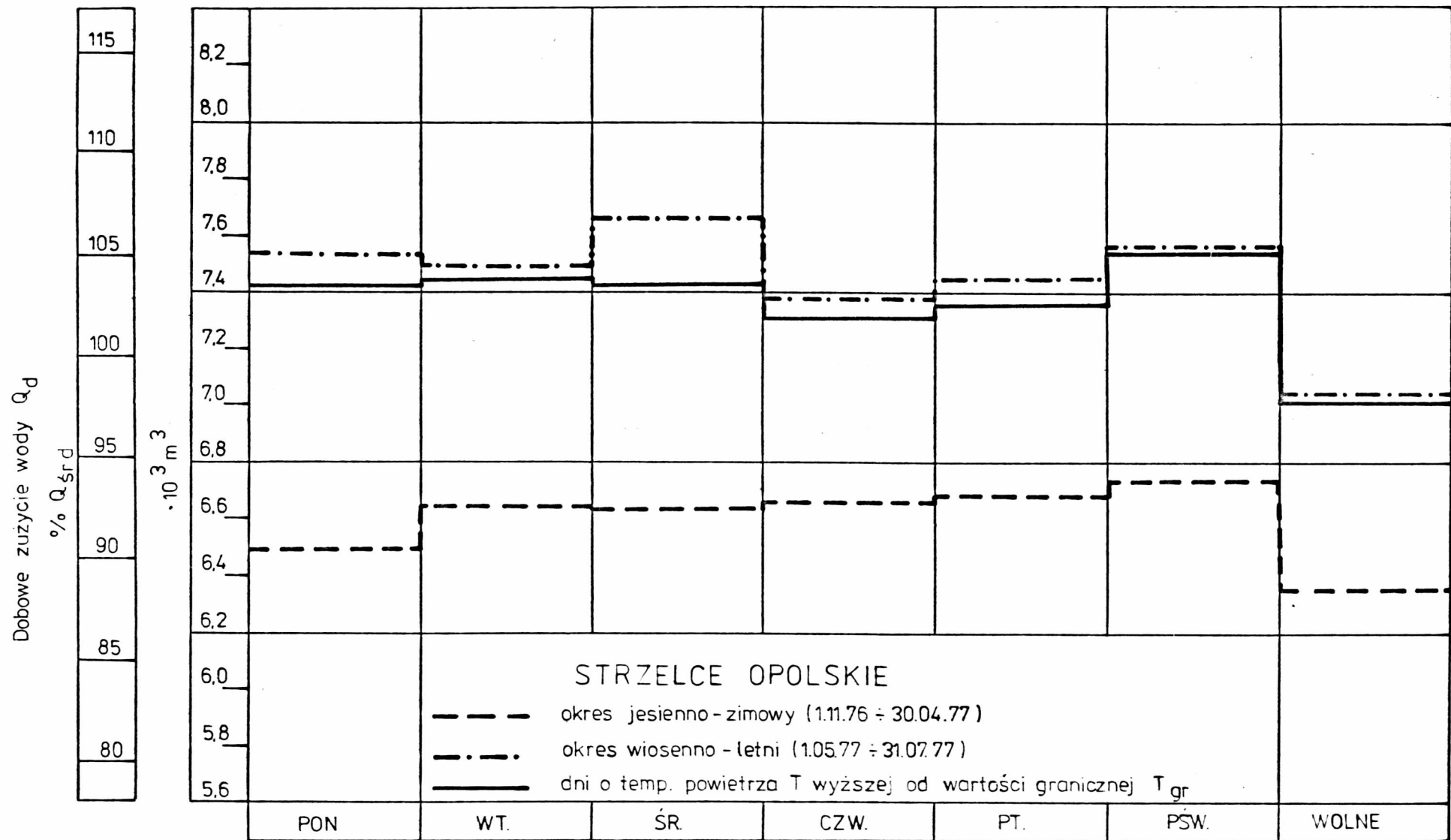
Miasto, rok, dzień tygodnia o największym dobo- wym zużyciu wody	Wartości współczynnika c_{T_j}						
	j=1 Poniedziałek	j=2 Wtorek	j=3 Środa	j=4 Czwartek	j=5 Piątek	j=6 Dzień przedśw.	j=7 Dzień wolny od pra- cy
1	2	3	4	5	6	7	8
Strzelce Op. 1972 dni przedśw.	1,047	1,030	1,025	1,039	1,023	1,000	1,134
Strzelce Op. 1975 dni przedśw.	1,039	1,019	1,013	1,002	1,002	1,000	1,129
Strzelce Op. 1977 wtorki	1,011	1,000	1,025	1,031	1,012	1,004	1,088
Milicz 1975 dni przedśw.	1,001	1,021	1,025	1,031	1,031	1,000	1,123
Kędzierzyn 1978 dni przedśw.	1,036	1,074	1,085	1,048	1,028	1,000	1,128
Łódź 1976 Piątek	1,039	1,012	1,001	1,004	1,000	1,017	1,197
Łódź 1977 Środa	1,040	1,006	1,000	1,001	1,001	1,006	1,186
Łódź 1978 Piątek	1,037	1,012	1,016	1,006	1,000	1,027	1,197
Łódź 1979 Czwartek	1,032	1,037	1,022	1,000	1,011	1,004	1,145



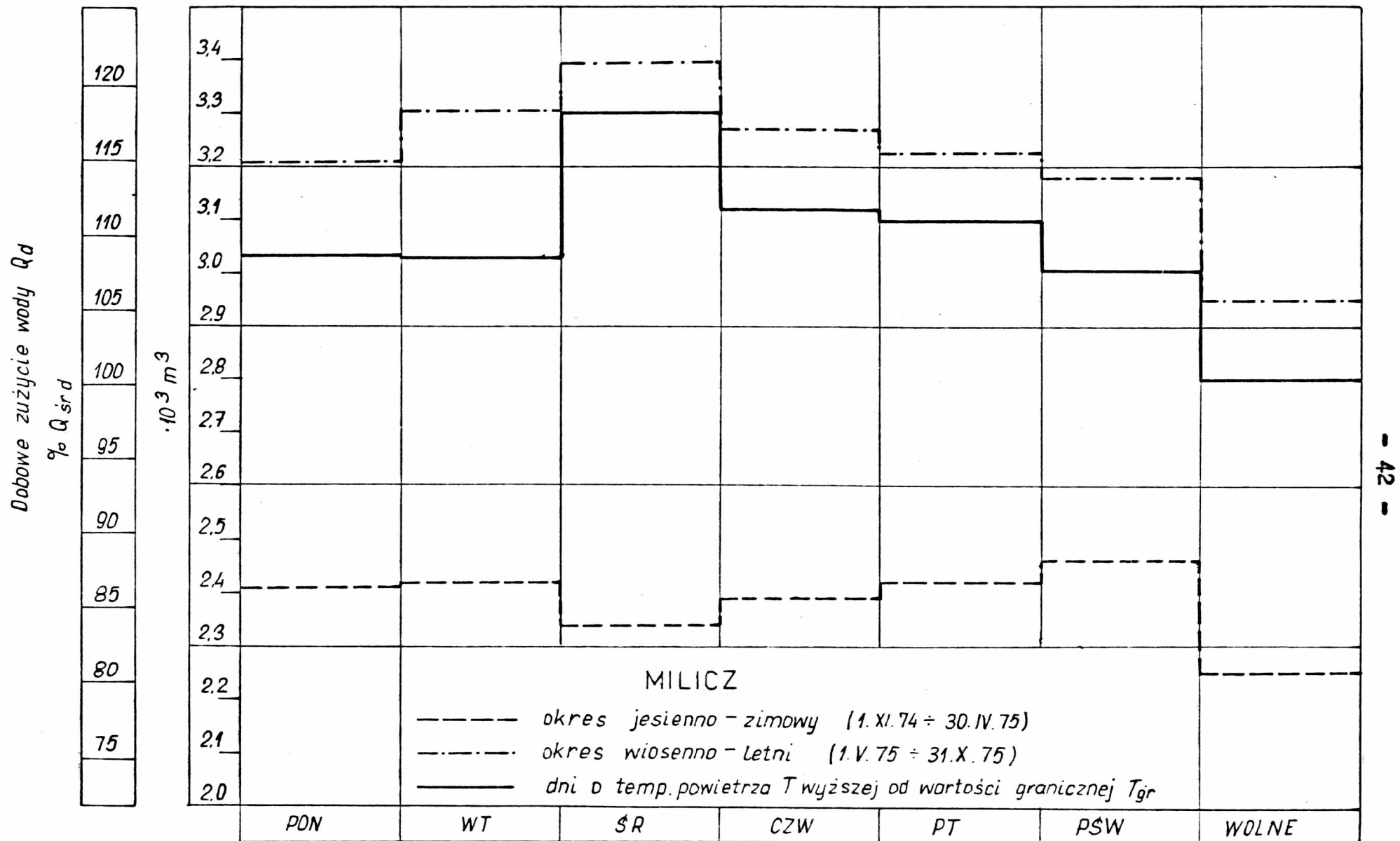
Rys. 5-1 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Strzelcach Opolskich w 1972 r.



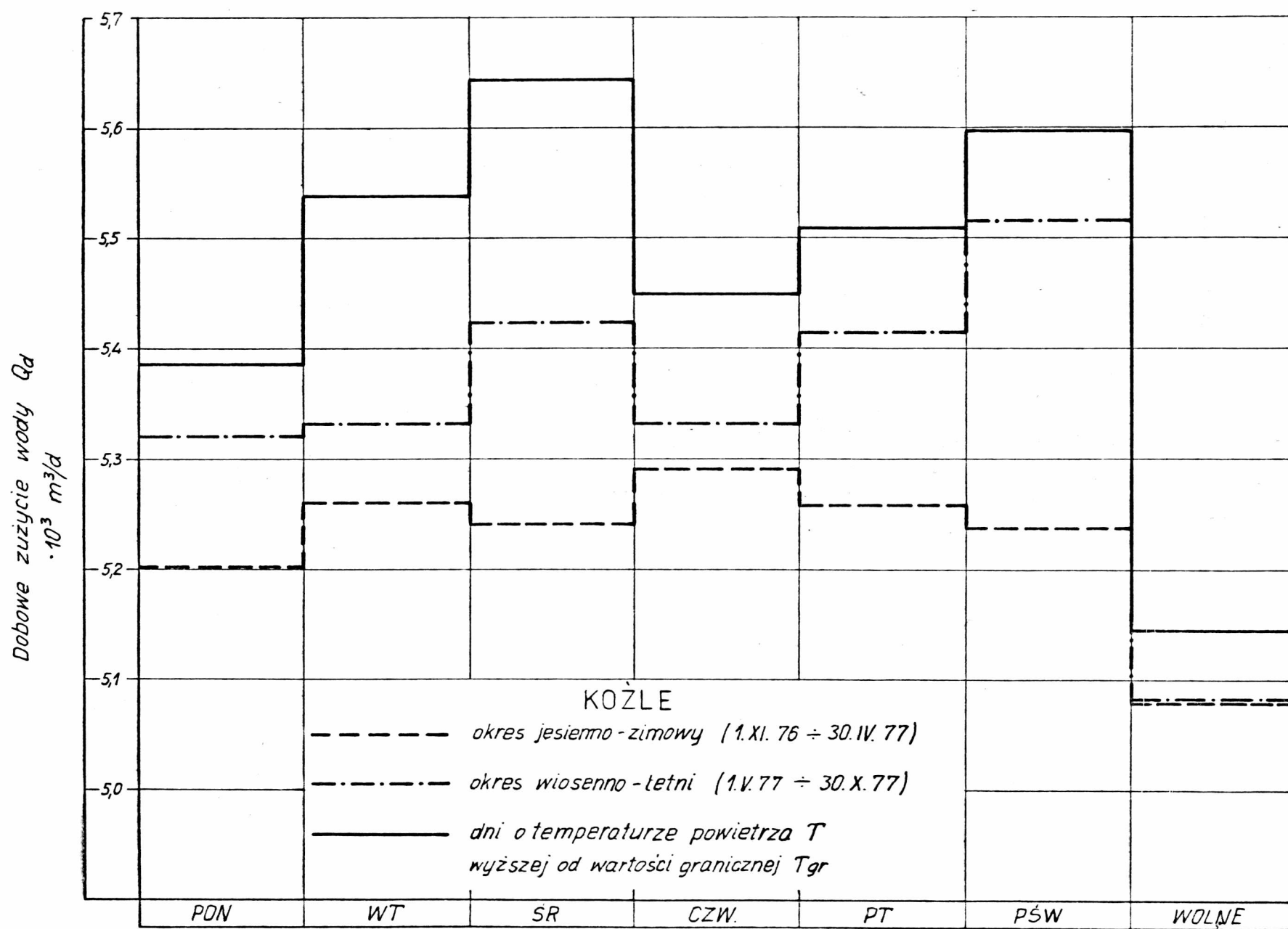
Rys. 5-2 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Strzelcach Opolskich w 1974/75r.



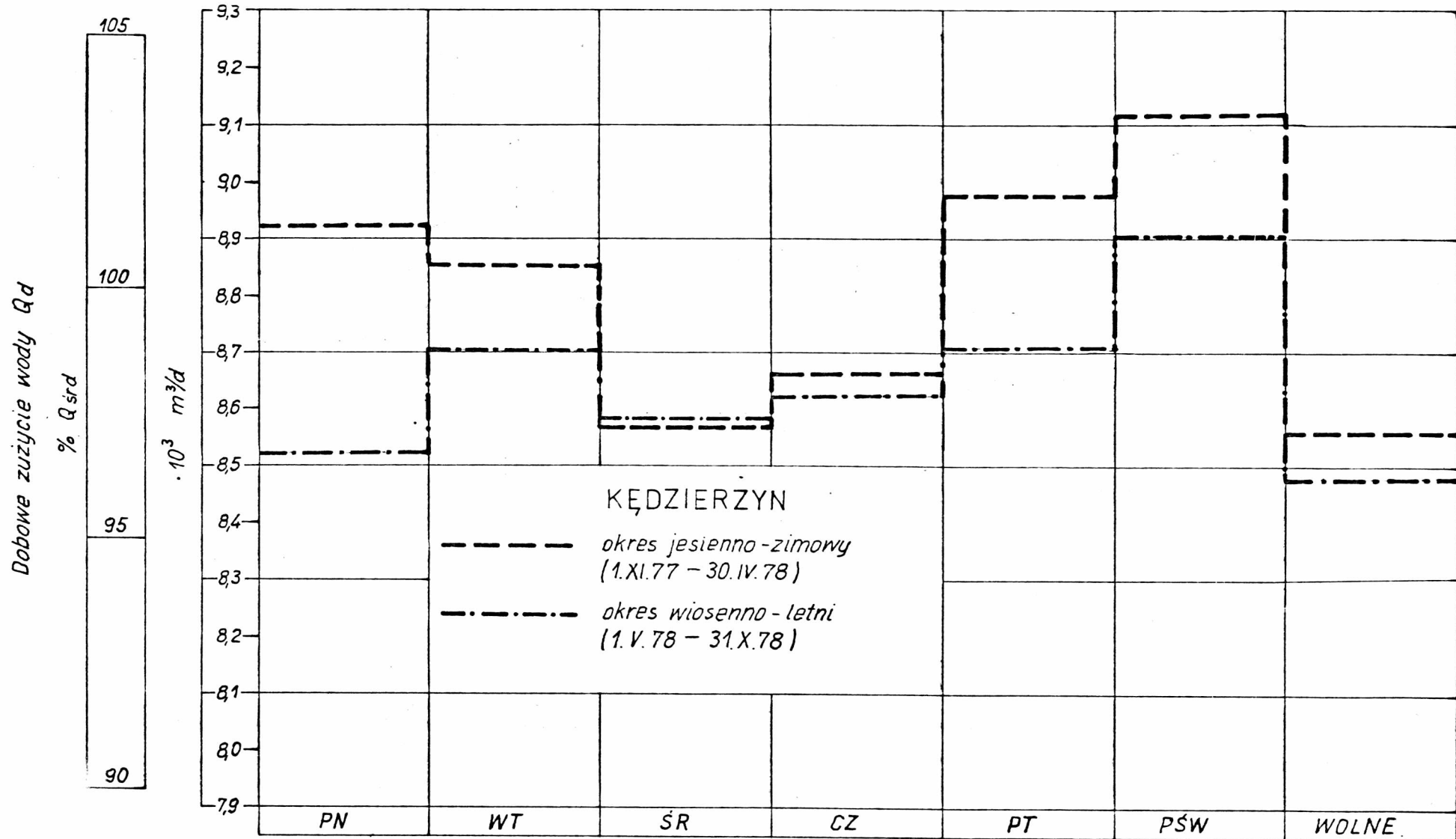
Rys. 5-3 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Strzelcach Opolskich w 1976/77r.



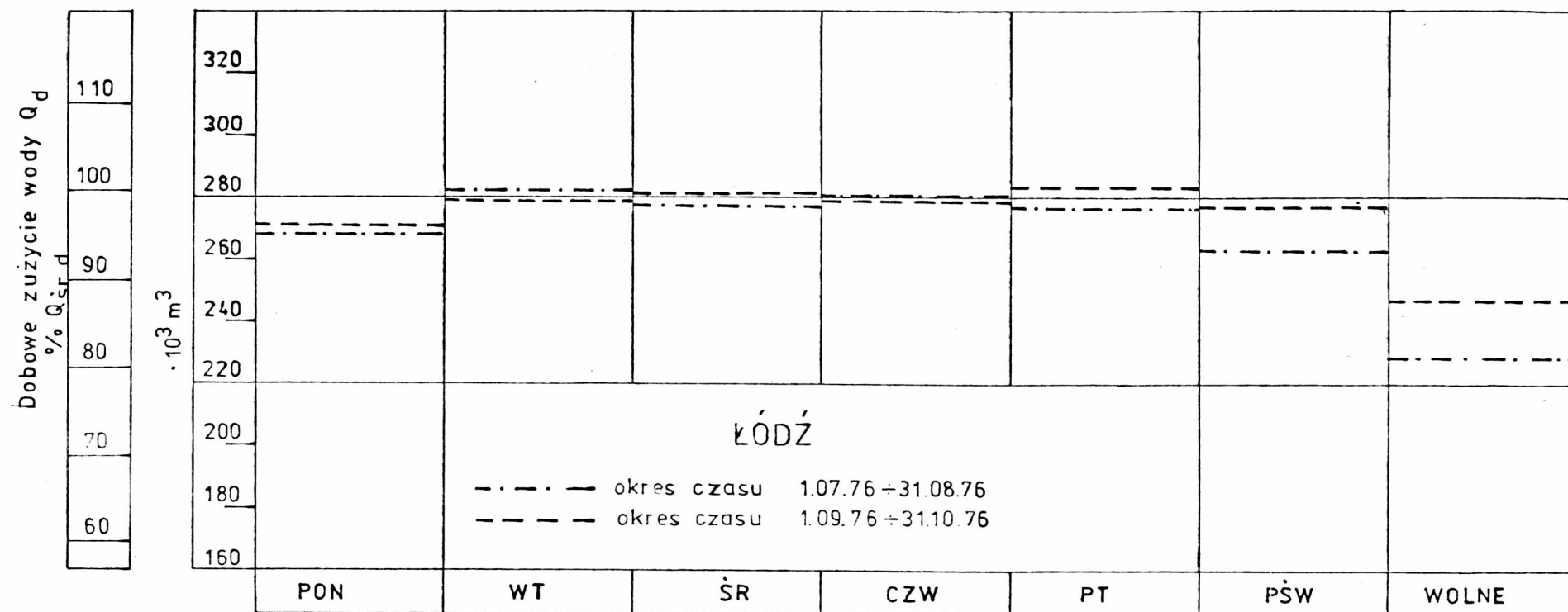
Rys. 5-4 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Miliczu w 1974/75r.



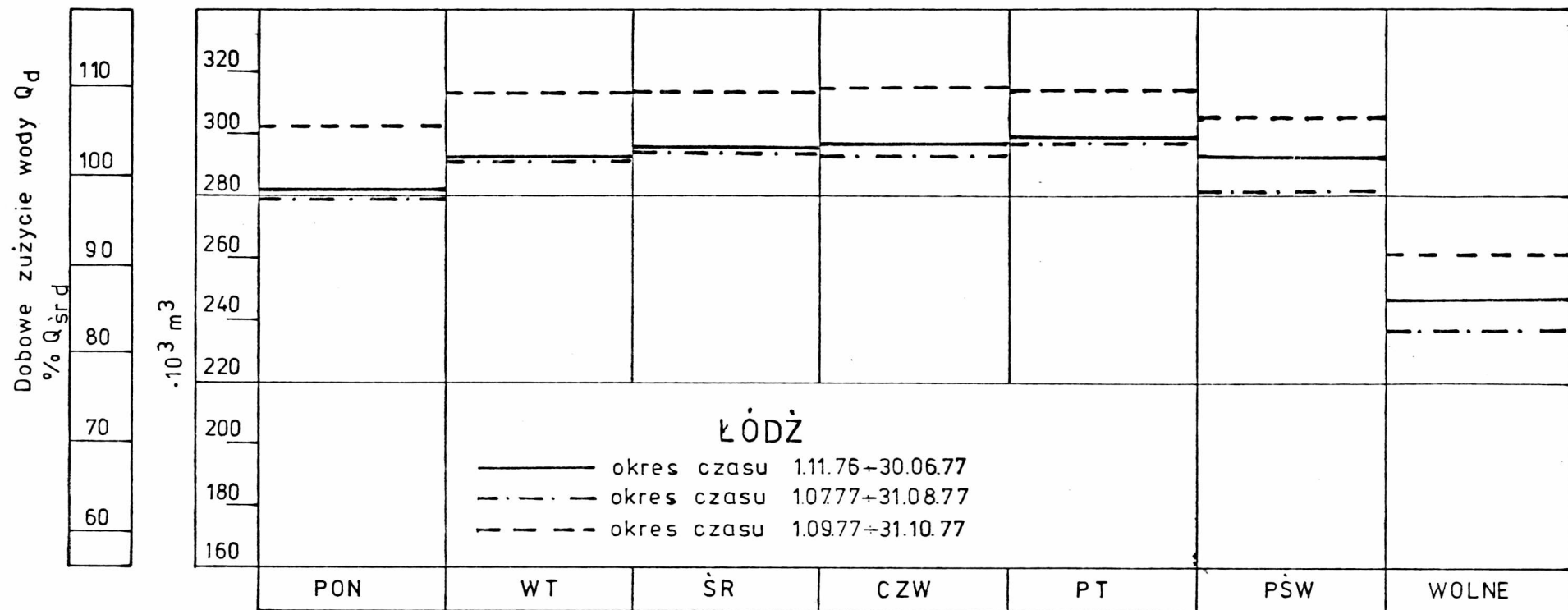
Rys. 5-5 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Koźlu w 1977/78r.



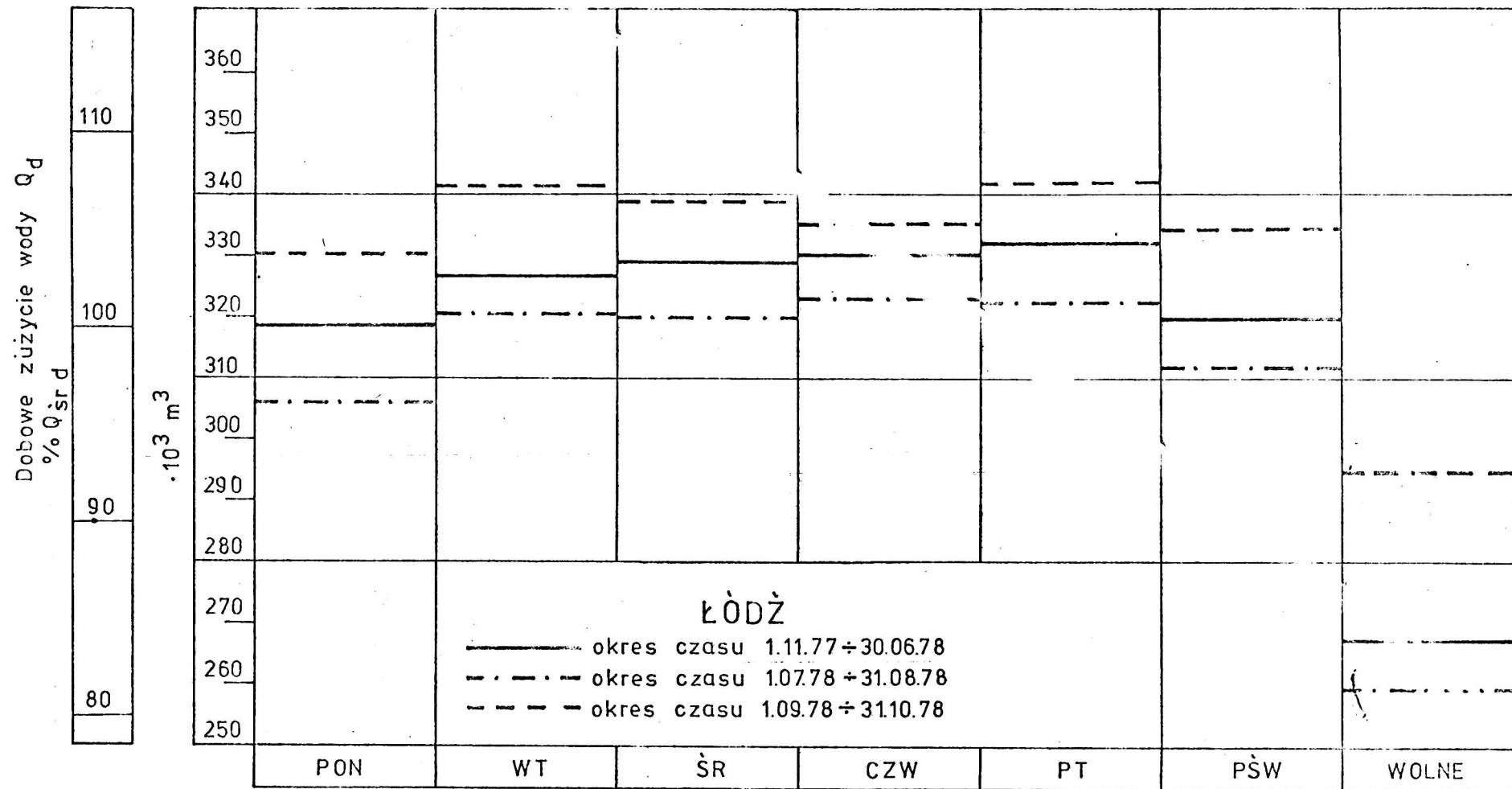
Rys. 5-6 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Kędzierzynie w 1977/78r.



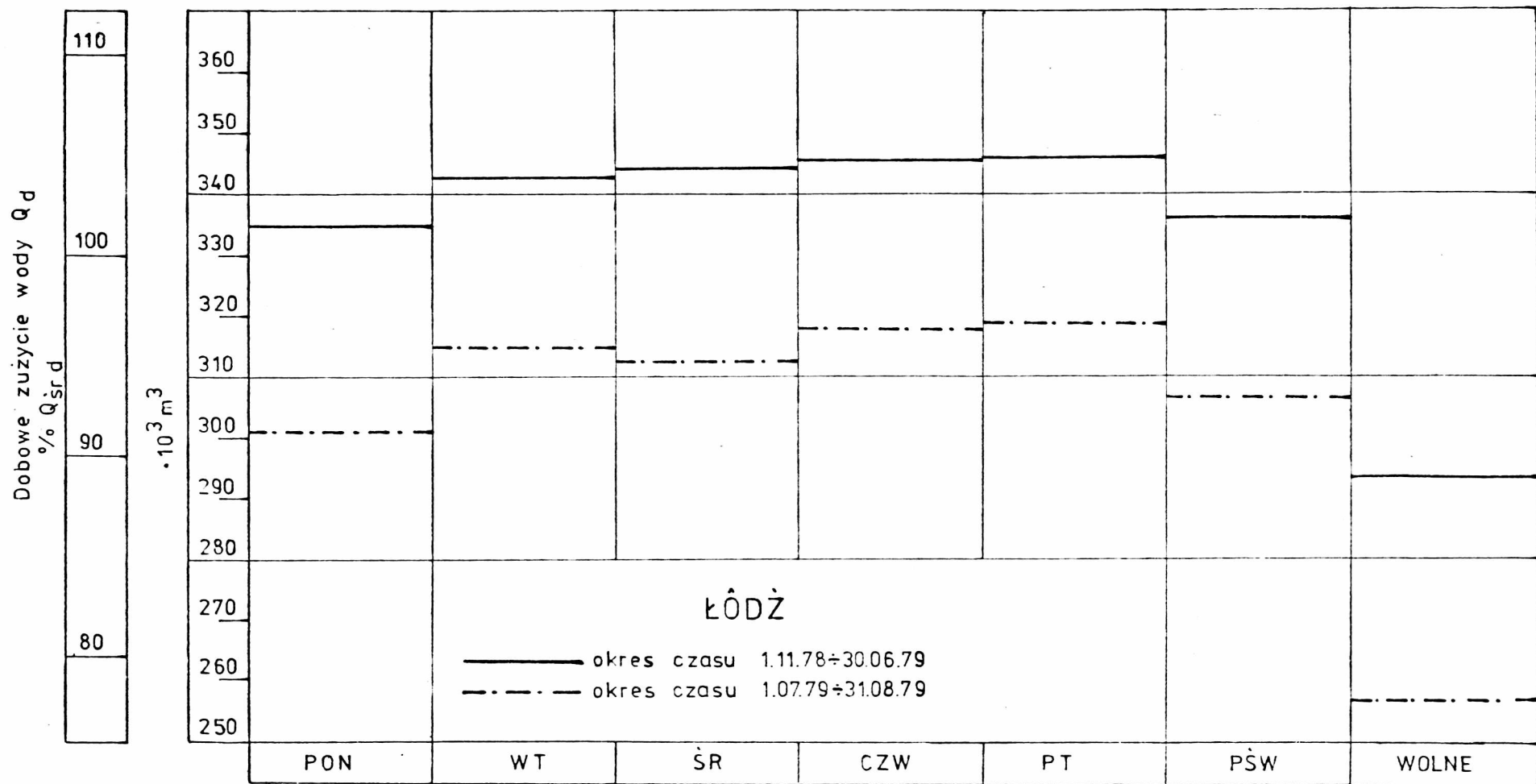
Rys. 5-7 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Łodzi w 1976 r.



Rys. 5-8 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Łodzi w 1976/77r.



Rys. 5-9 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie t_g dnia w Łodzi w 1977/78r.



Rys. 5-10 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Łodzi w 1978/79r.

5.2. Wpływ czynników meteorologicznych [46].

W celu zbadania wpływu czynników meteorologicznych na zużycie wody analizowano zależność między maksymalną temperaturą powietrza i opadem atmosferycznym a tym zużyciem. Dane meteorologiczne uzyskano w Oddziałach Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Katowicach i Warszawie.

Szczytowe zużycie wody w czasie roku występuje zazwyczaj w dniach bezdeszczowych o wysokiej temperaturze powietrza. W dużych aglomeracjach miejsko-przemysłowych - mimo wysokich temperatur w okresie letnim - zużycie wody jest niższe, niż w czerwcu lub wrześniu, co się wiąże z wyjazdami na urlopy i wakacje.

Okres zimowy charakteryzuje się na ogół mniejszymi wahaniami zużycia wody, niż okres letni, co jest wynikiem m.in. większego w okresie letnim niż w okresie zimowym wpływu czynników meteorologicznych. Wpływ ten jest odmienny w różnych rejonach klimatycznych i w różnych miastach.

Najważniejszym spośród czynników meteorologicznych jest temperatura powietrza, przy czym w analizie regresji można uwzględnić jej wartości średnie albo maksymalne w czasie doby. W pracy analizowano wpływ maksymalnej temperatury powietrza na zużycie wody, ponieważ jej wartości można uzyskać z prognoz meteorologicznych IMGW.

Korelacja między maksymalną w czasie doby temperaturą powietrza T , a wielkością dobowego zużycia wody Q_d występuje powyżej granicznej wartości temperatury T_{gr} , mieszczącej się zazwyczaj w zakresie od 283 K do 290 K. Wartość T_{gr} można wyznaczyć m.in. z wykresu obrazującego zmiany wartości współczynnika korelacji r_T przy różnych wartościach T_{gr} , przy czym w analizie należy uwzględnić dane z dni o temperaturze

powietrza niższej niż założona wartość T_{gr} . Aby wyniki kolejnych obliczeń były porównywalne, liczba stopni swobody - a tym samym liczba danych - musi być jednakowa. Przykładowy wykres, na podstawie którego wyznaczono wartości T_{gr} zamieszczono na rysunku 5-11.

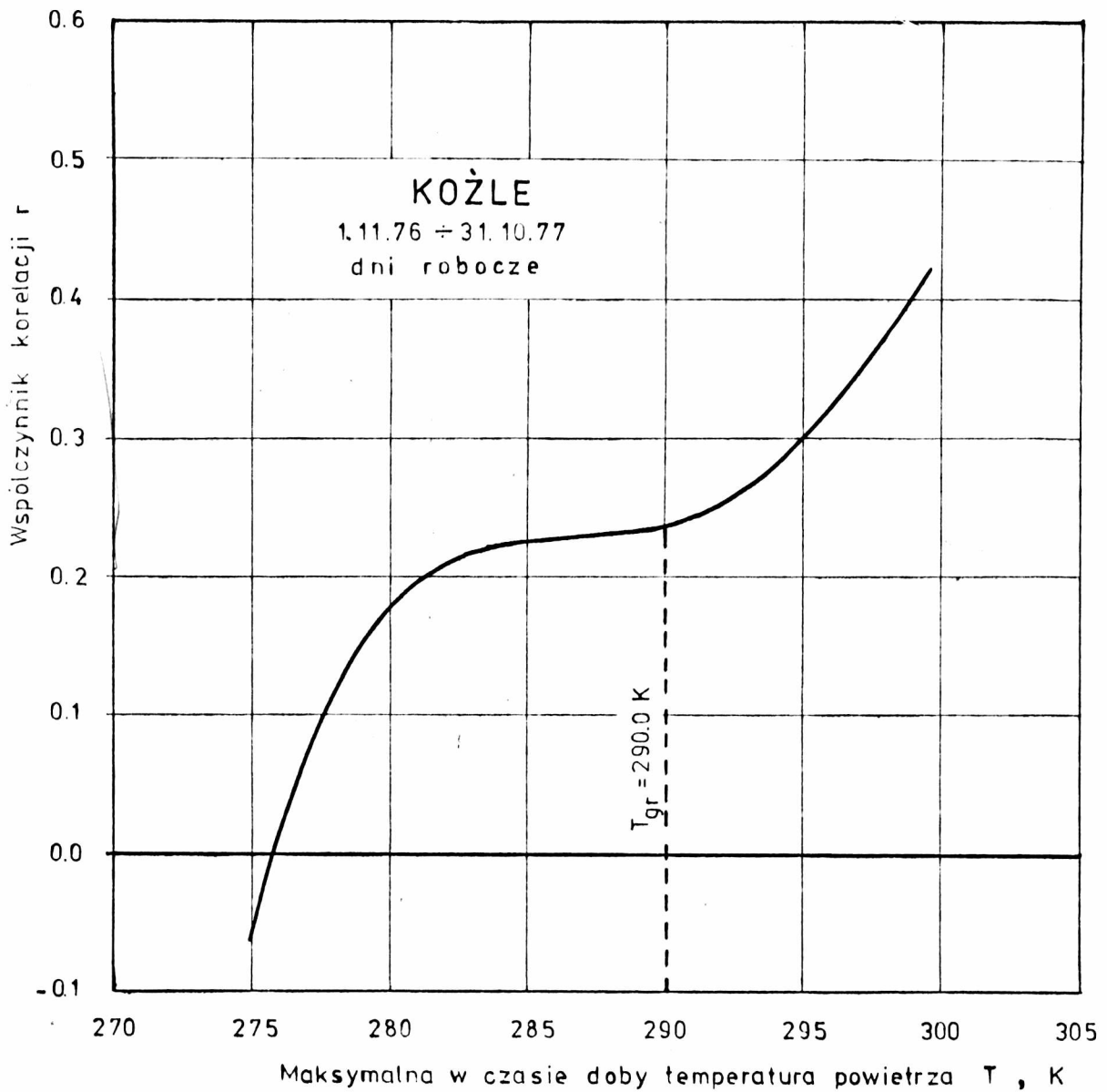
Wpływ temperatury powietrza T na wielkość dobowego zużycia wody Q_d ilustrują dane zamieszczone na rysunkach 5-12 do 5-49. Uwagę zwraca dodatkowe zużycie wody do celów ogólnokomunalnych /zraszanie powierzchni zieleni, ogródków przydomowych i działkowych, jezdní itp./ przy temperaturze granicznej T_{gr} /pionowe odcinki prostych regresji na rysunkach 5-12 do 5-49/.

Zależność Q_d/T może być opisana równaniem regresji liniowej:

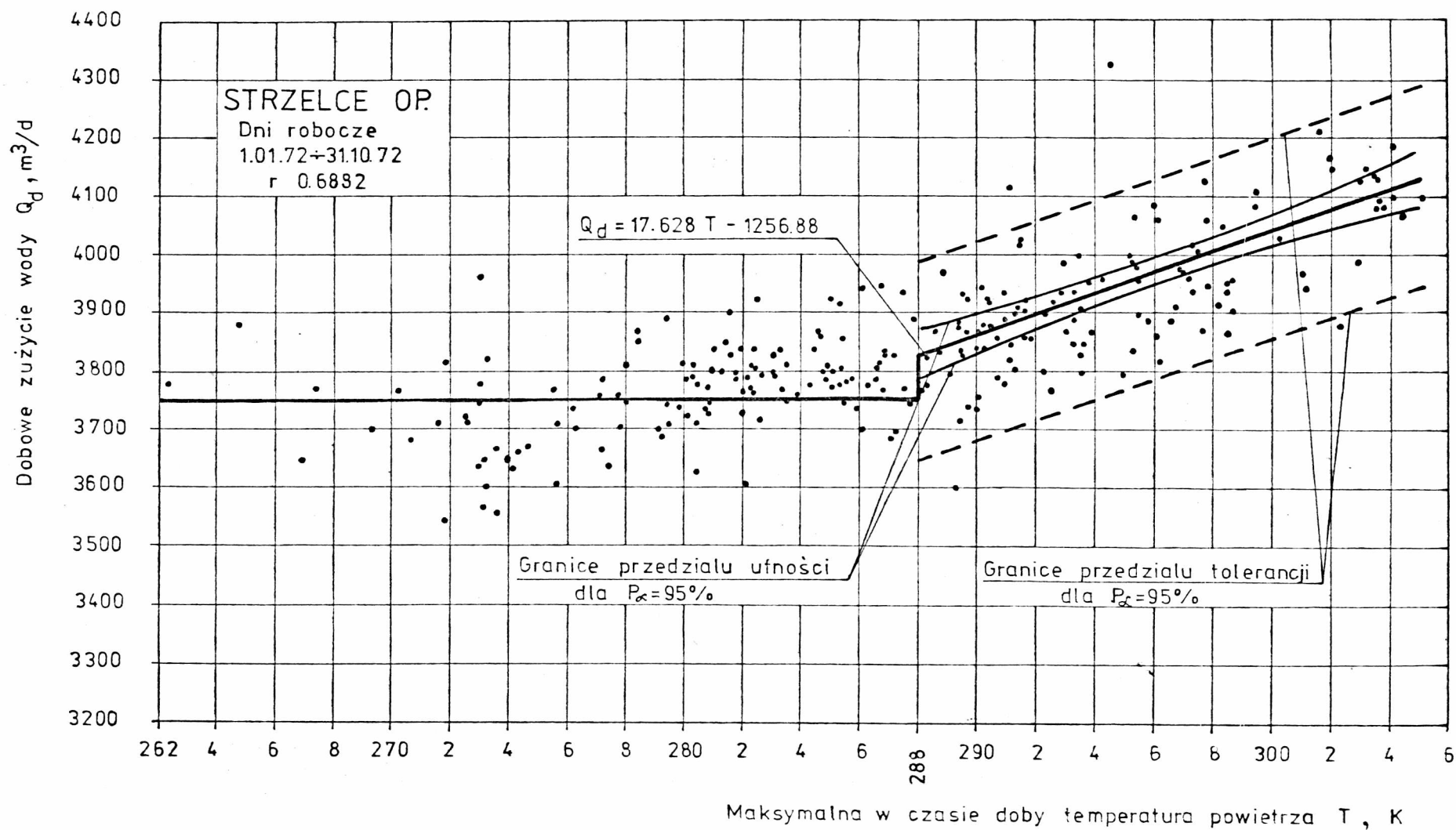
$$Q_d = A_j + B_j \cdot T, \quad m^3/d \quad /5-2/$$

Przykładowe wyniki obliczeń liniowej korelacji Q_d/T zestawiono w tabeli 5-2. Empiryczne współczynniki korelacji, będące w pewnym przybliżeniu wskaźnikami miary badanych zależności, posiadają stosunkowo niskie wartości, czego przyczyną są m.in. zakłócenia wywołane wpływem innych czynników, nie uwzględnionych w analizie. Z danych zestawionych w tabeli 5-2 wynika, że wpływ maksymalnej w czasie doby temperatury powietrza na wielkość dobowego zużycia wody jest różny w miastach o odmiennym charakterze /typie/ i wielkości /liczbie mieszkańców/.

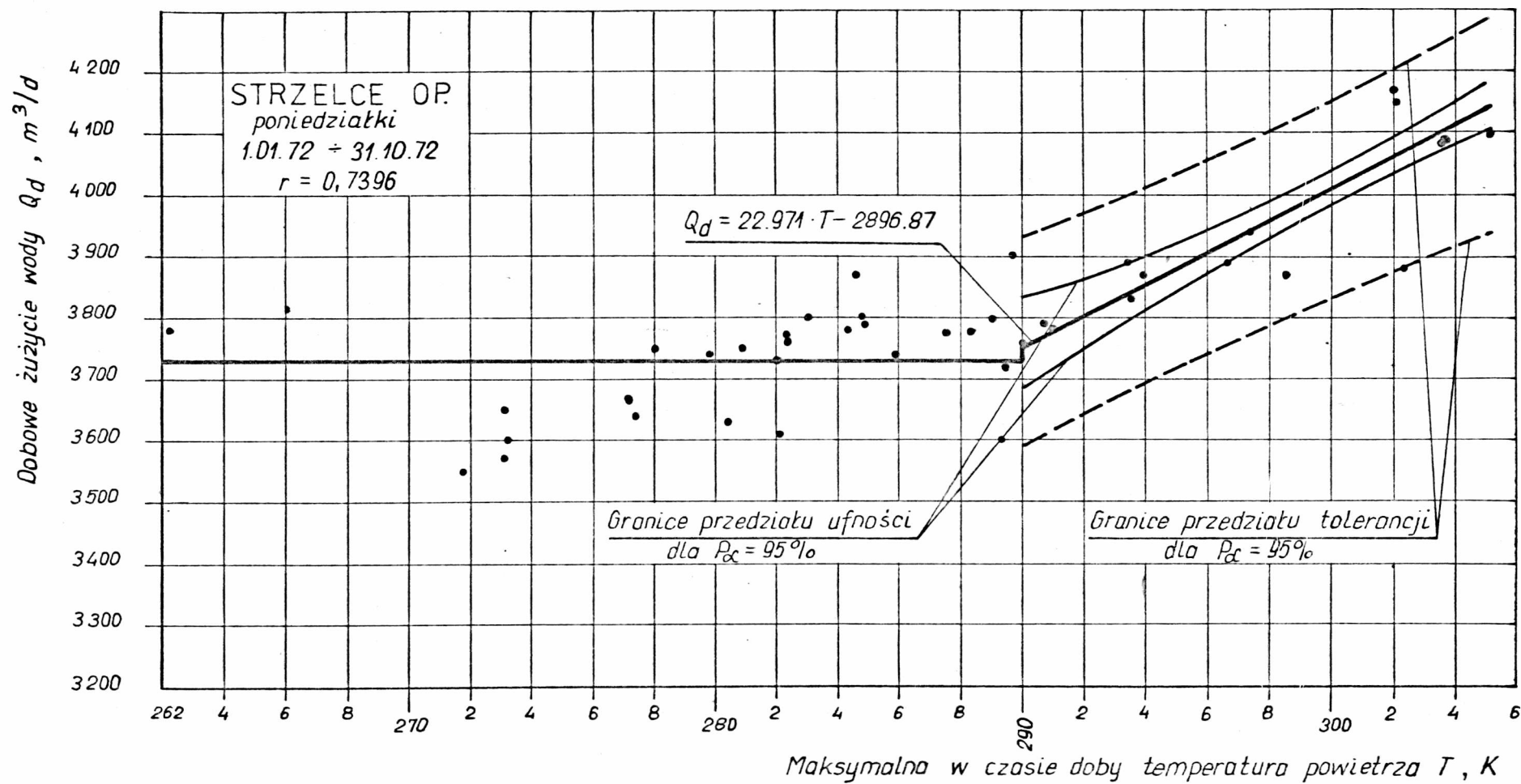
W Strzelcach Opolskich, Młliczu i Koźlu, a także w większości okresów roku w Łodzi, stwierdzono istotność liniowej korelacji Q_d/T w dniach roboczych na poziomie P_α większym niż 0,98, natomiast w poszczególnych dniach tygodnia jest ona w większości przypadków mniejsza /tabela 5-2/, m.in. wskutek relatywnie małej liczby danych.



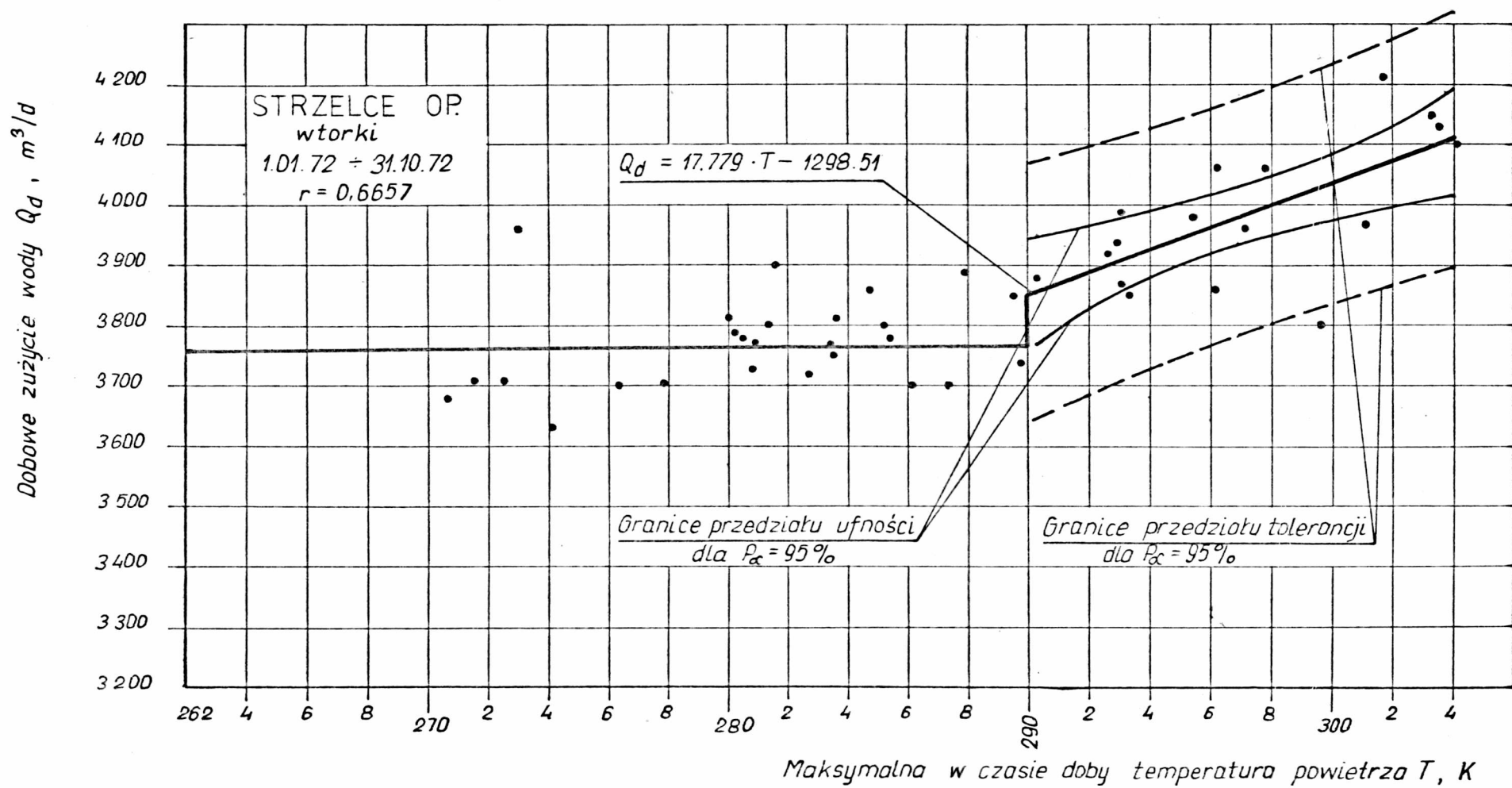
Rys. 5-11 Zależność między współczynnikiem korelacji r i graniczną temperaturą powietrza T_{gr} dla Koźla w 1976/77r.



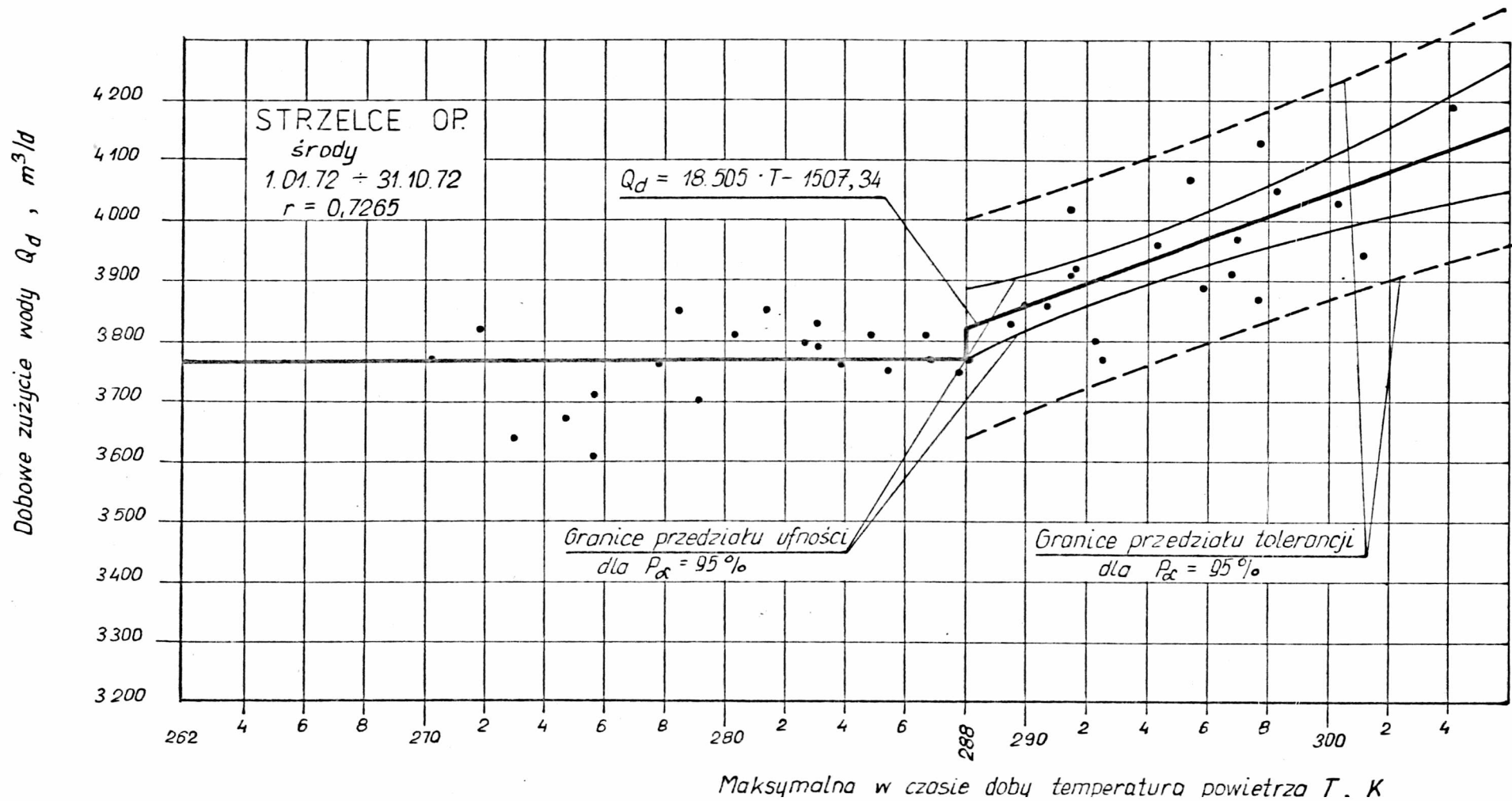
Rys. 5-12 Wykres zależności Q_d/T w Strzeleach Opolskich /dni robocze, 1972r/.



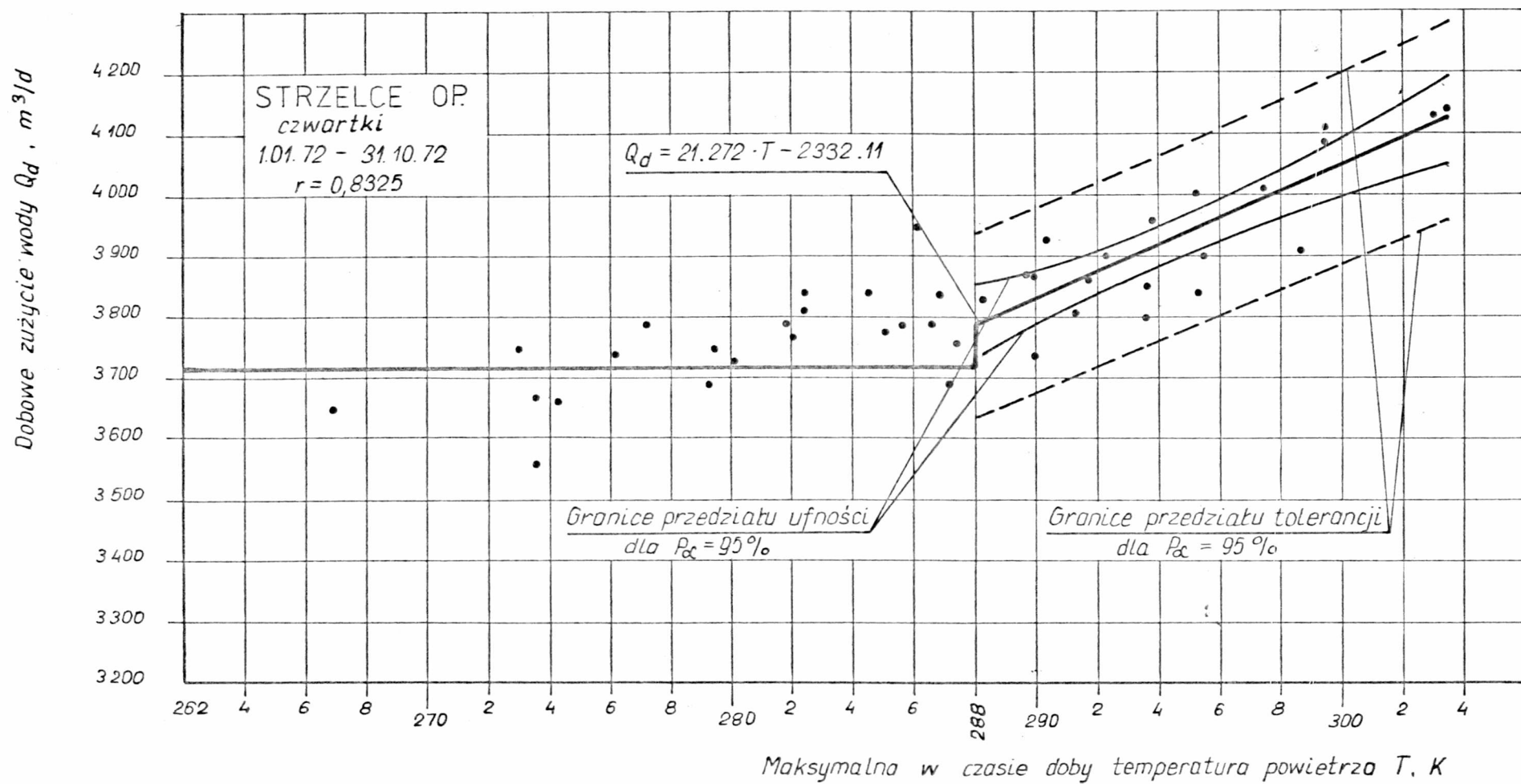
Rys. 5-13 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /poniedziałki, 1972r/.



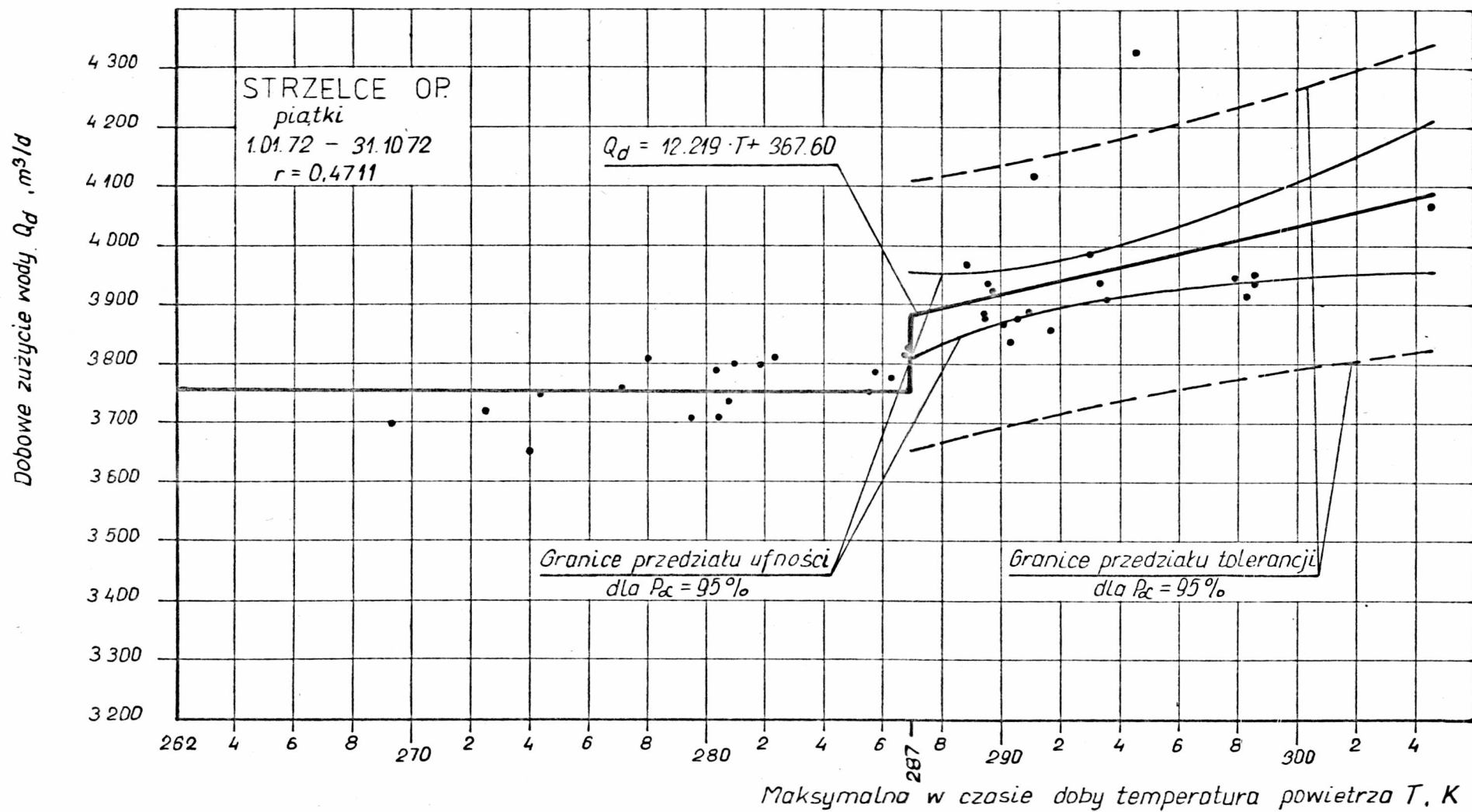
Rys. 5-14 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /wtorki, 1972r/.



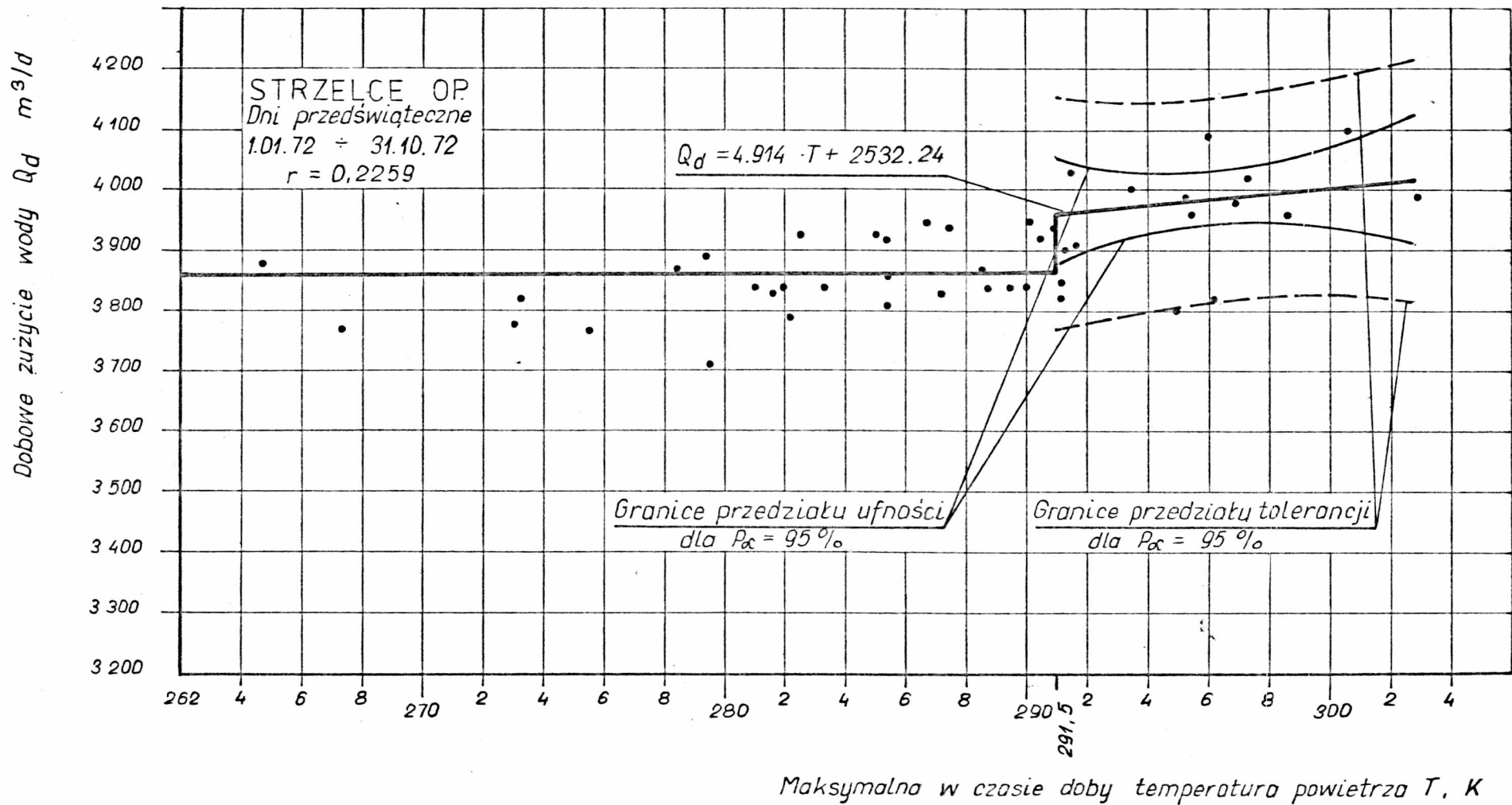
Rys. 5-15 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /środy, 1972r/.



Rys. 5-16 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /czwartki, 1972r/.

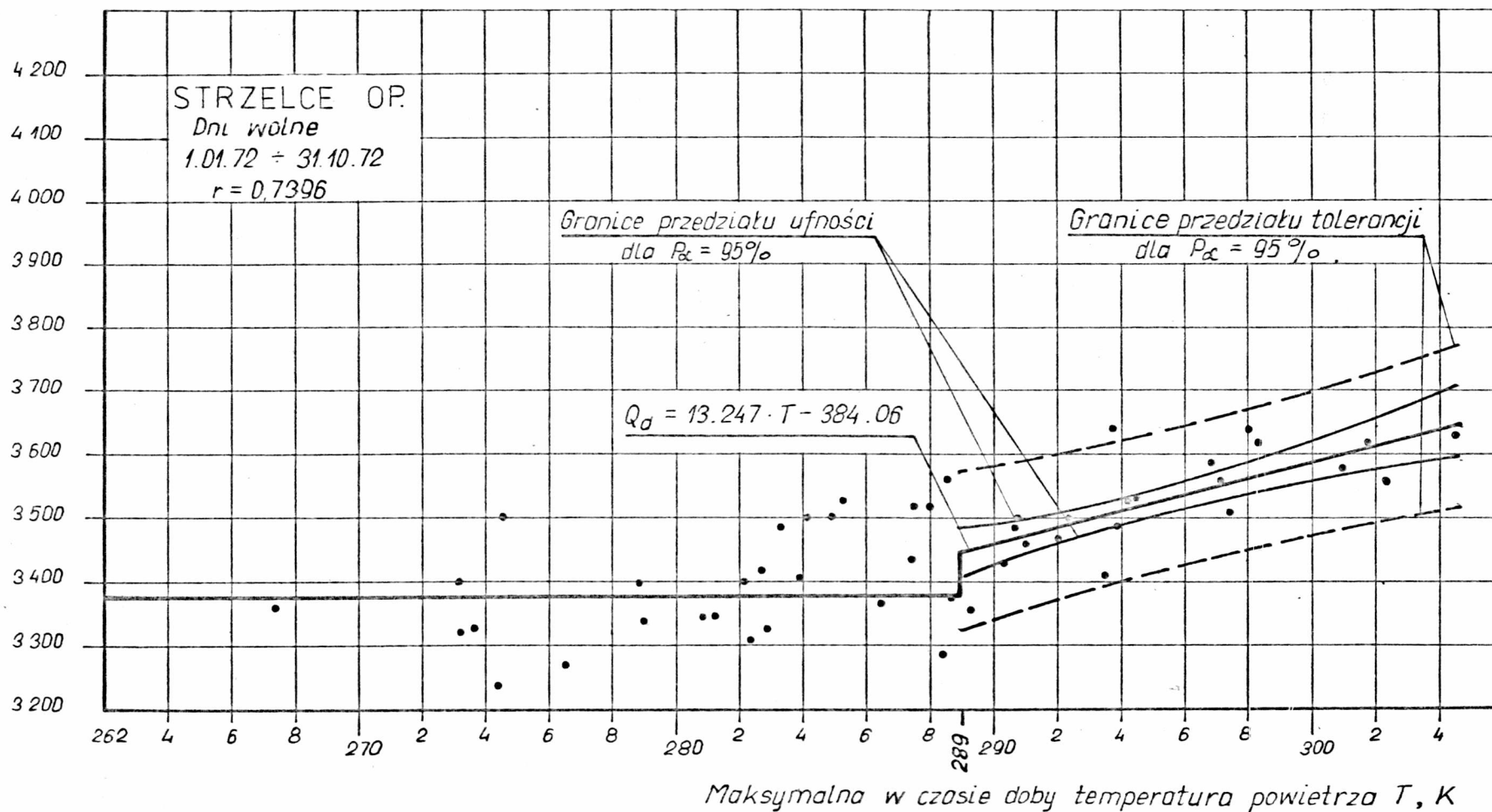


Rys. 5-17 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich piątki, 1972r/.



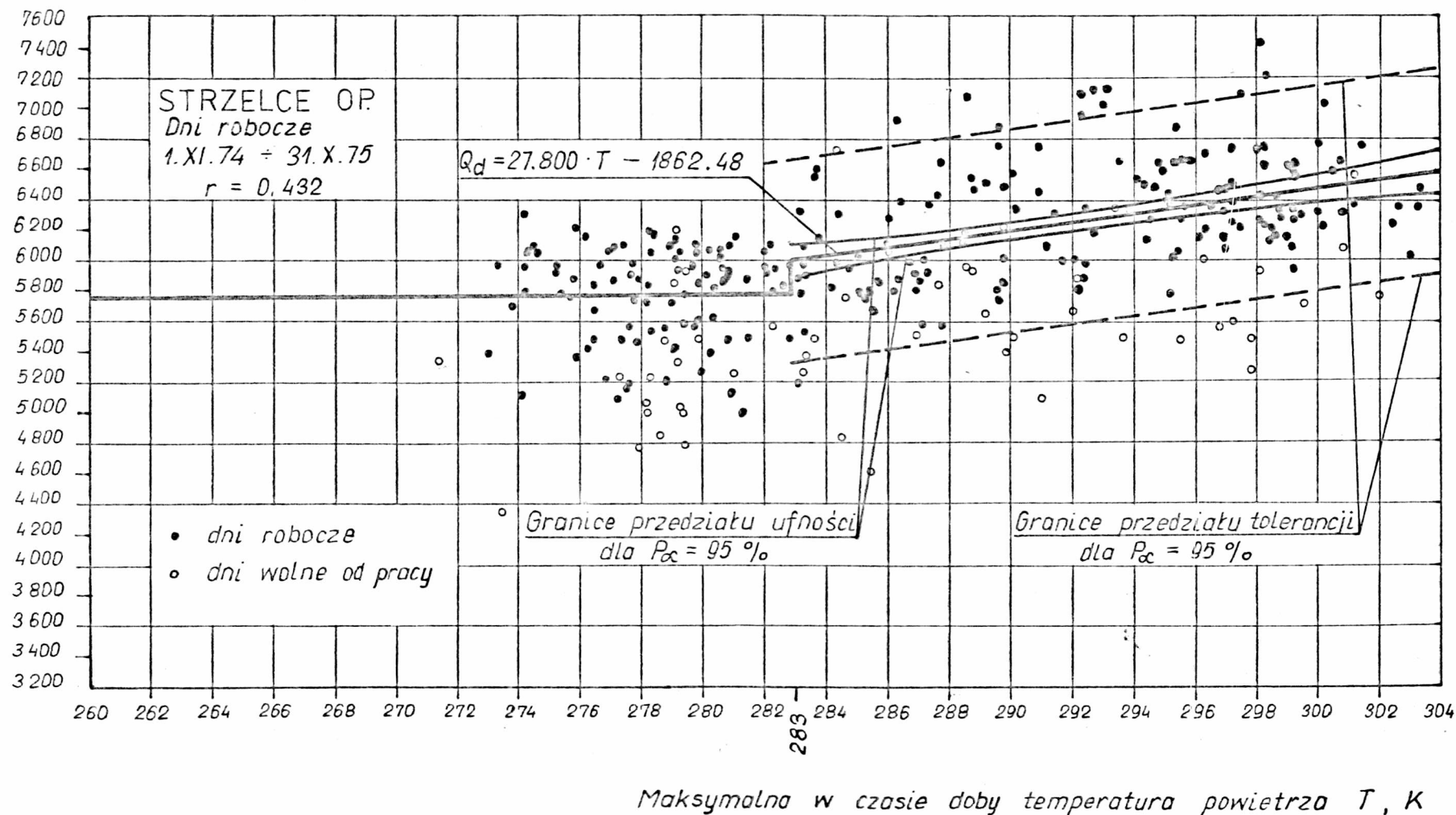
Rys. 5-18 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /dni przedświąteczne, 1972r/.

Dobowe zużycie wody Q_d , m³/d

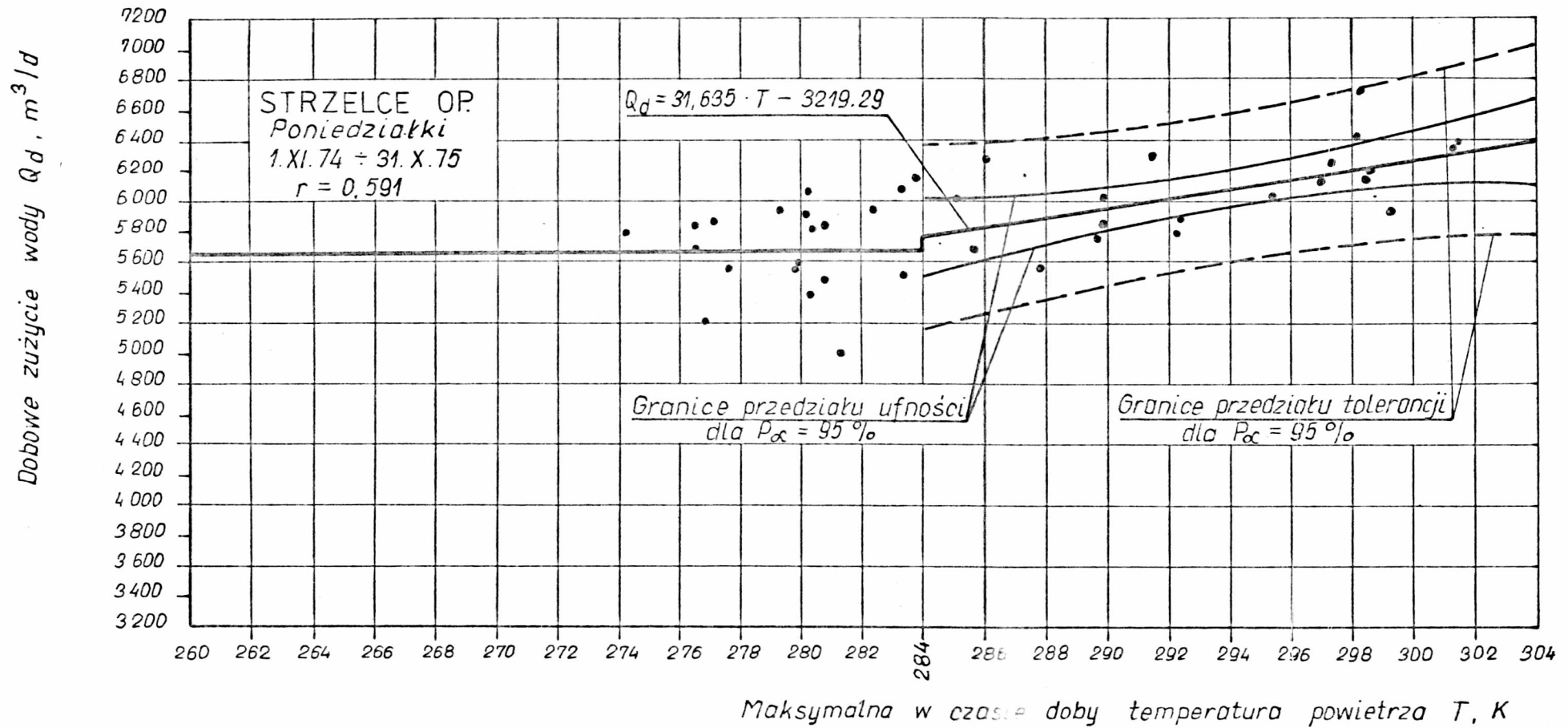


Rys. 5-19 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /dni wolne od pracy, 1972r/.

Dobowe zużycie wody $Q_d, m^3/d$

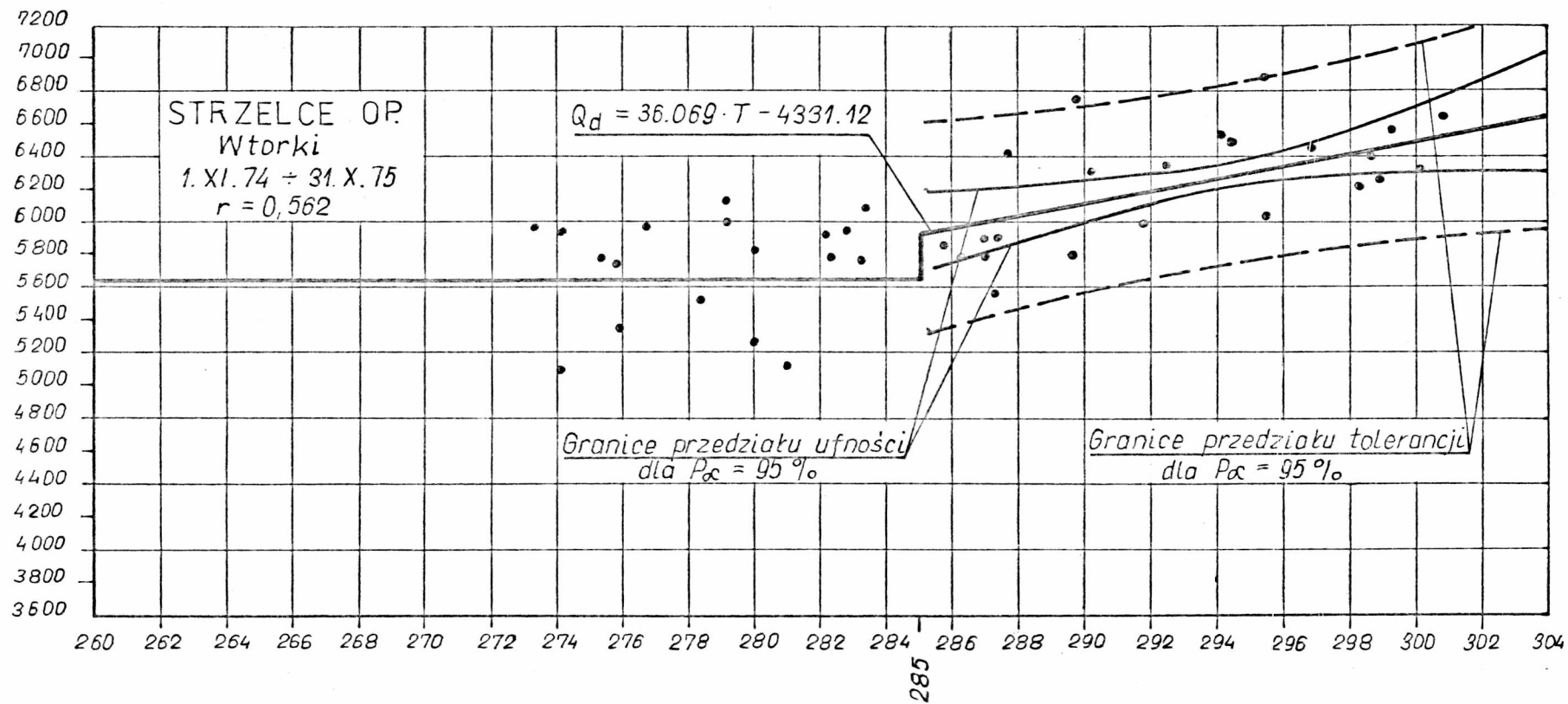


Rys. 5-20 Wykres zależności $Q_d / T/$ w Strzelcach Opolskich /dni robocze, 1974/75 r./



Rys. 5-21 Wykres zależności $Q_d / T/$ w Strzelcach Opolskich /poniedziałki, 1974/75r./

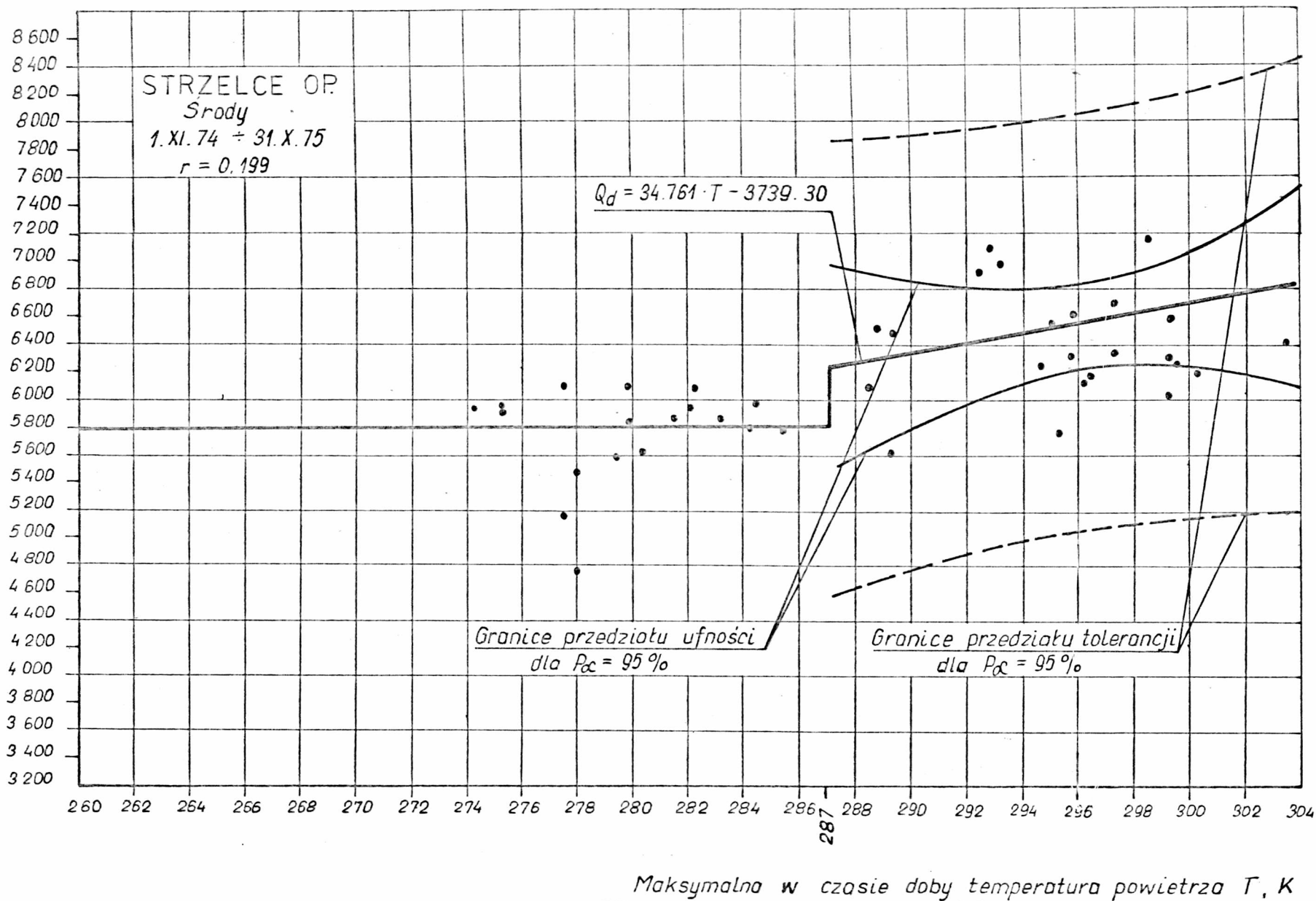
Dobowe zużycie wody Q_d , m^3/d



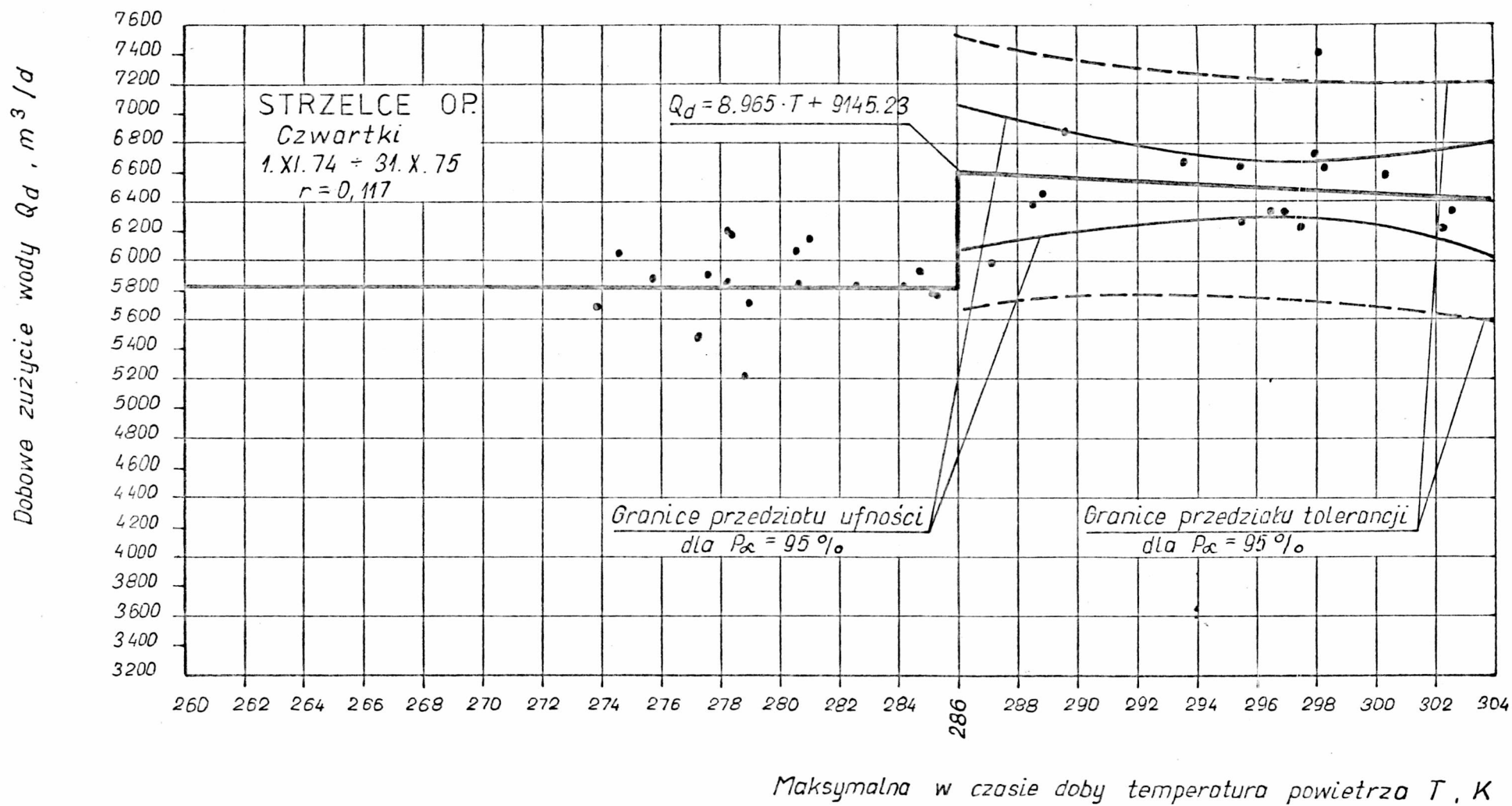
Maksymalna w czasie doby temperatura powietrza T , K

Rys. 5-22 Wykres zależności Q_d / T w Strzelcach Opolskich /wtorki, 1974/75 r./

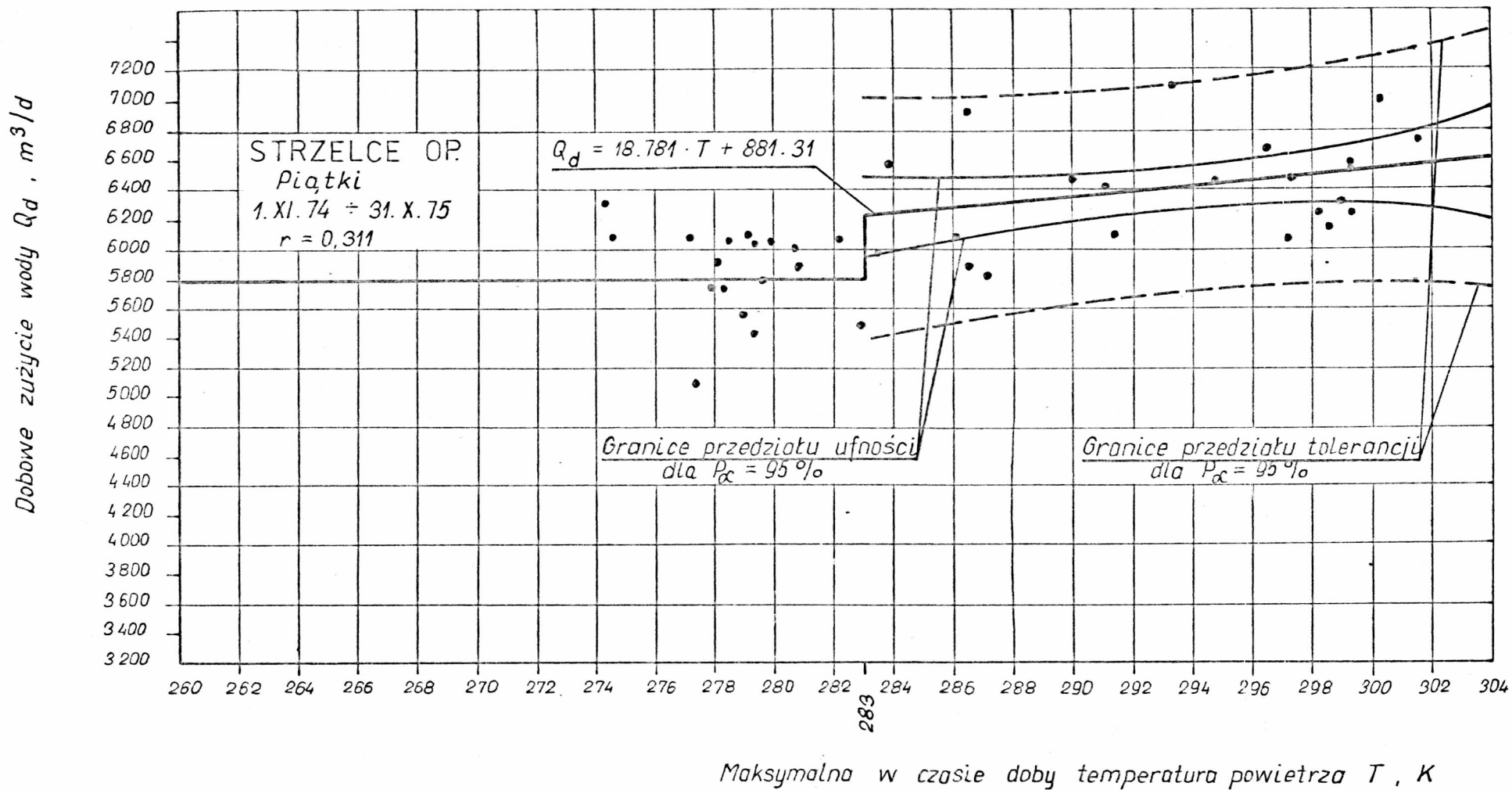
Dobowe zużycie wody Q_d , m^3/d



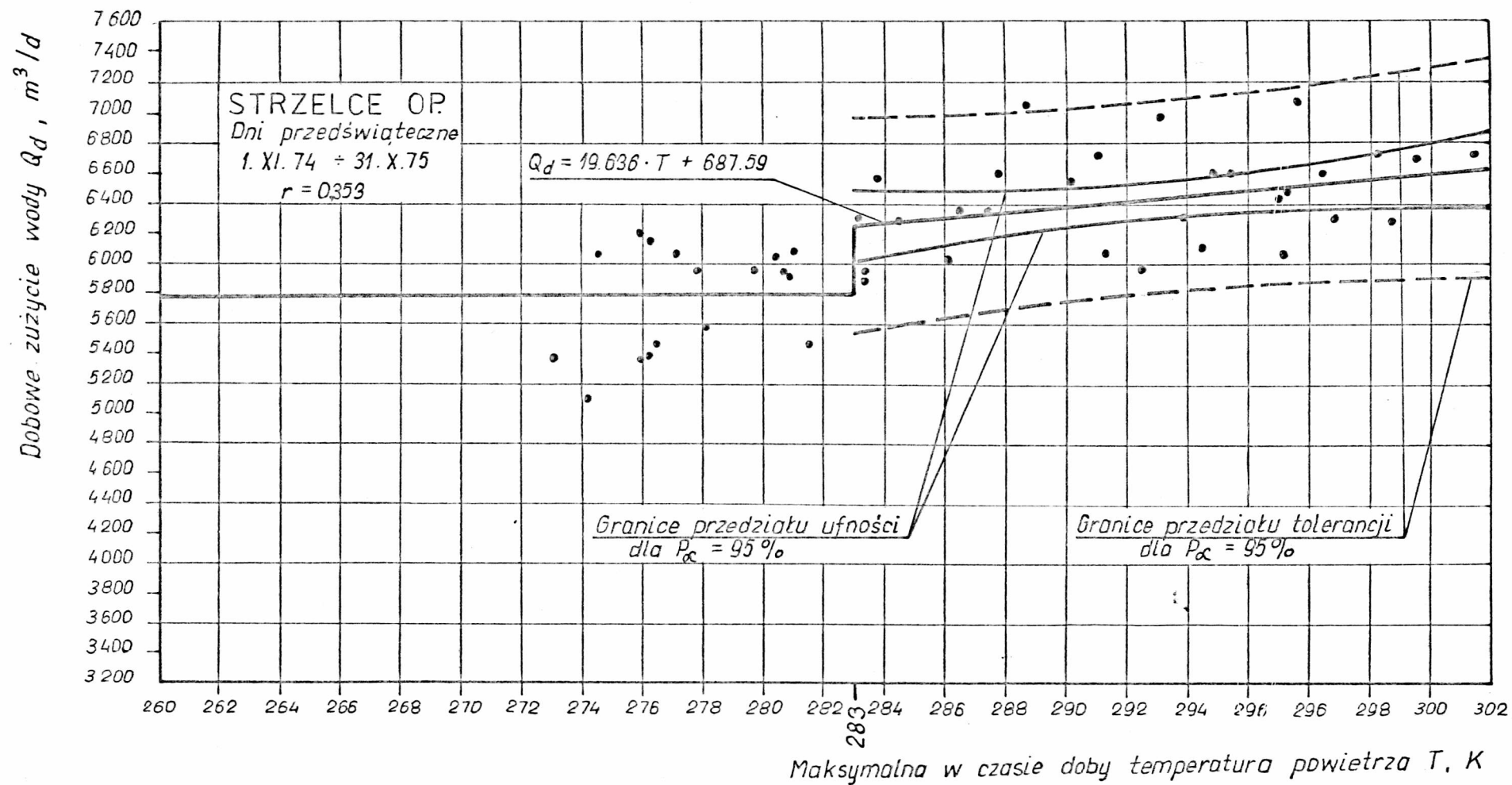
Rys. 5-23 Wykres zależności Q_d / T w Strzelcach Opolskich /środy, 1974/75 r./



Rys. 5-24 Wykres zależności Q_d / T w Strzelcach Opolskich /czwartki, 1974/75 r./

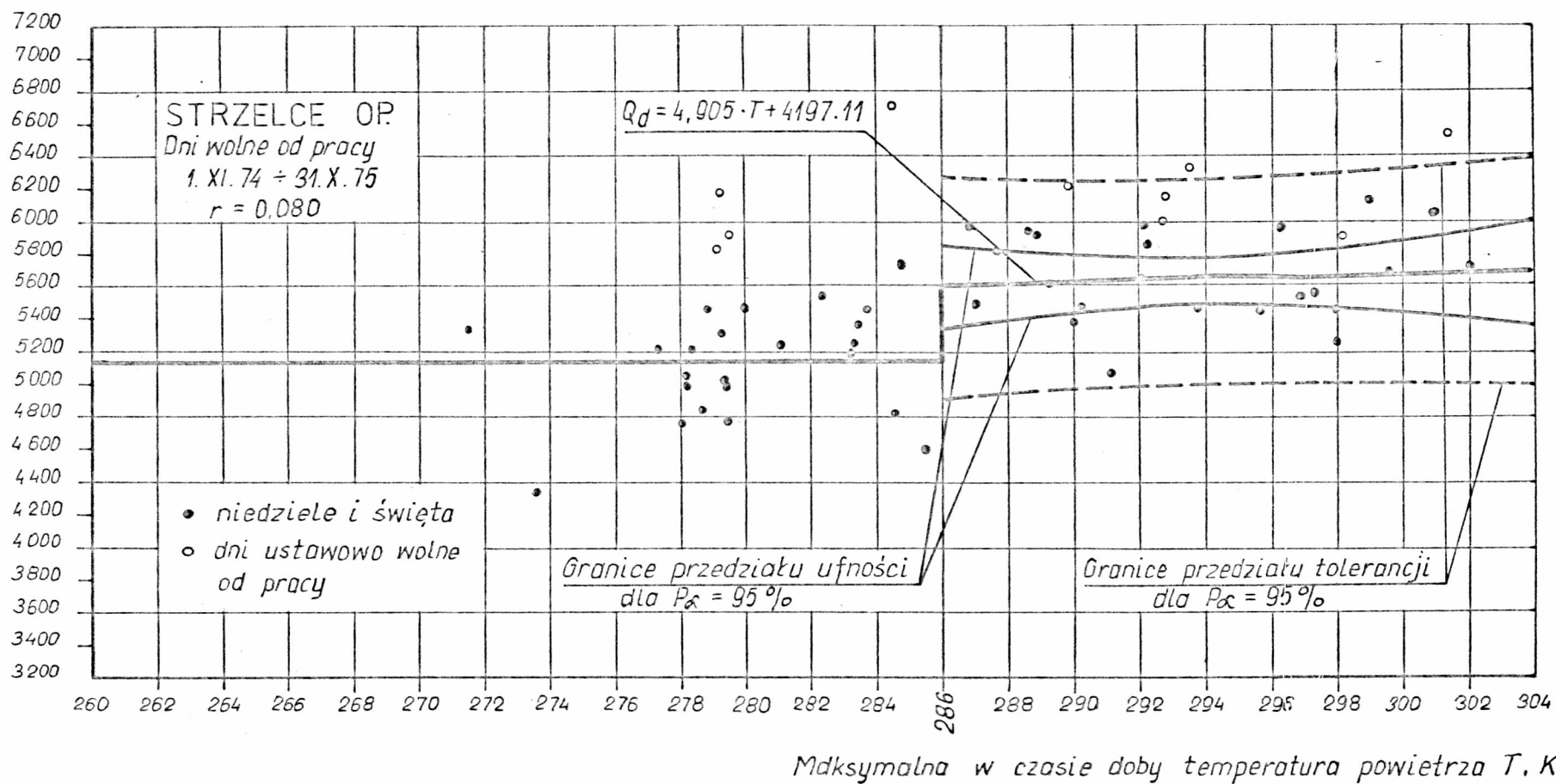


Rys. 5-25 Wykres zależności Q_d / T / w Strzelcach Opolskich /piątki, 1974/75 r./

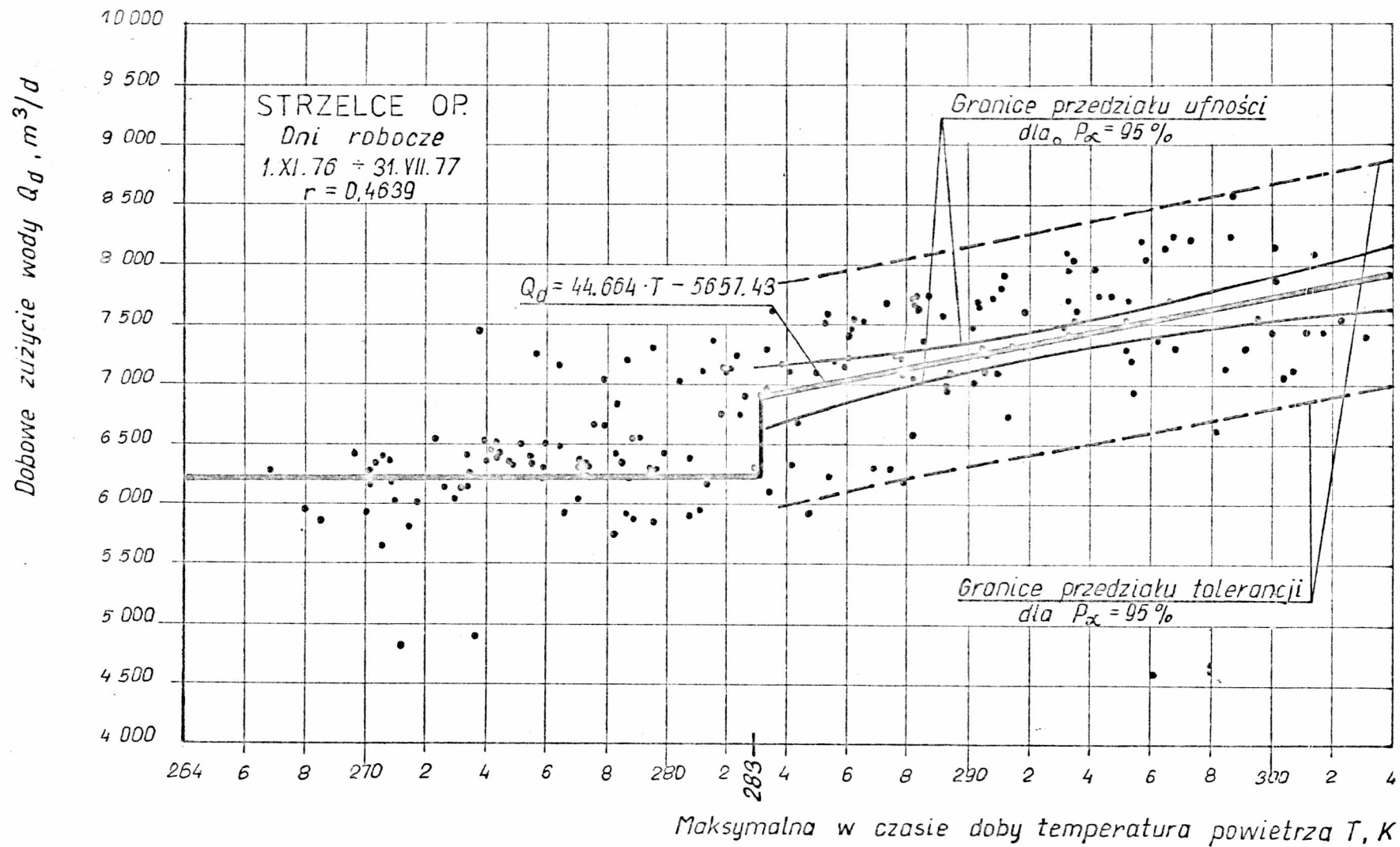


Rys. 5-26 Wykres zależności Q_d / T w Strzelcach Opolskich /dni przedświąteczne, 1974/75r./

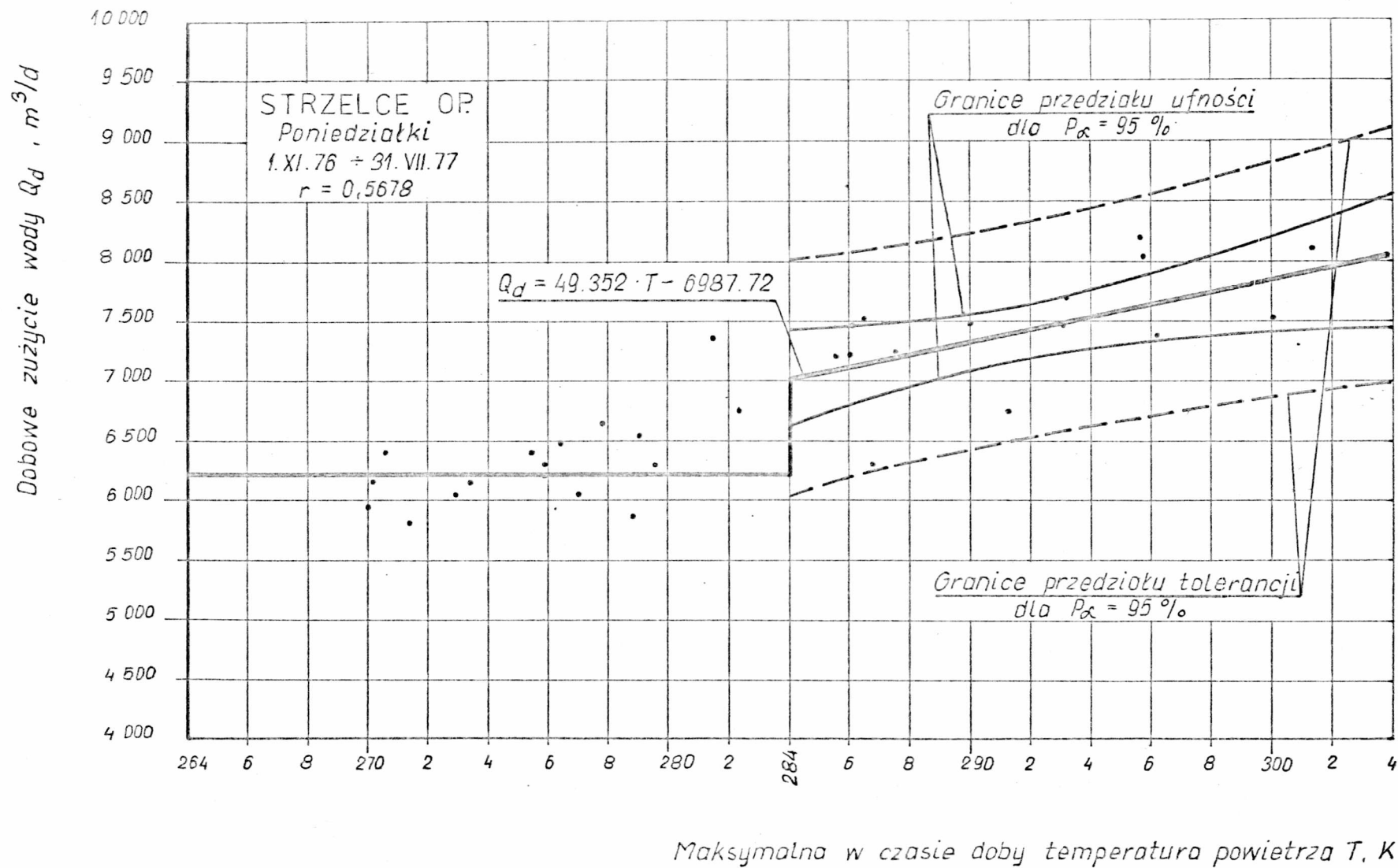
Dobowe zużycie wody Q_d , m^3/d



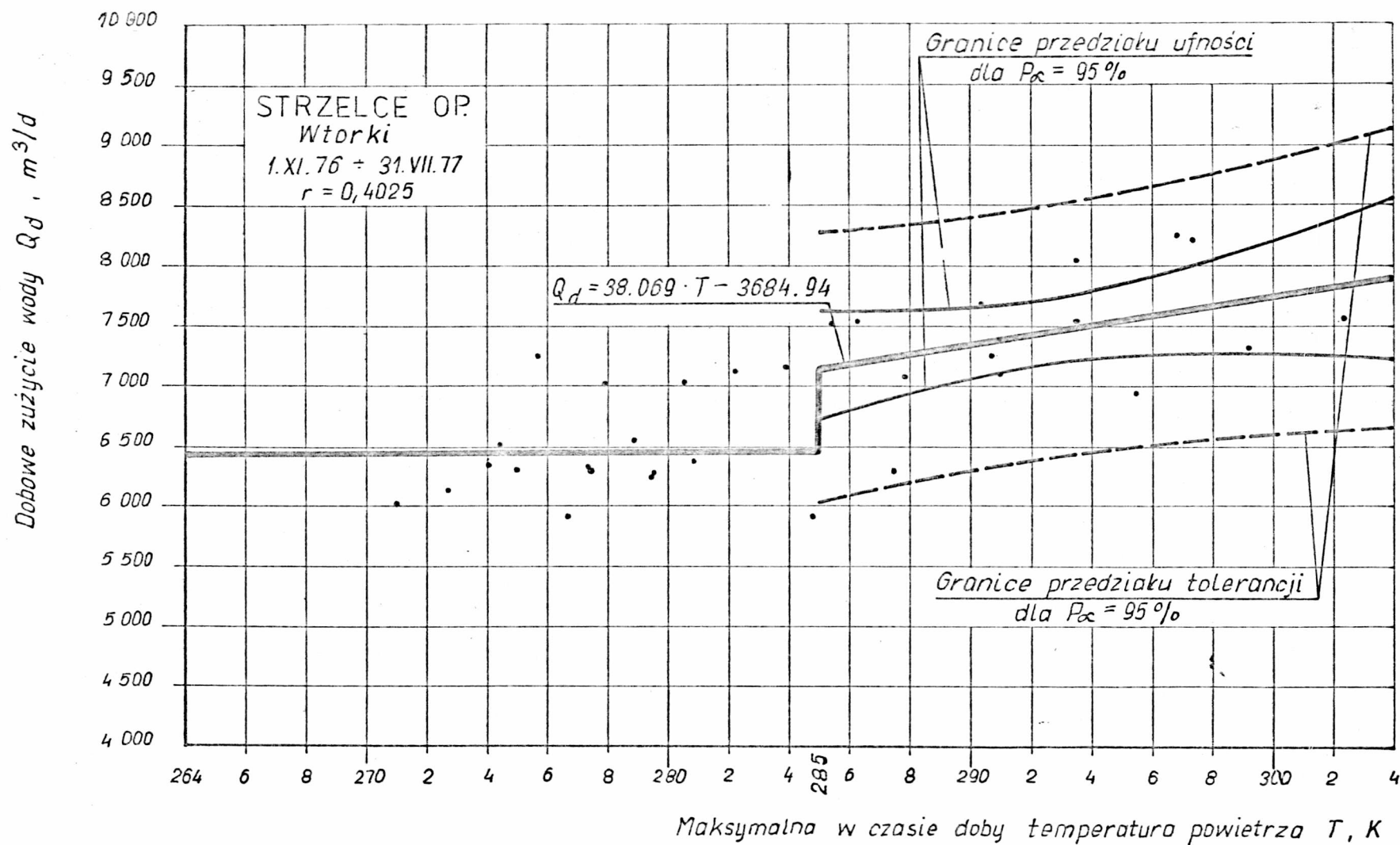
Rys. 5-27 Wykres zależności Q_d / T w Strzelcach Opolskich /dni wolne od pracy, 1974/75r./



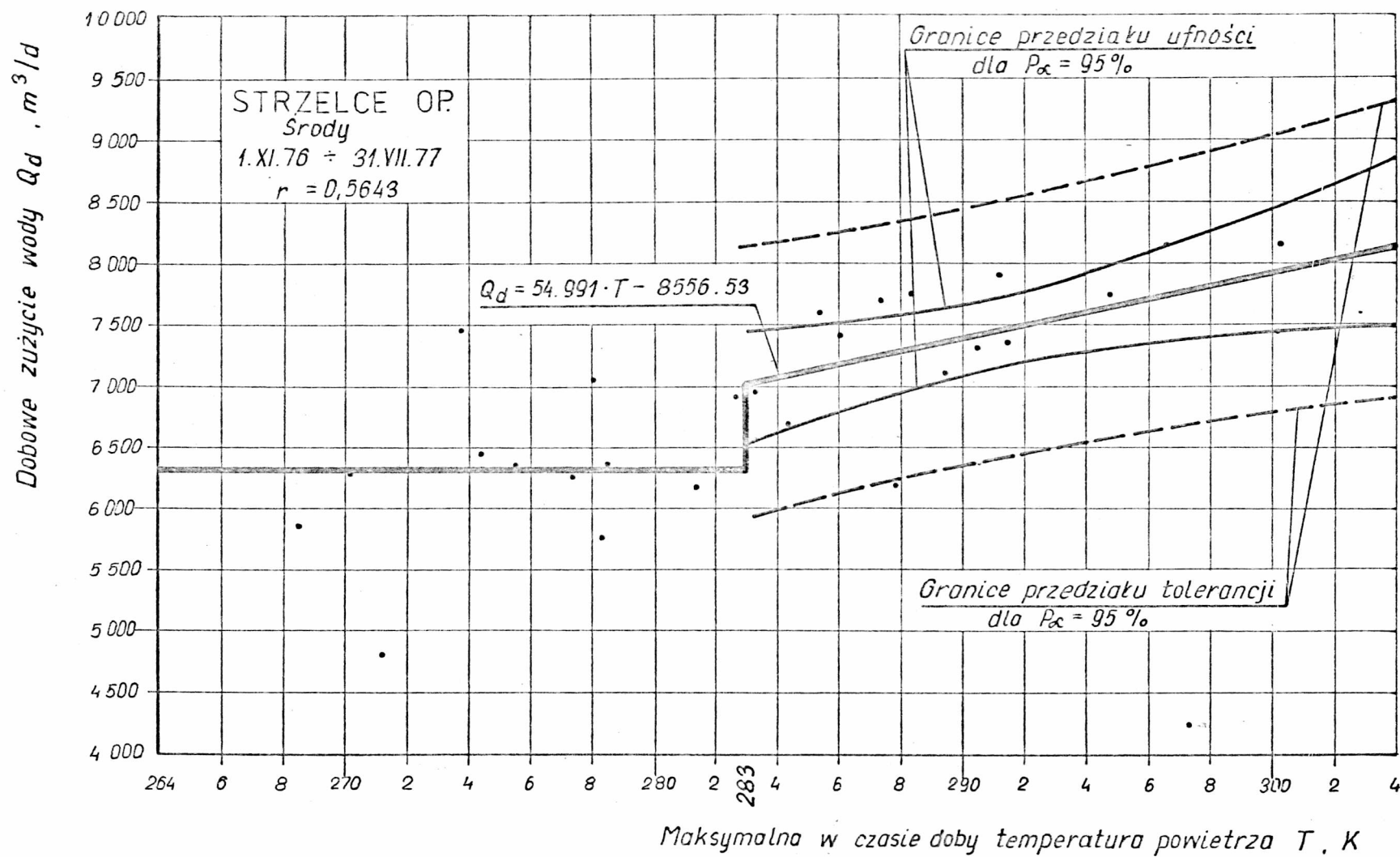
Rys. 5-28 Wykres zależności Q_d / T w Strzelcach Opolskich /dni robocze, 1976/77 r./



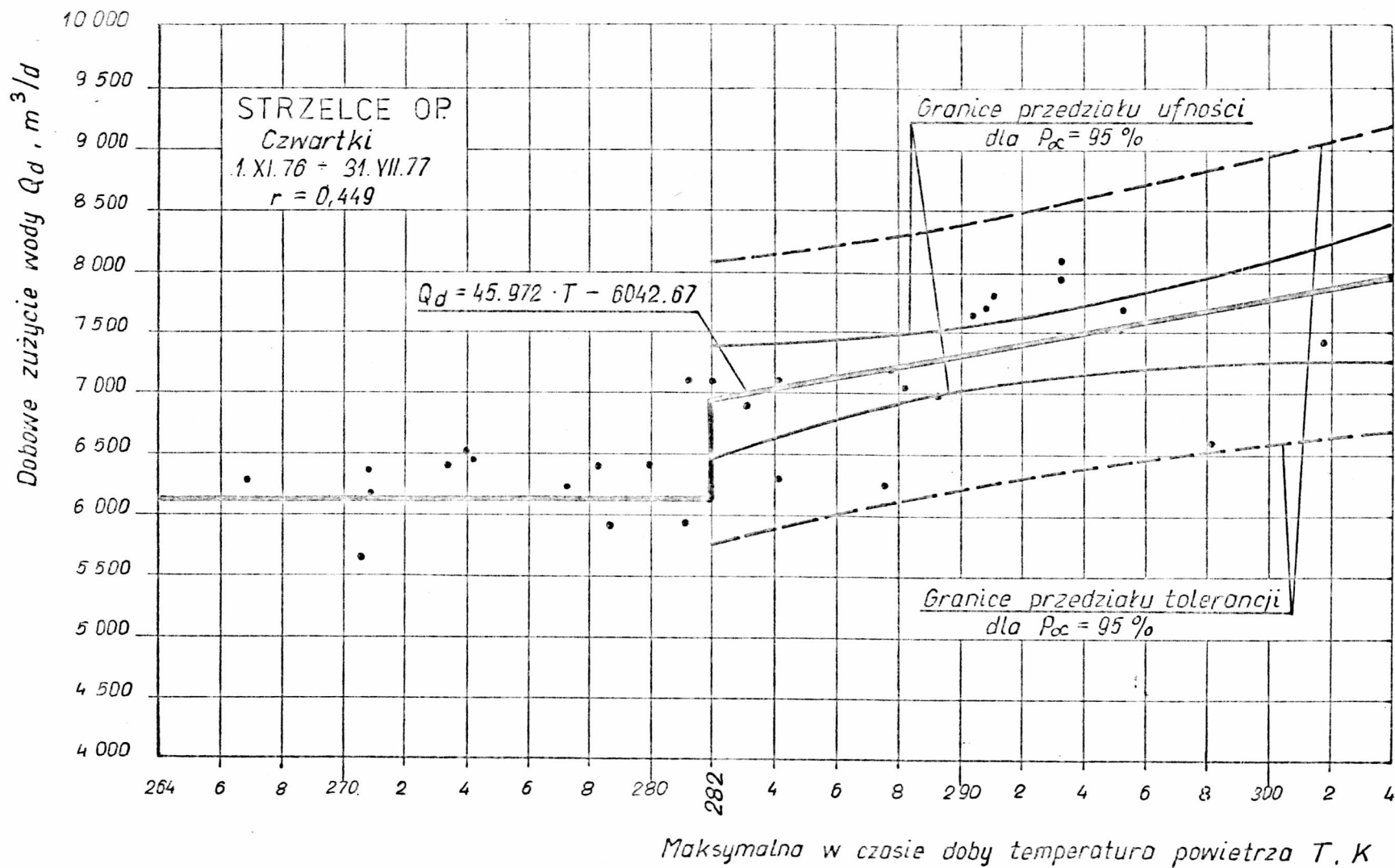
Rys. 5-29 Wykres zależności Q_d / T w Strzelcach Opolskich /poniedziałki, 1976/77r./



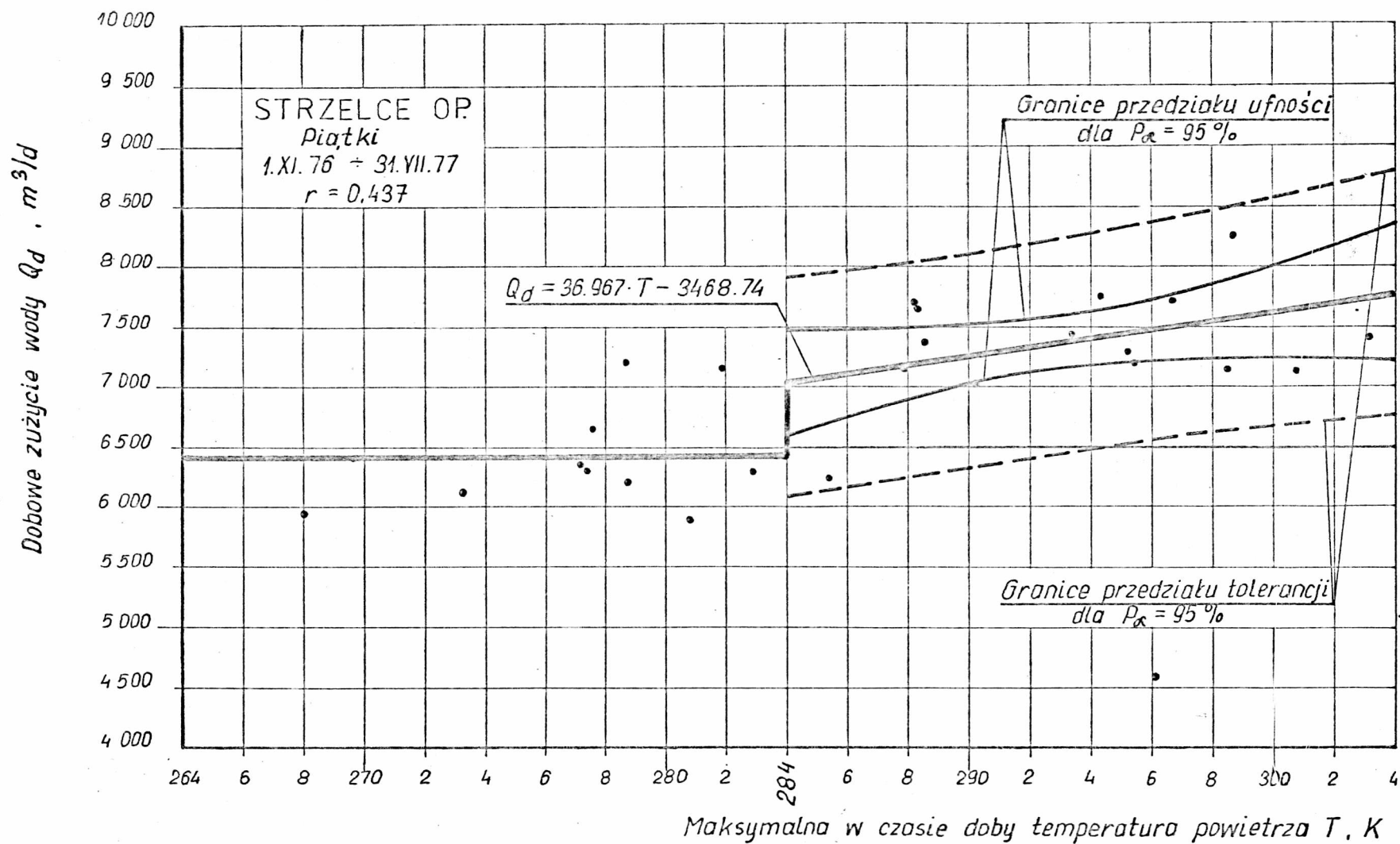
Rys. 5-30 Wykres zależności Q_d / T w Strzelcach Opolskich /wtorki, 1976/77 r./



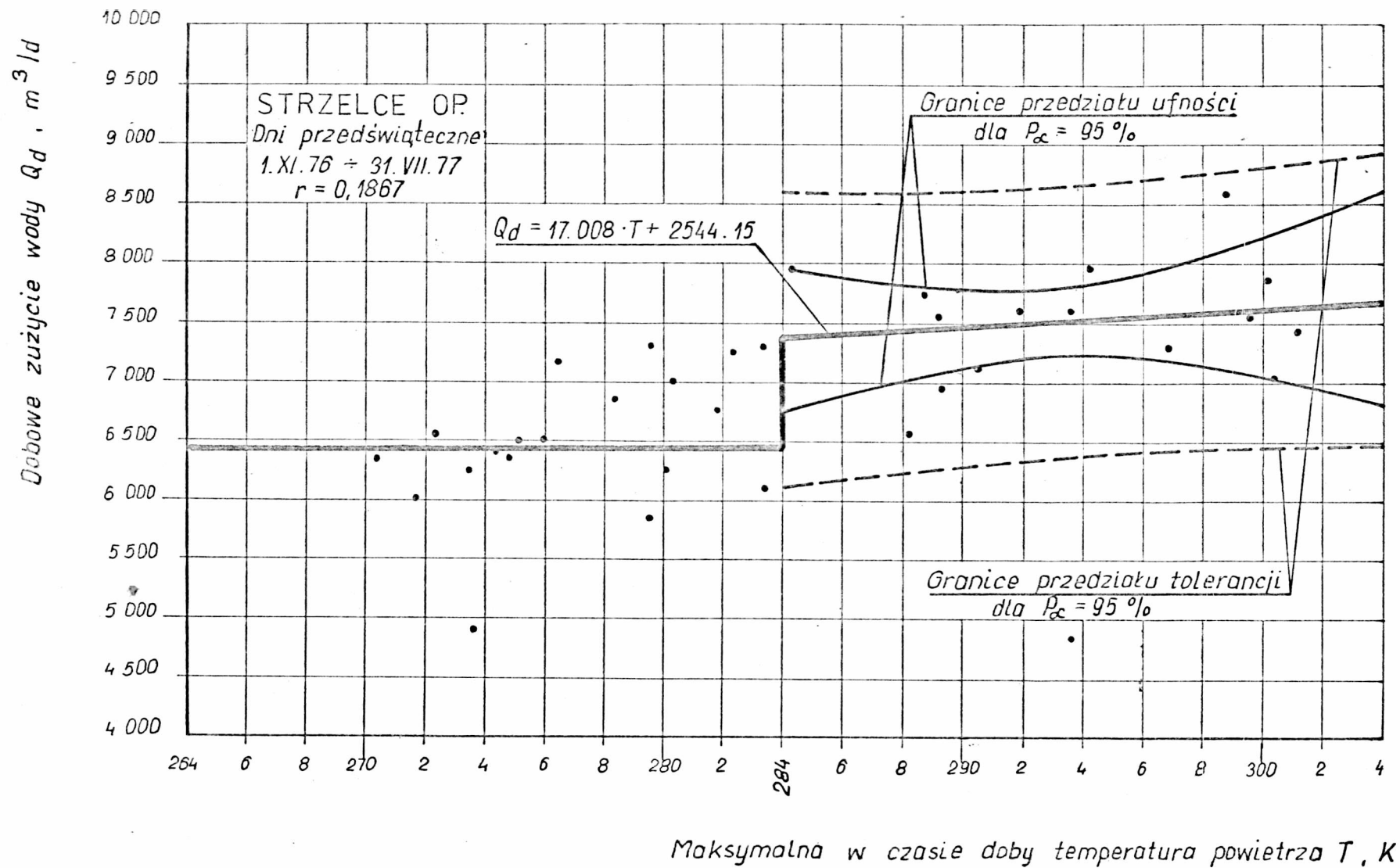
Rys. 5-31 Wykres zależności Q_d / T w Strzelcach Opolskich /środy, 1976/77 r./



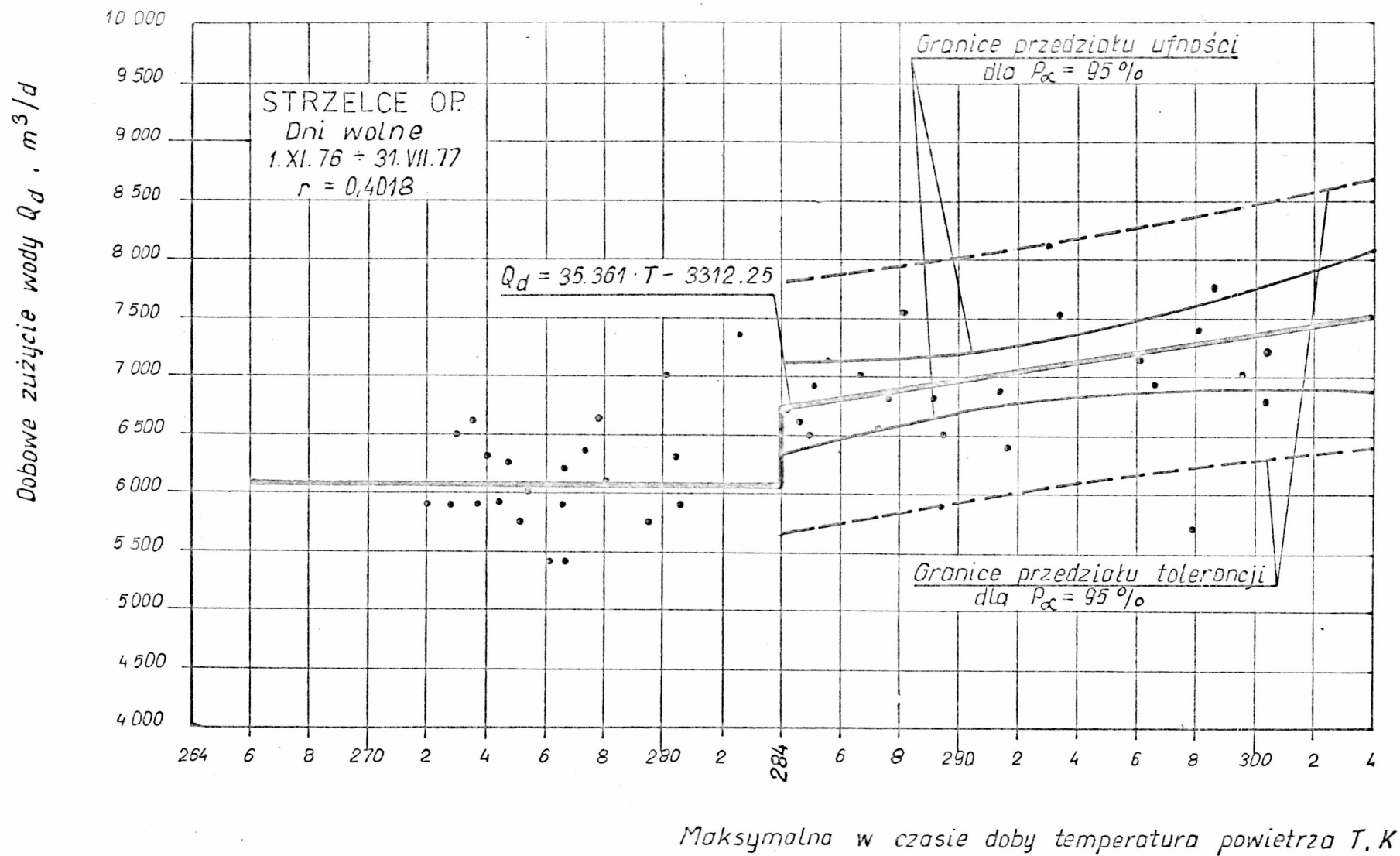
Rys. 5-32 Wykres zależności Q_d / T w Strzelcach Opolskich /czwartki, 1976/77 r./



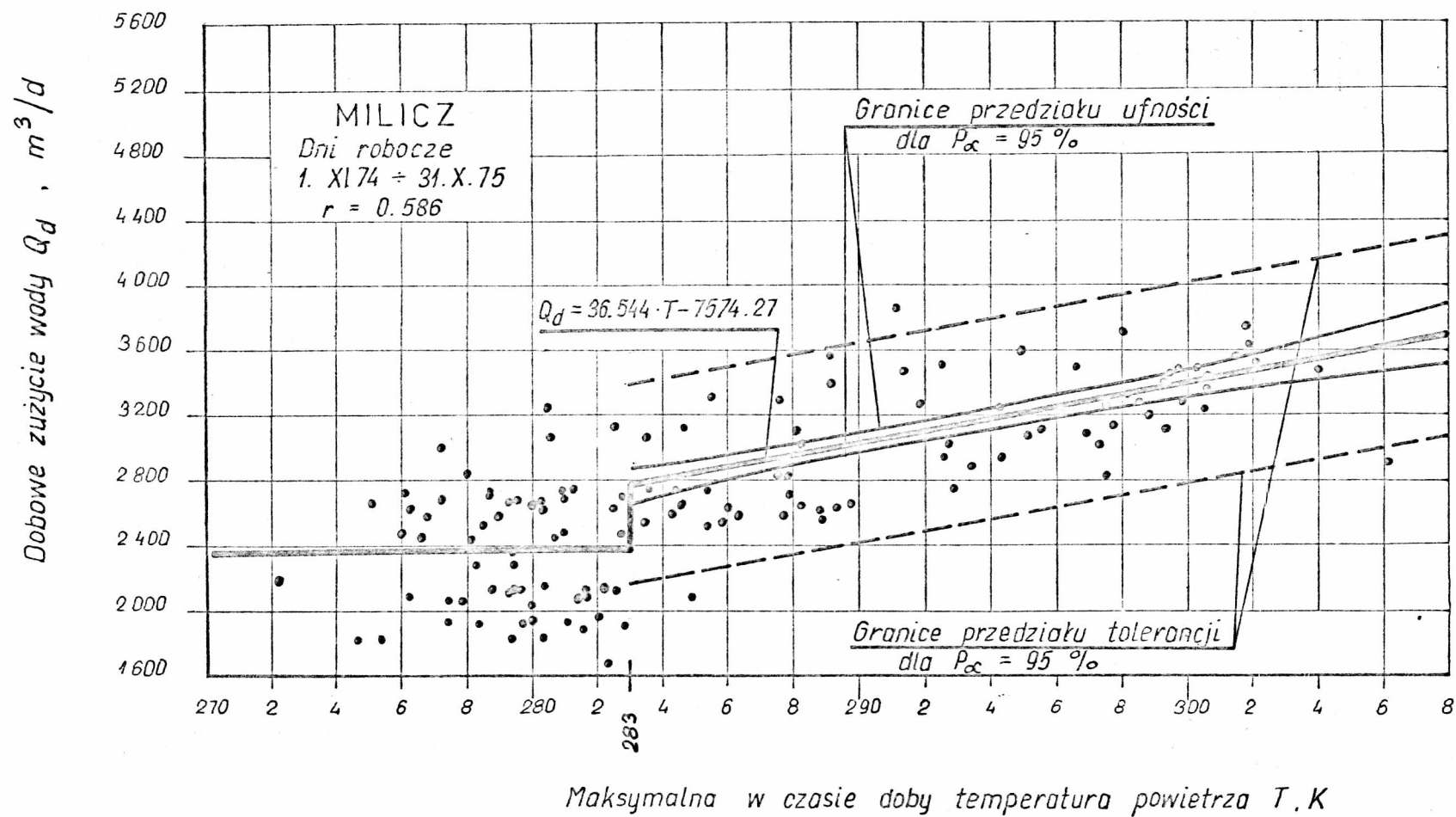
Rys. 5-33 Wykres zależności Q_d / T w Strzelcach Opolskich /piątki , 1976/77r./



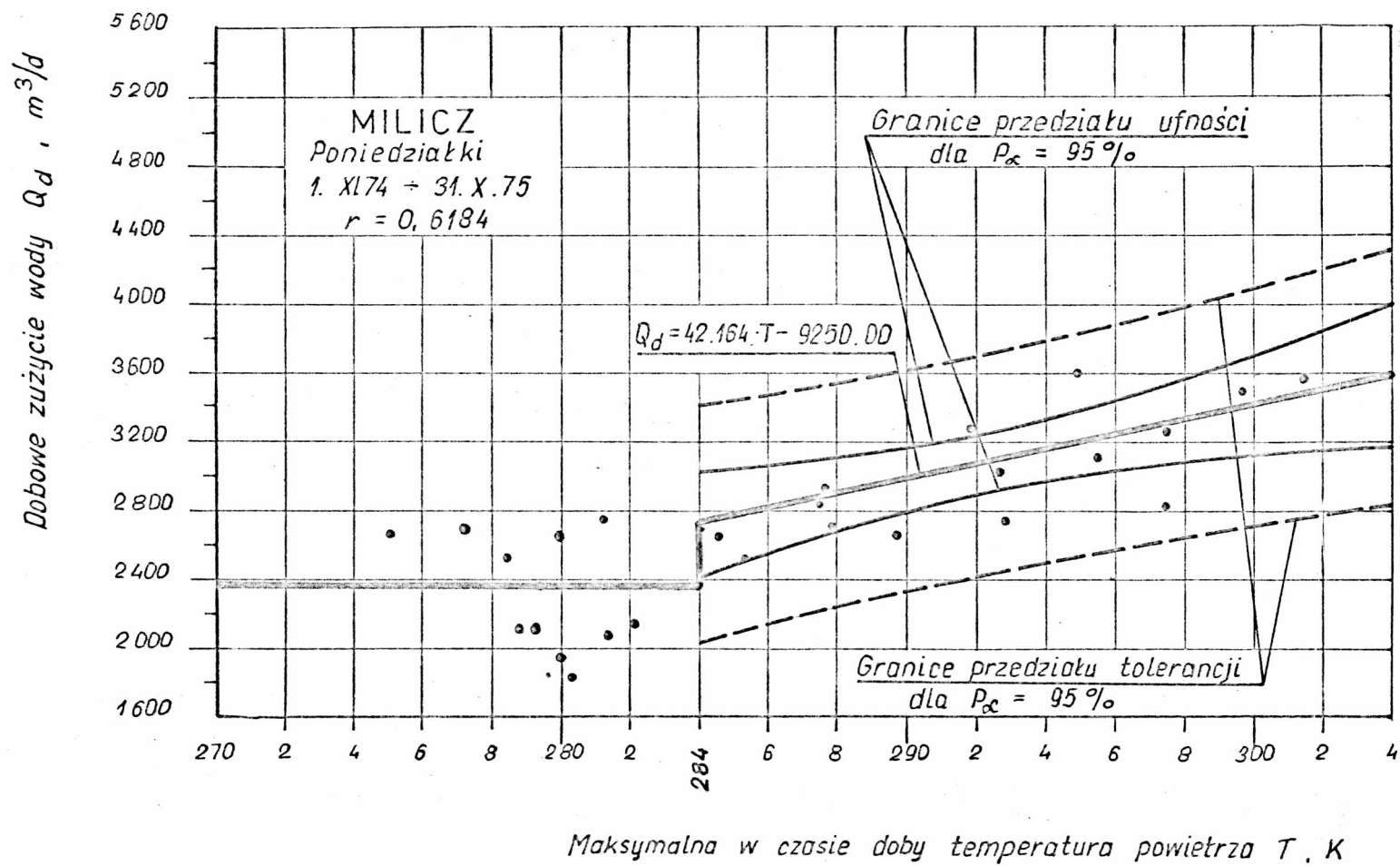
Rys. 5-34 Wykres zależności Q/T w Strzelcach Opolskich /dni przedświąteczne, 1976/77r./



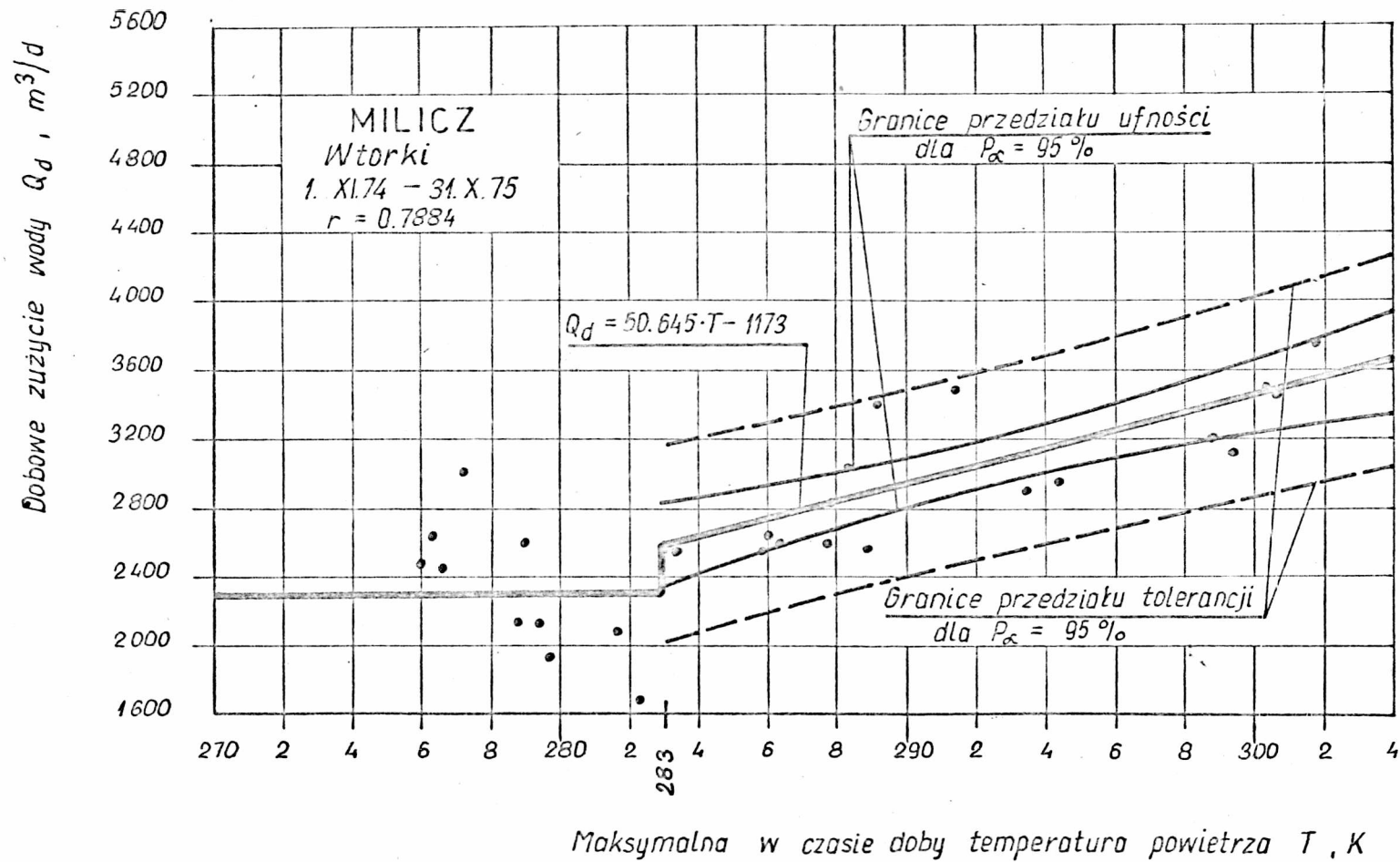
Rys. 5-35 Wykres zależności Q_d / T w Strzelcach Opolskich /dni wolne od pracy, 1976/77r./.



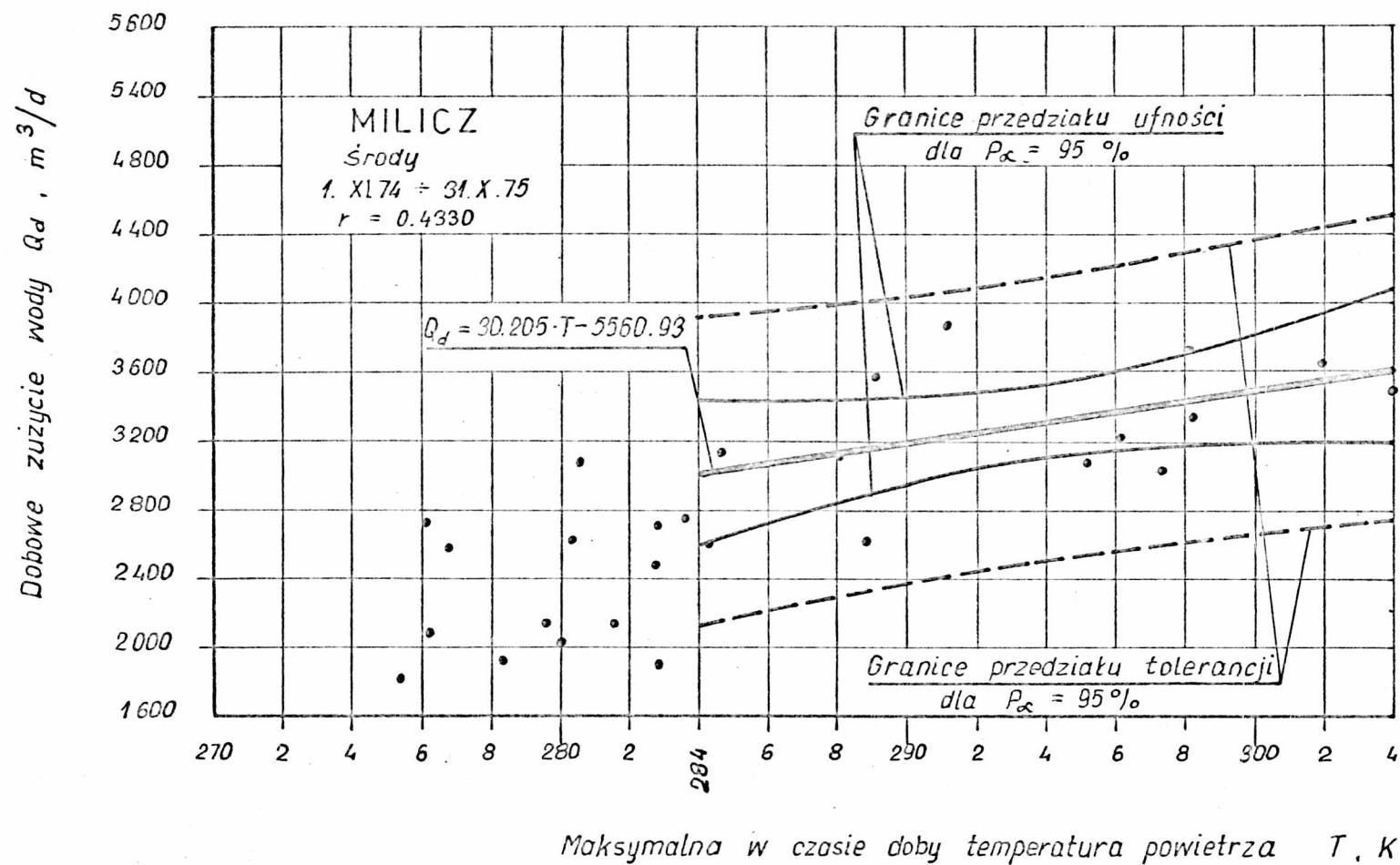
Rys. 5-36 Wykres zależności Q_d / T w Miliczu /dni robocze, 1974/75 r./



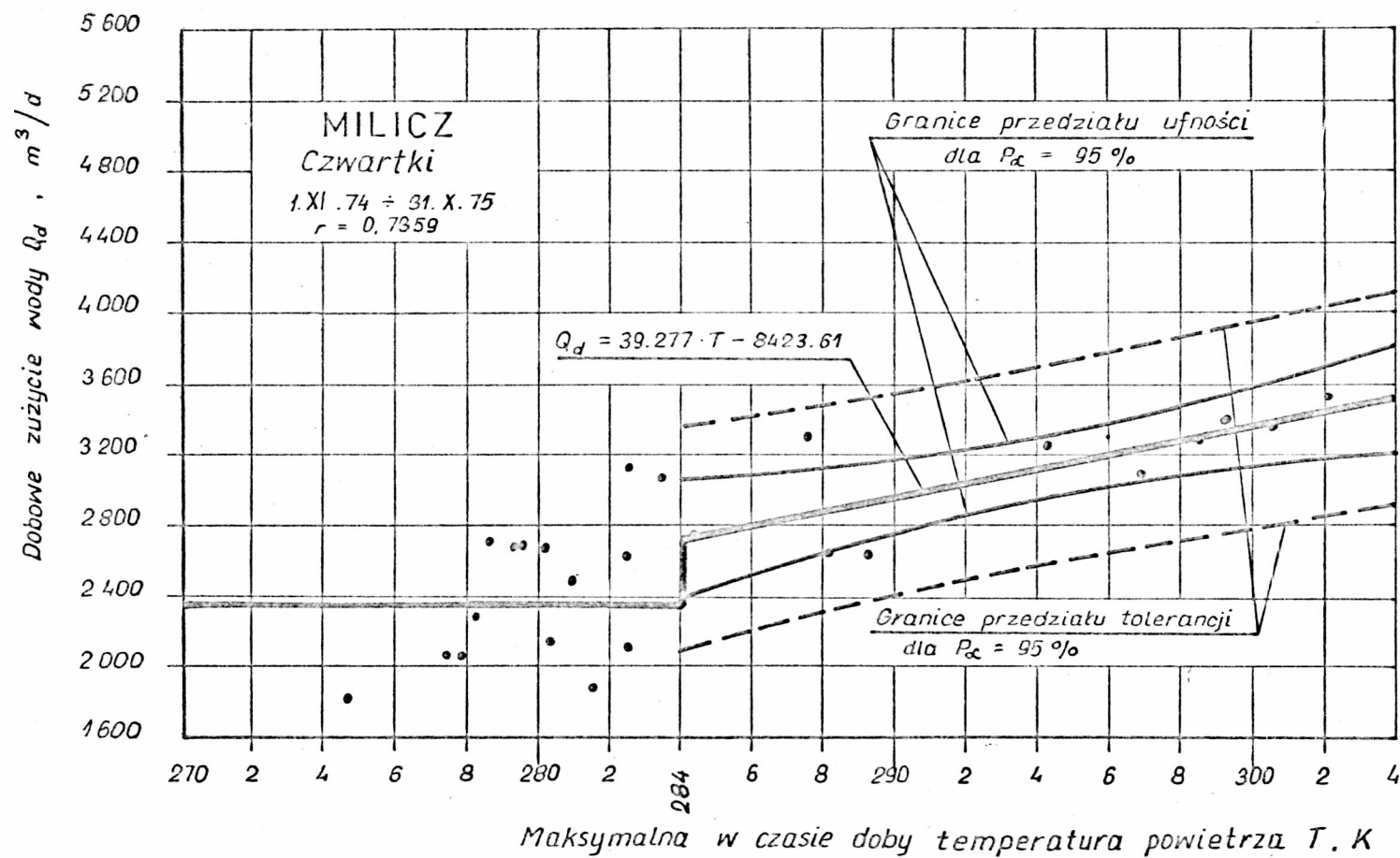
Rys. 5-37 Wykres zależności $Q_d / T /$ w Miliczu / poniedziałki, 1974/75 r. /



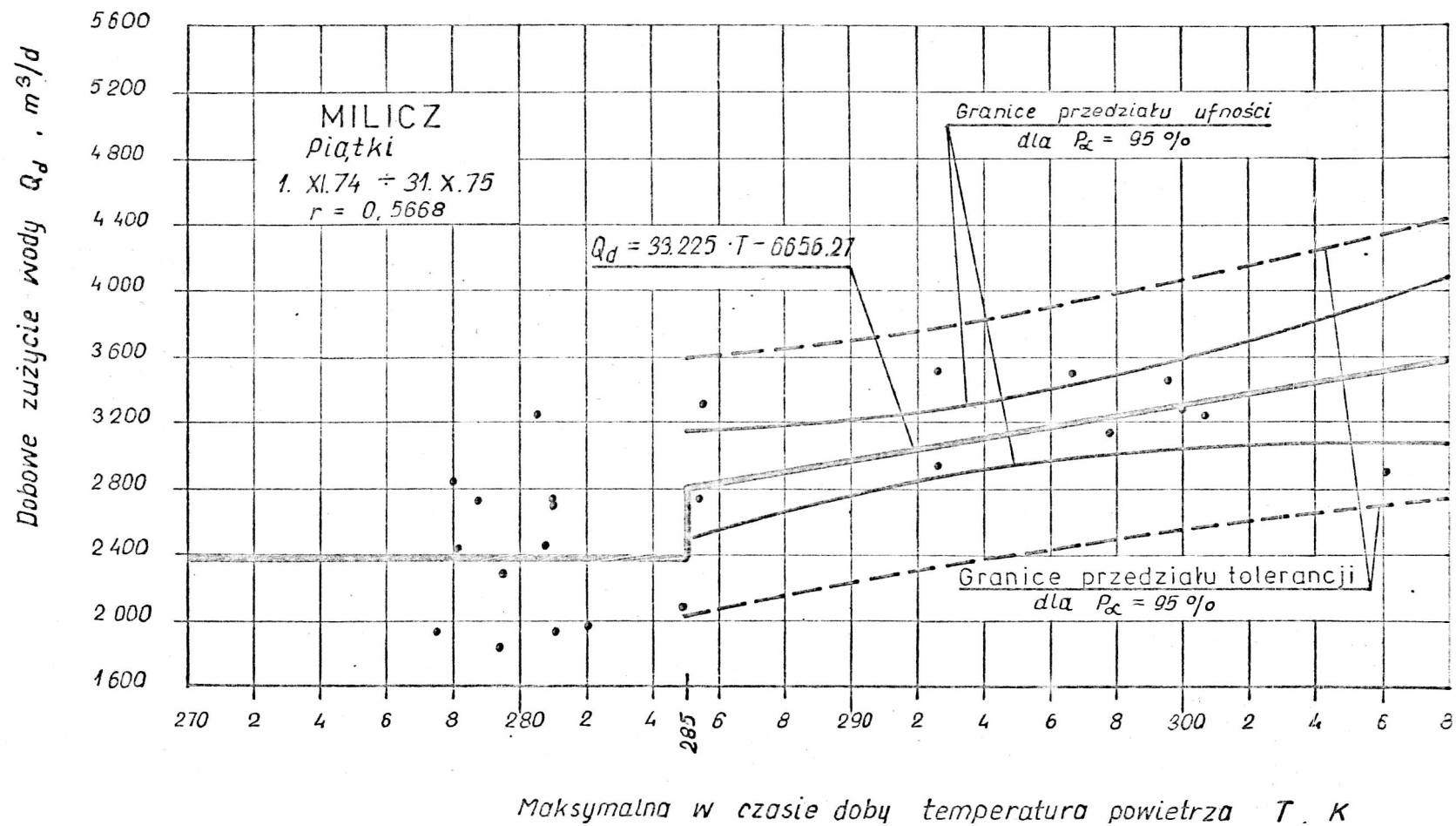
Rys. 5-38 Wykres zależności Q_d / T w Miliczu / wtorki, 1974/75 r./



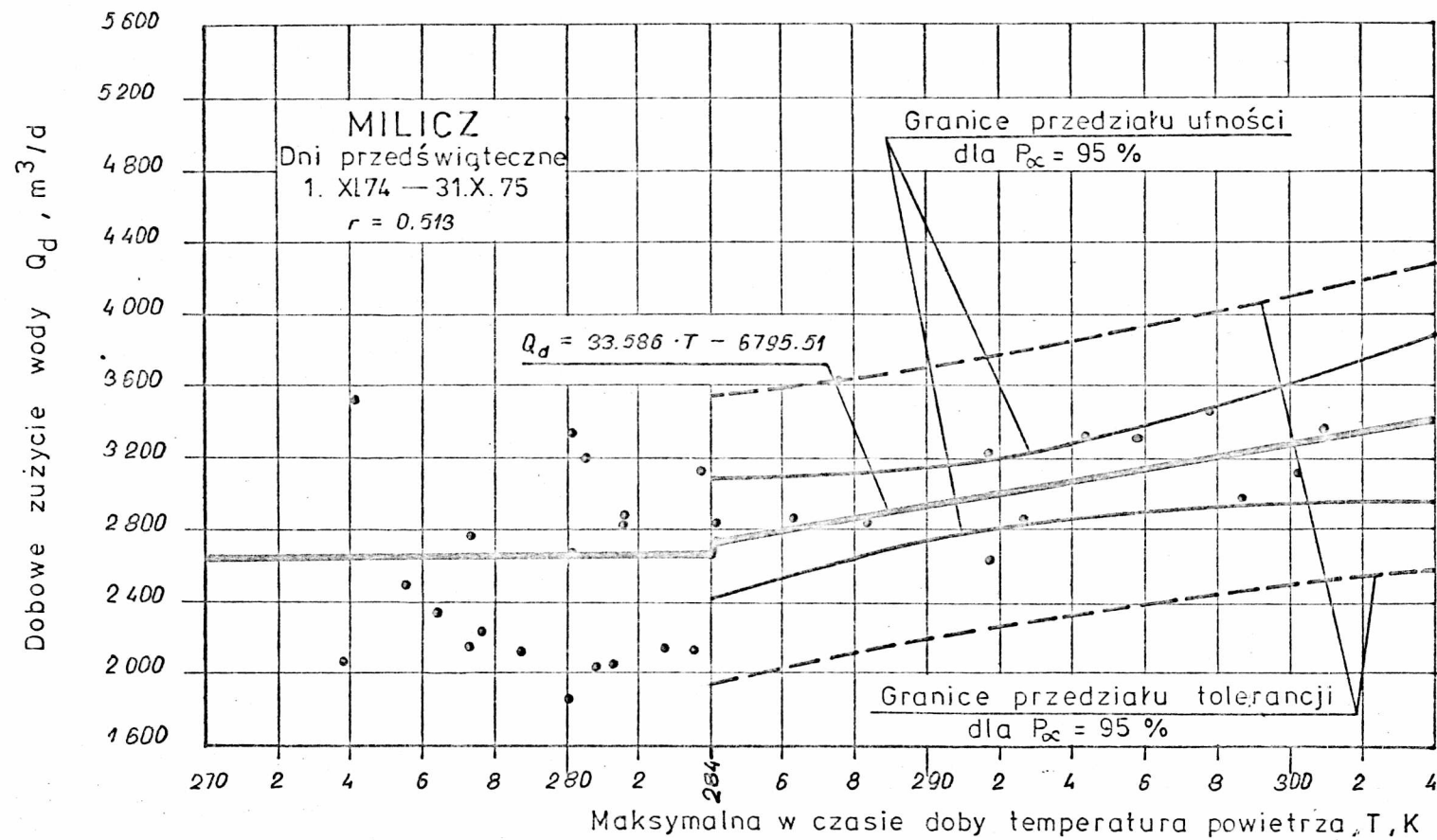
Rys. 5-39 Wykres zależności Q_d / T w Miliczu /środy, 1974/75 r./



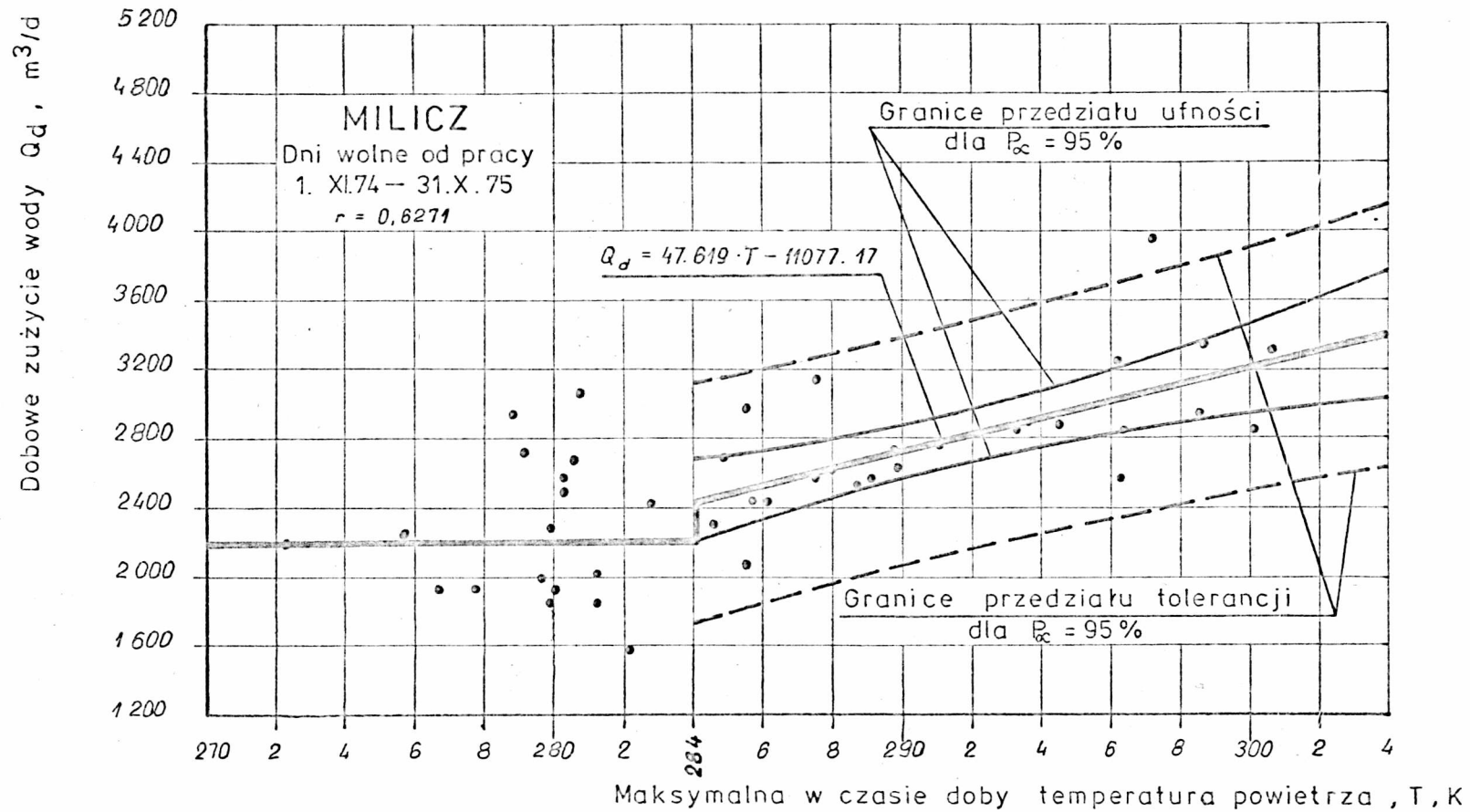
Rys. 5-40 Wykres zależności Q_d / T w Miliczu /czwartki, 1974/75 r./



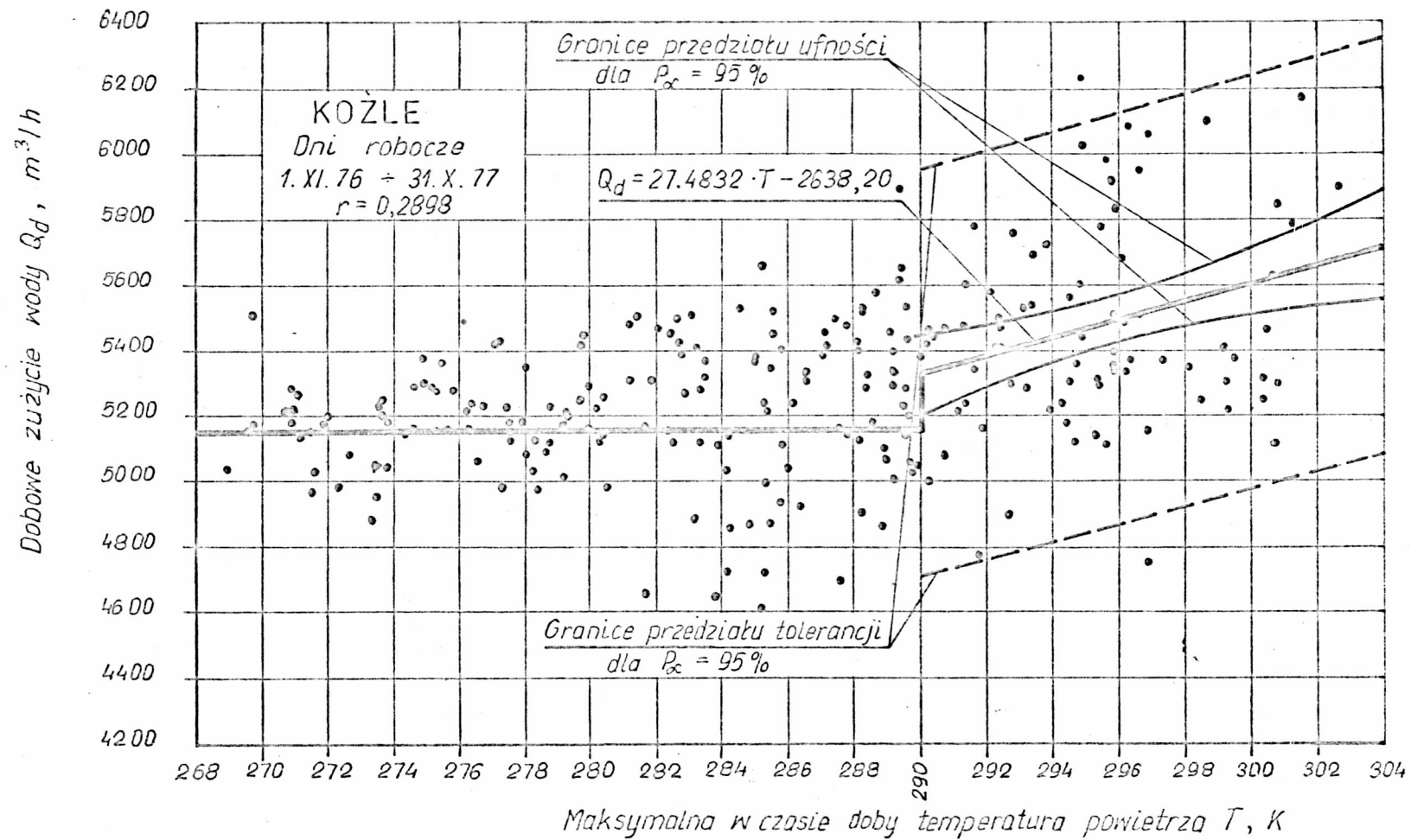
Rys. 5-41 Wykres zależności Q_d / T / w Miliczu / piątki , 1974/75 r./



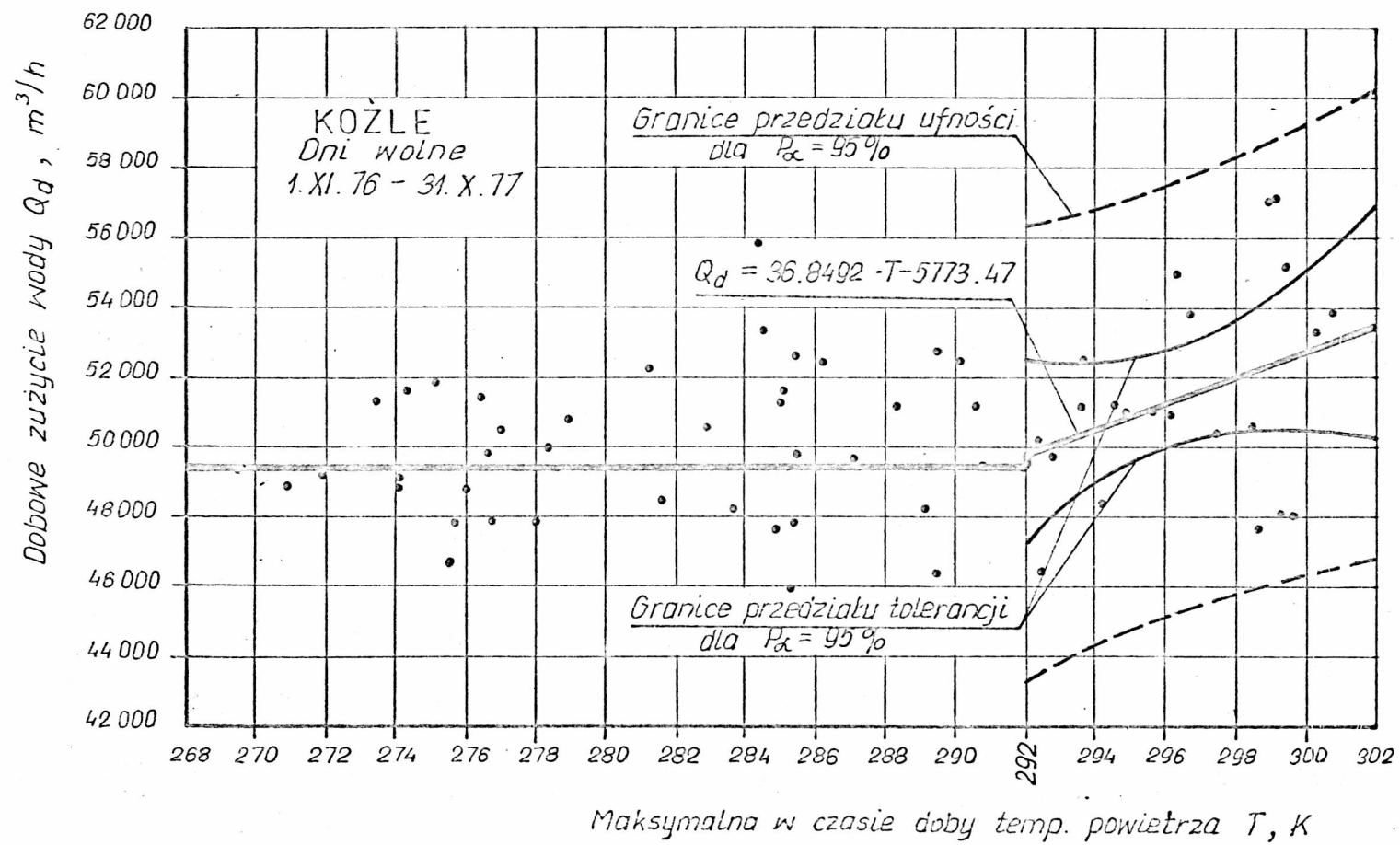
Rys. 5-42 Wykres zależności Q_d / T w Miliczu /dni przedsięwzięczne, 1974/75 r./



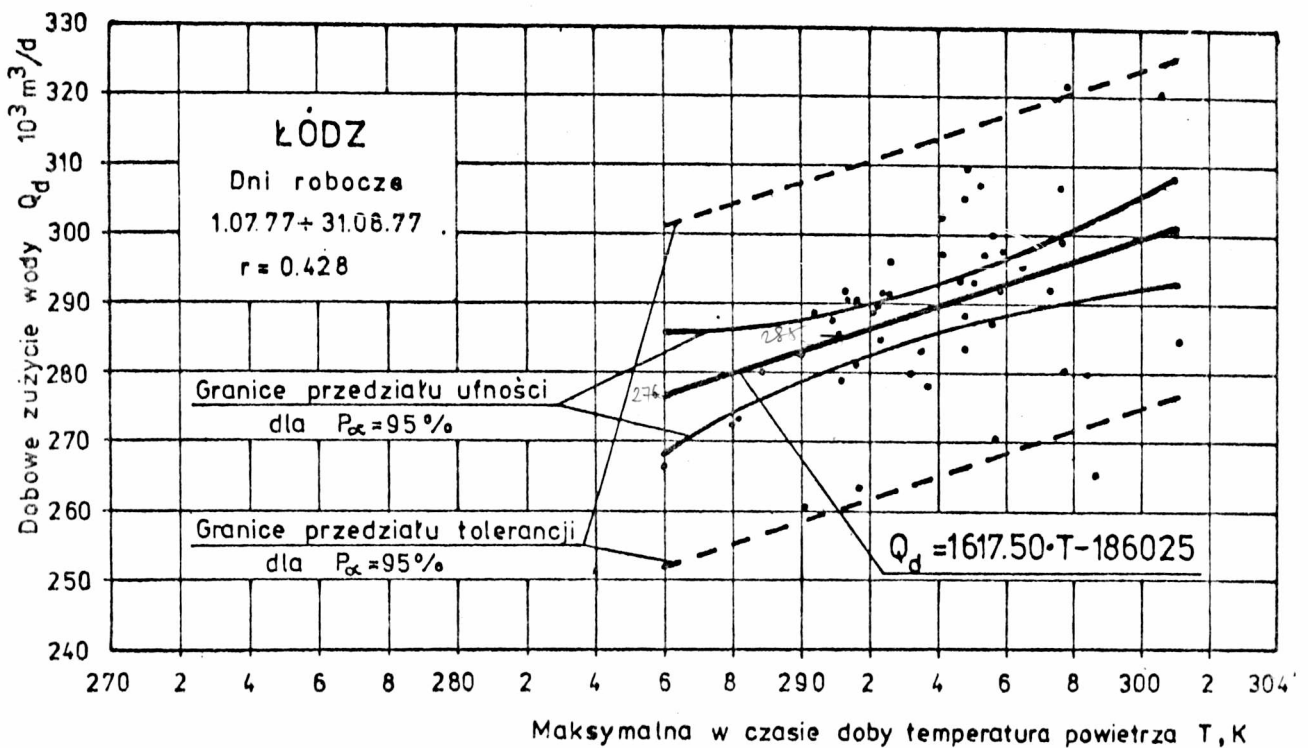
Rys. 5-43 Wykres zależności Q_d / T w Miliczu /dni wolne od pracy, 1974/75r./



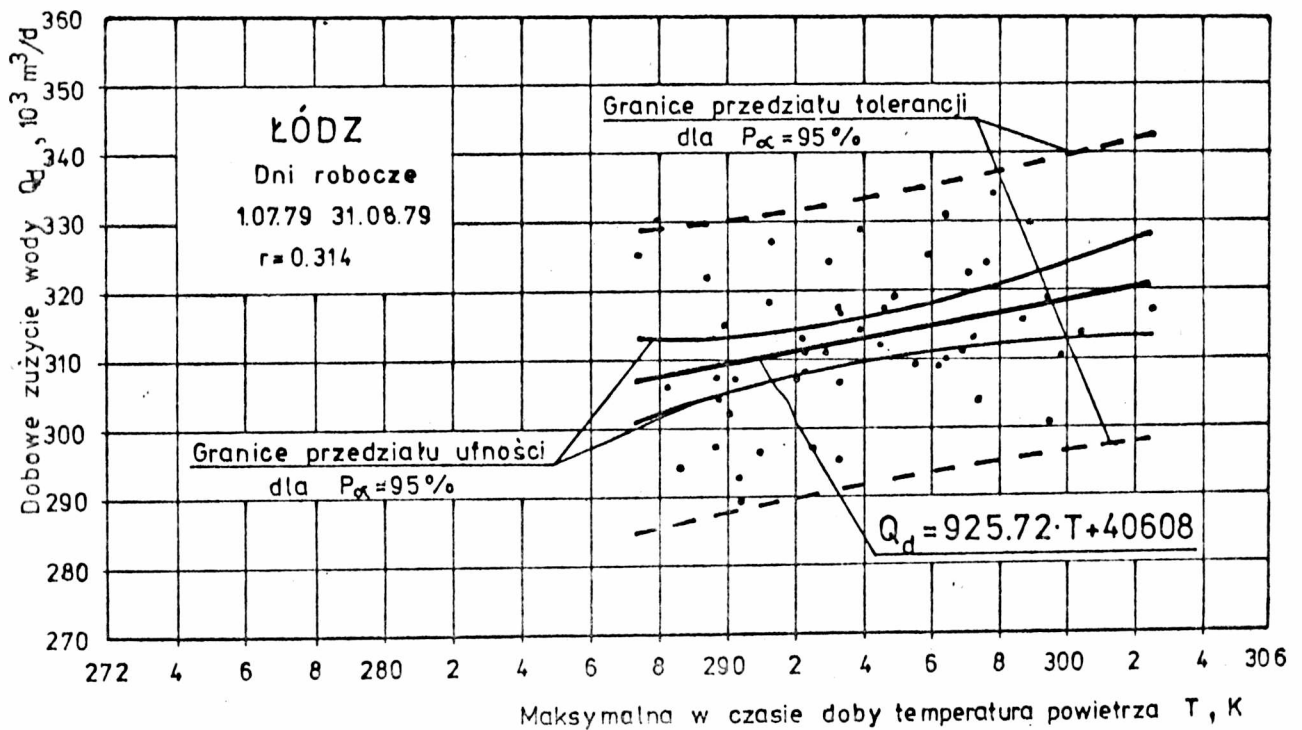
Rys. 5-44 Wykres zależności $Q_d / T /$ w Koźlu /dni robocze, 1976/77 r./



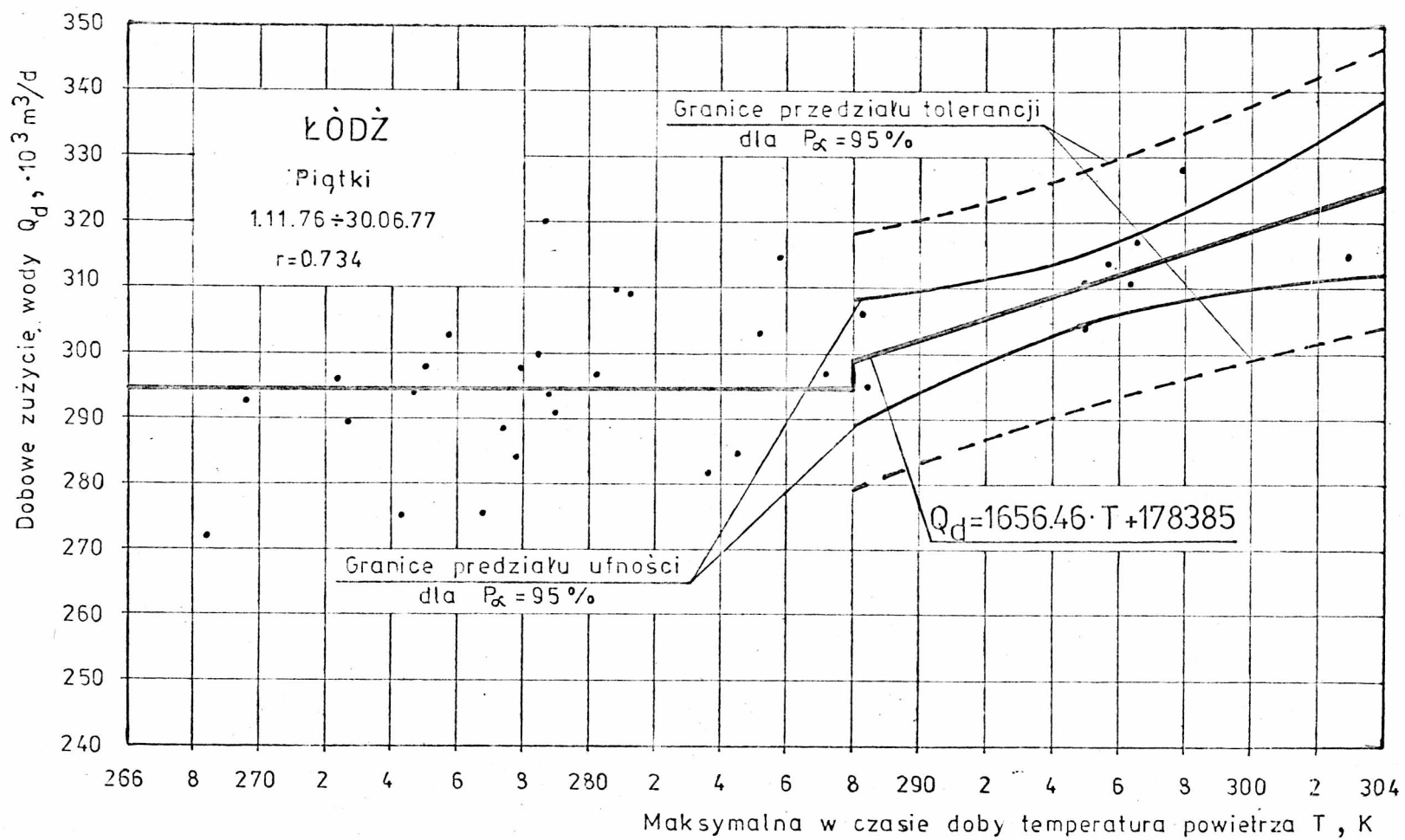
Rys. 5-45 Wykres zależności Q_d / T w Koźlu /dni wolne od pracy, 1976/77 r./



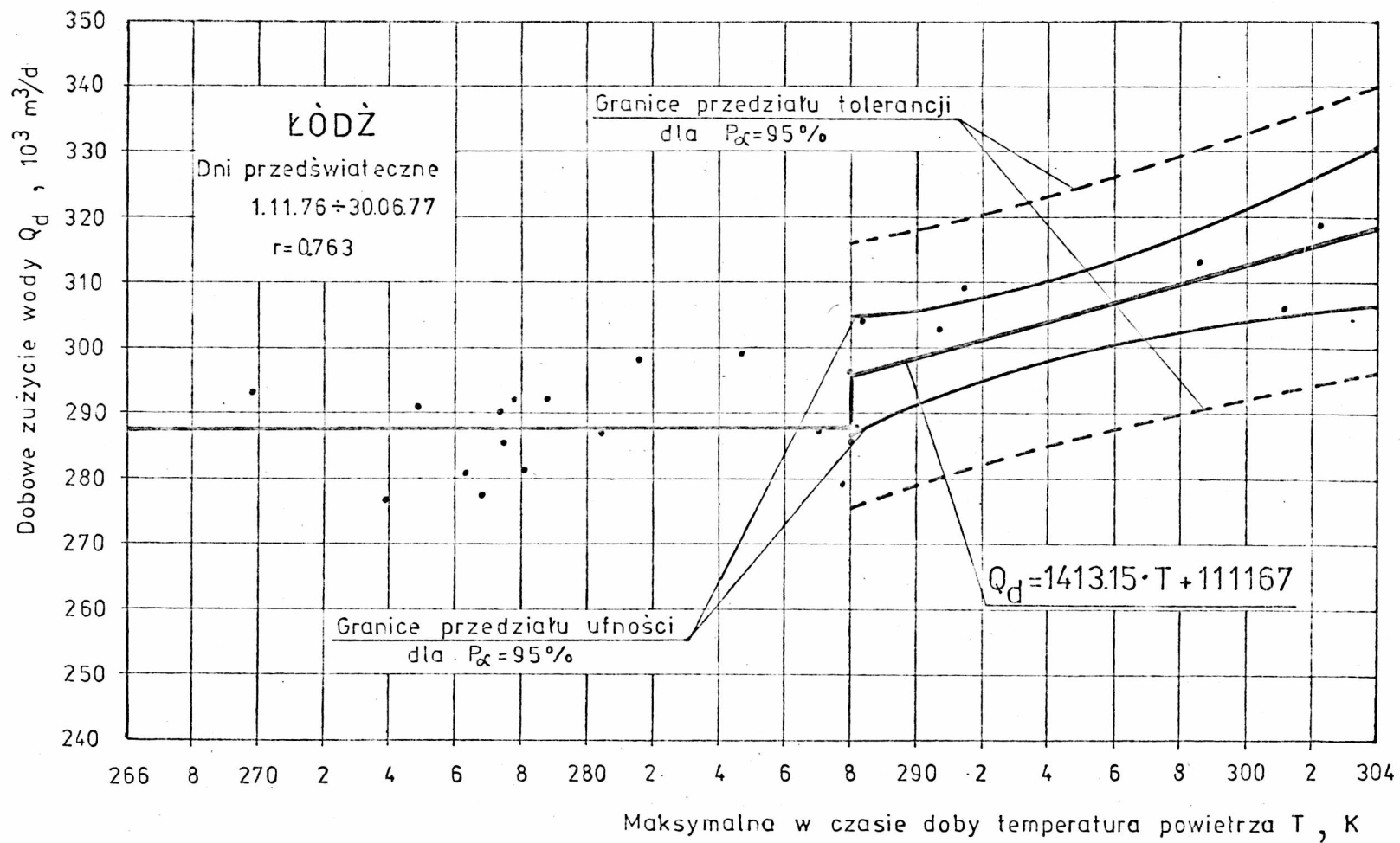
Rys. 5-46 Wykres zależności Q_d -/ T / w Łodzi /dni robocze,
1.07.77 - 31.08.77 r./



Rys. 5-47 Wykres zależności Q_d -/ T / w Łodzi / dni robocze,
1.07.79 - 31.08.79 r./



Rys. 5-48 Wykres zależności Q_d / T w Łodzi / piątki, 1.11.76 - 30.06.77r./



Rys.5-49 Wykres zależności Q_D / T w Łodzi /dni przedświąteczne, 1.11.76 - 30.06.77r./

Tabela 5-2

Wyniki obliczeń korelacji $Q_{d_j}/T/$

Miasto rok okres	Dzień tygodnia	Tempera- tura grani- czna T_{gr}	Współ- czynnik korela- cji r	Poziom- ufości α istot- ności korela- cji	Odchy- lenie standar- dowe s	Współczynniki regresji	
						A_j	B_j
-	-	K	-	-	m^3/d	-	-
1	2	3	4	5	6	7	8
Strzelce Opolskie 1972 1.01.72- 31.10.72	Poniedz.	293	0,866	0,001	72,4	-2897	23,00
	Wtorek	290	0,666	0,01	90,9	-1298	17,80
	Środa	288	0,727	0,001	79,4	-1507	16,50
	Czwartek	288	0,832	0,001	68,5	-2332	21,30
	Piątek	287	0,471	0,05	105,1	368	12,20
	Przedśw.	291	0,226	> 0,1	74,5	2532	4,90
	Wolne	289	0,740	0,001	54,3	-304	13,30
	Dni rob.	288	0,688	0,001	87,7	1257	17,60
Strzelce Opolskie 1974/75 1.11.74- 31.10.75	Poniedz.	284	0,591	0,01	237,6	-3219	31,60
	Wtorek	285	0,562	0,01	276,9	-4331	36,10
	Środa	287	0,199	> 0,1	-	-3739	34,80
	Czwartek	286	-0,117	> 0,1	334,5	-9145	-9,00
	Piątek	283	0,311	> 0,1	345,2	881	18,80
	Przedśw.	283	0,353	0,1	313,4	688	19,60
	Wolne	286	0,080	> 0,1	301,0	4197	4,90
	Dni rob.	283	0,432	0,001	338,0	-1862	27,80
Strzelce Opolskie 1976/77 1.11.76- 31.07.77	Poniedz.	284	0,568	0,05	404,7	-6988	49,30
	Wtorek	285	0,402	> 0,1	477,5	-3685	39,10
	Środa	283	0,564	0,05	470,9	-8556	55,00
	Czwartek	282	0,449	0,1	501,6	-6043	46,00
	Piątek	284	0,438	0,1	408,1	-3469	37,00
	Przedśw.	284	0,187	> 0,1	501,9	2544	17,00
	Wolne	284	0,402	0,1	485,5	-3312	35,40
	Dni rob.	283	0,464	0,001	468,7	-5657	44,70
Milicz 1974/75 1.11.74- 31.10.75	Poniedz.	284	0,618	0,02	289,2	-9250	42,20
	Wtorek	283	0,788	0,001	247,4	-11735	50,60
	Środa	284	0,433	> 0,1	365,5	-5561	30,20
	Czwartek	284	0,736	0,01	234,3	-8423	39,30
	Piątek	285	0,567	0,05	318,9	-6656	33,20
	Przedśw.	284	0,513	0,05	340,2	-6795	33,60
	Wolne	284	0,627	0,001	316,7	-11077	47,60
	Dni rob.	283	0,886	0,001	302,4	-7574	36,60

c.d. tabeli 5-2

1	2	3	4	5	6	7	8
Koźle 1976/77 1.11.76- 31.10.77	Poniedz. Wtorek Środa Czwartek Piątek Przedśw. Wolne Dni rob.	289 292 292 290 292 290 292 290	0,080 0,032 0,050 0,210 0,385 0,026 0,338 0,290	>0,1 >0,1 >0,1 >0,1 >0,1 >0,1 >0,1 0,01	325,7 264,5 398,8 257,3 274,1 322,4 285,8 309,9	3466 4596 3581 51 -6025 4917 -5773 -2630	6,54 2,84 6,94 18,30 38,90 2,30 36,90 27,50
Łódź 1976 1.07.76- 31.08.76	Poniedz. Wtorek Środa Czwartek Piątek Przedśw. Wolne Robocze	288 288 288 288 288 288 288 288	0,746 0,679 0,587 0,646 0,482 0,511 0,315 0,490	0,05 0,10 >0,1 0,1 >0,1 >0,1 >0,1 0,001	7328,9 10246,4 11635,9 10113,8 15161,6 15344,3 12541,3 11500,7	-316418 -458971 -350878 -366522 -549866 15577 -30398 -269193	1972,35 2506,81 2126,97 2190,02 2799,55 857,71 875,08 1843,41
Łódź 1976 1.09.76- 31.10.76	Poniedz. Wtorek Środa Czwartek Piątek Przedśw. Wolne Robocze	288 288 288 288 288 288 288 288	0,890 0,772 0,731 0,388 0,004 0,495 0,005 0,550	0,02 0,1 0,1 >0,1 >0,1 >0,1 >0,1 0,01	5508,7 5805,6 4892,0 7187,3 8153,5 6719,9 11568,6 6847,5	-420191 -166964 -205981 -133185 280888 -26364 233546 -148578	2384,80 1527,20 1658,39 1421,54 15,02 1060,40 25,79 1469,84
Łódź 1976/77 1.11.76- 30.06.77	Poniedz. Wtorek Środa Czwartek Piątek Przedśw. Wolne Robocze	288 288 288 288 288 288 288 288	0,935 0,889 0,795 0,937 0,734 0,763 0,383 0,685	0,01 0,01 0,02 0,01 0,02 0,02 >0,1 0,001	6443,6 6842,7 4223,0 3922,5 7407,8 7717,7 7626,6 9301,6	-762190 -614113 6333 -389289 -178385 -111167 76026 -259803	3579,60 3129,23 1039,89 2375,77 1656,46 1413,15 598,45 1923,17
Łódź 1977 1.07.77- 31.08.77	Poniedz. Wtorek Środa Czwartek Piątek Przedśw. Wolne Robocze	288 288 288 288 288 288 288 288	0,232 0,470 0,815 -0,276 0,907 0,689 0,181 0,428	>0,1 >0,1 0,01 >0,1 0,01 0,1 >0,1 0,01	13501,5 11610,3 7084,4 7344,5 5704,7 10296,5 14093,2 11667,1	64823 -113921 -401109 527332 -750022 -914814 -62682 -186026	731,08 1384,74 2359,16 -806,89 1567,96 4065,28 1028,44 1617,50
Łódź 1977 1.09.77- 31.10.77	Poniedz. Wtorek Środa Czwartek Piątek Przedśw. Wolne Robocze	288 288 288 288 288 288 288 288	-0,890 -0,827 - 0,723 - - 0,311 0,048	>0,1 >0,1 - >0,1 - - >0,1 >0,1	3659,4 1534,7 - 6738,7 - - 16813,9 9683,6	1718722 760114 - 118731 - - -74451 279454	-4815,09 -1543,85 - 1122,12 - - 1167,78 117,34

c.d. tabeli 5-2

1	2	3	4	5	6	7	8
Łódź 1977/78 1.11.77- 30.06.78	Poniedz.	286	0,219	>0,1	21181,5	-13561	1141,69
	Wtorek	286	0,564	0,1	20554,9	-445896	2659,62
	Środa	286	0,768	0,01	6753,9	-123522	1573,45
	Czwartek	286	0,512	>0,1	9216,3	-34062	1275,00
	Piątek	286	0,036	>0,1	31721,9	258442	261,24
	Przedśw.	286	0,573	0,1	8141,4	-146525	1639,28
	Wolne	286	-0,204	>0,1	18380,4	576775	-1006,08
	Robocze	286	0,342	0,02	19108,4	-158566	1677,84
Łódź 1978 1.07.78- 31.08.78	Poniedz.	286	0,537	>0,1	11505,2	-123039	1463,18
	Wtorek	286	-0,011	>0,1	14293,8	331824	-38,07
	Środa	286	0,389	>0,1	13698,2	-33253	1197,98
	Czwartek	286	0,002	>0,1	14134,8	321462	5,61
	Piątek	286	0,701	0,1	10431,0	-329606	2218,98
	Przedśw.	286	0,381	>0,1	12207,1	65518	841,97
	Wolne	286	0,047	>0,1	15934,6	208763	174,50
	Robocze	286	0,349	0,02	13253,7	-20264	1148,43
Łódź 1978 1.09.78- 30.10.78	Poniedz.	286	-0,551	>0,1	7554,9	724366	-1329,97
	Wtorek	286	0,512	>0,1	2435,7	175595	564,70
	Środa	286	0,729	0,1	6510,3	-228004	1969,92
	Czwartek	286	0,857	0,1	4483,0	-342228	2353,98
	Piątek	286	0,222	>0,1	29347,3	-1165298	5247,15
	Przedśw.	286	-0,060	>0,1	20301,6	404832	-230,55
	Wolne	286	-0,943	0,02	5463,0	1368988	3691,05
	Robocze	286	0,103	>0,1	12341,3	204158	470,59
Łódź 1978/79 1.11.78- 30.06.79	Poniedz.	286	0,526	>0,1	11642,4	-158305	1681,15
	Wtorek	288	0,566	>0,1	11818,7	-341473	2338,70
	Środa	288	0,769	0,05	10131,2	-399115	2548,82
	Czwartek	288	0,596	>0,1	24254,9	-970359	4428,59
	Piątek	288	0,290	>0,1	20289,9	-18866	1241,25
	Przedśw.	288	0,337	>0,1	16216,2	-117307	1537,46
	Wolne	288	0,467	>0,1	18030,7	-236426	1793,73
	Robocze	288	0,521	0,001	16457,5	-392670	2496,53
Łódź 1979 1.07.79- 31.08.79	Poniedz.	288	0,376	>0,1	9489,3	-100658	1380,11
	Wtorek	288	0,356	>0,1	9904,3	30615	971,97
	Środa	288	-0,392	>0,1	8152,1	514056	-684,34
	Czwartek	288	0,084	>0,1	9222,2	258079	202,52
	Piątek	288	0,562	>0,1	7810,6	-245693	1915,62
	Przedśw.	288	0,192	>0,1	9899,5	129198	604,17
	Wolne	288	0,529	0,1	9268,9	-356931	2097,11
	Robocze	288	0,314	0,02	10362,8	40608	925,72

Ogólnie można stwierdzić, że wpływ temperatury powietrza na dobowe zużycie wody jest tym większy, im wyższy jest standard sanitarnego wyposażenia mieszkań, im wyższa jest powierzchnia terenów zraszanych wodą w okresie letnim oraz im mniejsze są straty wody w wewnętrznych instalacjach budynków mieszkalnych.

Względny wpływ temperatury powietrza T na wielkość dobowego zużycia wody Q_d ilustrują wartości współczynnika τ :

$$\tau = \frac{\Delta Q_T}{Q_{T_{gr}}} \cdot 100, \quad \%/K, \quad /5-3/$$

gdzie:

ΔQ_T - przyrost zużycia wody przy zwiększeniu temperatury powietrza o 1 K ,

$Q_{T_{gr}}$ - dobowe zużycie wody przy granicznej temperaturze powietrza T_{gr} .

Wartości współczynnika τ w dniach roboczych zestawiono w tabeli 5-3. Najwyższy współczynnik τ zaobserwowano w Miliczu w 1975 roku. Wynosił on 1,31 %/K, co przy wzroście temperatury o 10 K powoduje wzrost zużycia wody o 13,1 % $Q_{T_{gr}}$.

We wszystkich rozpatrywanych obliczeniowych okresach czasu występuje wzrost zużycia wody po przekroczeniu granicznej wartości T_{gr} temperatury powietrza i jest on większy, niżby to wynikało z wartości współczynnika τ , wskutek dodatkowego zużycia wody na cele ogólnokomunalne /pionowe odcinki prostych regresji na rysunkach 5-12 do 5-49/.

Dla potrzeb prognozowania krótkoterminowego celowe jest wprowadzenie do równania 5-2 współczynnika c_{T_j} , wyznaczonego według wzoru 5-1, który przyjmuje wówczas postać:

$$Q_{d_{j_i}} = A - P_{T_{j_i}} + B \cdot T, \quad m^3/d, \quad /5-4/$$

Tabela 5-3

Wartości współczynnika τ w dniach roboczych dla dni
o temperaturze powietrza T wyższej, niż T_{gr} .

L.p.	Miasto	Rok lub okres roku	Wartości współczynnika % / K
1	2	3	4
1	Strzelce Opolskie	1972	0,461
2	Strzelce Opolskie	1975	0,463
3	Strzelce Opolskie	1977	0,640
4	Milicz	1975	1,310
5	Koźle	1977	0,515
6	Kędzierzyn	1979	0,480
7	Łódź	1.07.76-31.08.76	0,704
8	Łódź	1.09.76-31.10.76	0,535
9	Łódź	1.11.76-30.06.77	0,654
10	Łódź	1.07.77-31.08.77	0,578
11	Łódź	1.09.77-31.10.77	0,037
12	Łódź	1.11.77-30.06.78	0,522
13	Łódź	1.07.78-31.08.78	0,373
14	Łódź	1.09.78-31.10.78	0,139
15	Łódź	1.11.78-30.06.79	0,765
16	Łódź	1.07.79-31.08.79	0,301

gdzie:

$$P_{T_j} = Q_{gr \max} \cdot /1 - \frac{1}{c_{T_j}} / , \quad m^3/d , \quad /5-5/$$

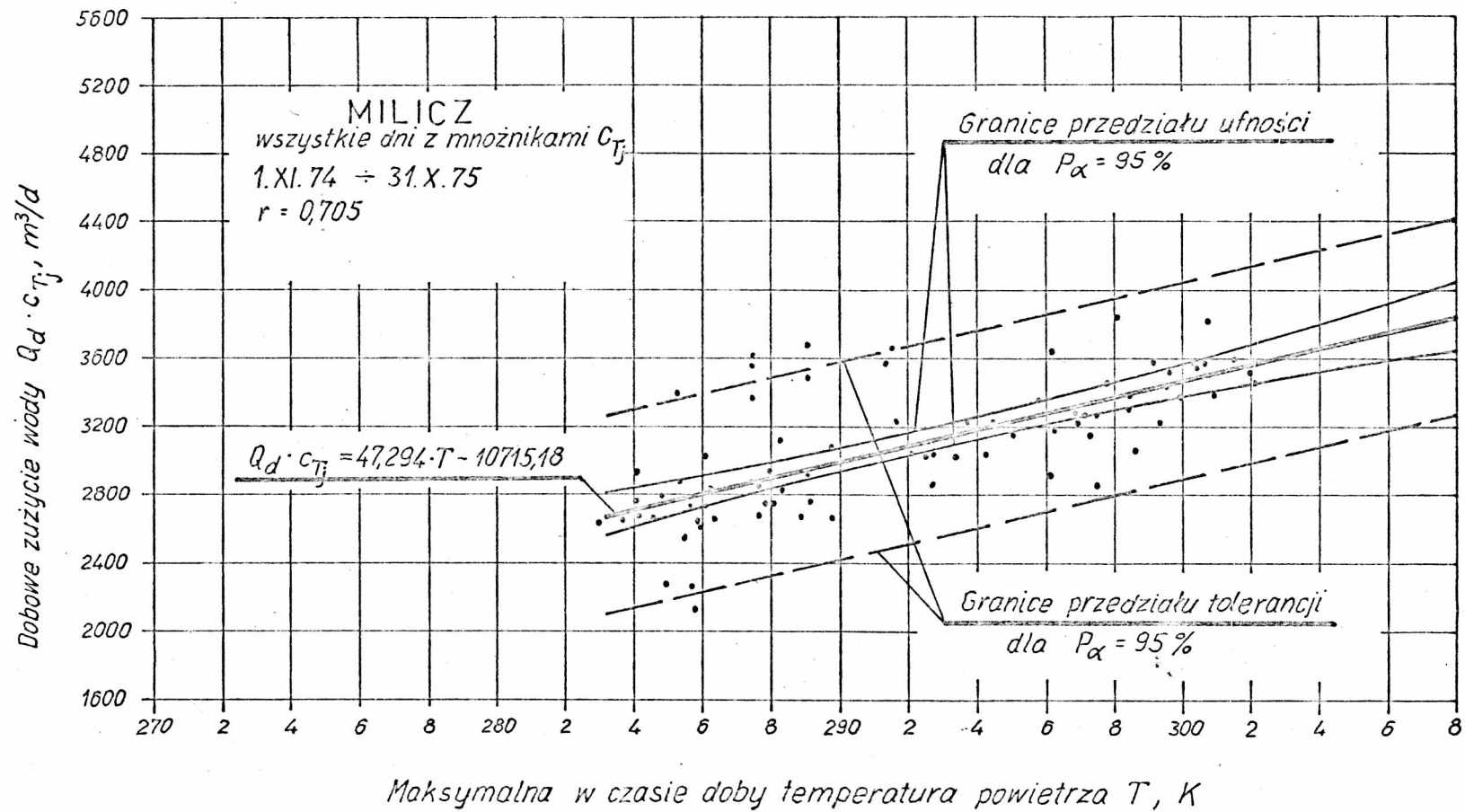
$Q_{gr \max}$ - dobowe zużycie wody w dniu tygodnia w którym
współczynnik $c_{T_j} = 1$ /przy temperaturze granicznej T_{gr} /.

Mimo dość znacznych różnic wartości współczynników kierunkowych B_j prostych regresji /tabela 5-2/, można wówczas uzyskać zmniejszenie odchylenia standardowego s i zwiększenie poziomu P_α istotności korelacji - przede wszystkim ze względu na większą liczebność zbioru danych. W praktyce wygodne jest zastąpienie wzoru 5-4 przybliżonym równaniem:

$$Q_{d_j} = /A + B \cdot T/ \cdot c_{T_j}^{-1} , \quad /5-6/$$

Przykładowy wykres funkcji wyrażonej wzorem 5-6 podano na rysunku 5-50.

Spośród pozostałych /poza temperaturą powietrza/ czynników meteorologicznych pewien wpływ na wielkość dobowego zużycia wody mają: opady atmosferyczne powodujące obniżenie zużycia wody i ciśnienie atmosferyczne - traktowane jako zmienne niezależne. Jednakże ich wpływ na dobowe zużycie wody był w Strzelcach Opolskich, Młliczu, Koźlu, Kędzierzynie i niektórych okresach obliczeniowych w Łodzi niewielki i mało istotny. Relatywny wpływ poszczególnych czynników meteorologicznych ilustrują wartości standaryzowanych /wyrażonych w jednostkach stosunku odchylenia standardowego zmiennej zależnej od odchylenia standardowego zmiennej niezależnej/ współczynników regresji wielokrotnej. Ich wartości zestawiono w tabeli 5-4 i 5-5. Dla przykładu w Strzelcach Opolskich w 1977 roku wynoszą one:



Rys. 5-50 Zależność Q_d / T dla danych sprowadzonych do dnia tygodnia o największym zużyciu wody /Milicz, 1974/75 r./

Tabela 5-4

Wyniki obliczeń korelacji $Q_{d_j}/T, H, Z_p, Z_{pp}$ w Łodzi dla dni o temperaturze powietrza T wyższej, niż T_{gr} .

Rok okres	Temperatura graniczna T_{gr} K	Liczba danych	Współczynniki regresji $Q_{d_j}/T, H, Z_p/Q_{d_j}/T, Z_p, Z_{pp}/Q_{d_j}/T, H, Z_p, Z_{pp}/$					Poziom istotności współczynników regresji $P_\alpha = 1 - \alpha$				Standaryzowane współczynniki regresji cząstkowej				Współczynnik korelacji wielokrotnej R	Poziom istot- ności korelacji $P_\alpha = 1 - \alpha$
			A	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄	B ₁	B ₂	B ₃	B ₄ ^s	B ₁ ^s	B ₂ ^s	B ₃ ^s	B ₄ ^s		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1976	288	62	-895	477,46	-725,68	0,4965	-	0,700	0,900	0,999	-	0,137	-0,209	0,483	-	0,612	0,99
1.07.76-	288	62	-981	476,15	-	0,4092	0,0834	0,700	-	0,990	0,400	0,136	-	0,398	0,084	0,582	0,99
31.08.76	288	62	-893	459,62	-704,46	0,4746	0,0406	0,700	0,900	0,990	0,200	0,131	-0,203	0,462	0,041	0,613	0,99
1976	288	38	-233	689,94	-452,17	0,2943	-	0,800	0,900	0,960	-	0,254	-0,291	0,343	-	0,572	0,99
1.09.76-	288	38	-190	736,69	-	0,2277	0,0153	0,800	-	0,800	0,700	0,272	-	0,266	0,019	0,497	0,95
30.10.76	288	38	-272	657,24	-465,90	0,2767	0,0510	0,800	0,900	0,900	0,300	0,242	-0,300	0,323	0,063	0,576	0,95
1976/77	288	57	-157865	1317,89	-681,79	0,2530	-	0,999	0,950	0,980	-	0,536	-0,221	0,269	-	0,734	0,99
1.11.76-	288	57	-162997	1373,62	-	0,2470	-0,0341	0,999	-	0,950	0,200	0,559	-	0,262	-0,034	0,701	0,99
30.06.77	288	57	-157411	1279,01	-728,25	0,2300	0,0594	0,999	0,950	0,950	0,300	0,520	-0,236	0,244	0,059	0,735	0,99
1977	288	62	-246	443,96	-237,39	0,5538	-	0,600	0,700	0,999	-	0,113	-0,142	0,540	-	0,636	0,99
1.07.77-	288	62	-675	484,28	-	0,5958	-0,0860	0,700	-	0,999	0,400	0,124	-	0,581	-0,081	0,624	0,99
31.08.77	288	62	-228	476,80	-229,85	0,5915	-0,0711	0,600	0,700	0,999	0,400	0,122	-0,138	0,576	-0,067	0,638	0,99
1977	288	21	384	613,38	-275,14	0,4316	-	0,700	0,200	0,950	-	0,271	-0,065	0,456	-	0,433	0,90
1.09.77-	288	21	224	327,58	-	0,1743	0,5204	0,500	-	0,600	0,980	0,144	-	0,184	0,564	0,643	0,95
30.10.77	288	21	261	328,06	-206,78	0,1756	0,5187	0,500	0,100	0,600	0,980	0,145	-0,048	0,186	0,562	0,646	0,95
1977/78	286	75	12027	504,23	-692,83	0,5328	-	0,700	0,800	0,999	-	0,106	-0,131	0,570	-	0,614	0,99
1.11.77-	286	75	294	666,21	-	0,6005	-0,1759	0,800	-	0,999	0,900	0,141	-	0,643	-0,166	0,622	0,99
30.06.78	286	75	6108	634,08	-603,67	0,5999	-0,1622	0,800	0,700	0,999	0,500	0,134	-0,114	0,642	-0,172	0,632	0,99

c.d. tabeli 5-4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1978	286	62	-79246	679,73	45,68	0,6226	-	0,950	0,100	0,999	-	0,206	0,016	0,631	-	0,701	0,99
1.07.78-	286	62	-90283	697,91	-	0,5793	0,0615	0,950	-	0,999	0,300	0,212	-	0,587	0,062	0,703	0,99
31.08.78	286	62	-93357	707,41	40,82	0,5806	0,0608	0,950	0,100	0,999	0,300	0,214	0,015	0,589	0,061	0,703	0,99
1978	286	34	1026	1156,41	-141,59	0,0350	-	0,700	0,100	0,100	-	0,252	-0,048	0,035	-	0,013	0,90
1.09.78-	286	34	847	907,49	-	-0,0041	0,2467	0,600	-	0,100	0,700	0,198	-	-0,004	0,197	0,100	0,90
30.10.78	286	34	831	911,74	-99,11	-0,0039	0,2435	0,600	0,100	0,100	0,600	0,199	-0,034	-0,004	0,194	0,101	0,90
1978/79	288	55	-2259	662,54	-1345,84	0,4446	-	0,600	0,900	0,990	-	0,131	-0,249	0,436	-	0,569	0,99
1.11.78-	288	55	-2517	873,61	-	0,4290	-0,1864	0,700	-	0,999	0,700	0,173	-	0,421	-0,169	0,540	0,99
30.06.79	288	55	-2401	769,03	-1303,11	0,5073	-0,1533	0,800	0,900	0,990	0,700	0,153	-0,241	0,498	-0,154	0,584	0,99
1979	288	62	600	600,94	-407,97	0,4423	-	0,800	0,900	0,999	-	0,160	-0,206	0,446	-	0,489	0,99
1.07.79-	288	62	1067	774,08	-	0,5295	-0,2519	0,900	-	0,999	0,950	0,206	-	0,534	-0,269	0,507	0,99
31.08.79	288	62	936	737,55	-405,04	0,5657	-0,2506	0,900	0,900	0,999	0,950	0,196	-0,205	0,571	-0,268	0,545	0,99

Tabela 5-5

Wyniki obliczeń korelacji $Q_{d_j}/T, H, Z_p, Z_{pp}$ w Miliczu, Strzelcach Opolskich i Koźlu dla dni o temperaturze powietrza T wyższej, niż T_{gr} .

Miasto rok okres	Temperatura graniczna T_{gr} K	Liczba danych	Współczynniki regresji równań $Q_{d_j}/T, H, Z_p/Q_{d_j}/T, H, Z_{pp}/Q_{d_j}/T, H, Z_p, Z_{pp}/$					Poziom istotności współczynników regresji $P_\alpha = 1 - \alpha$				Standaryzowane współczynniki regresji cząstkowej				Współczynnik korelacji wielokrotnej R	Poziom istotności korelacji $P_\alpha = 1 - \alpha$
			A'	B'_1	B'_2	B'_3	B'_4	B'_1	B'_2	B'_3	B'_4	B_1^s	B_2^s	B_3^s	B_4^s		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Milicz																	
1974/75	283,0	78	-1940	8,46	-2,28	0,835	-	0,950	0,5	0,999	-	0,126	-0,01	0,836	-	0,927	0,99
1.11.74-	283,0	78	-5525	23,84	-2,23	-	0,542	0,999	0,5	-	0,999	0,355	-0,01	-	0,613	0,866	0,99
31.10.75	283,0	78	-1980	8,52	-3,32	0,70	0,144	0,950	0,5	0,999	0,950	0,127	-0,02	0,701	0,163	0,931	0,99
Strzelce Opolskie																	
1972	288,0	141	-1366	15,03	-1,39	0,242	-	0,999	0,5	0,999	-	0,543	-0,06	0,244	-	0,719	0,99
1.01.72-	288,0	141	-1719	17,10	-1,48	-	0,179	0,999	0,8	-	0,995	0,617	-0,07	-	0,185	0,711	0,99
31.10.72	288,0	141	-1509	14,83	-1,62	0,186	0,106	0,999	0,8	0,950	0,500	0,535	-0,08	0,188	0,110	0,725	0,99
Strzelce Opolskie																	
1974/75	283,0	112	-1449	8,57	-5,08	0,836	-	0,980	0,9	0,999	-	0,126	-0,08	0,821	-	0,878	0,99
1.11.74-	283,0	112	-1511	9,52	-4,48	-	0,800	0,980	0,5	-	0,999	0,140	-0,07	-	0,756	0,823	0,99
31.10.75	283,0	112	-1468	7,81	-4,81	0,662	0,211	0,980	0,9	0,999	0,950	0,115	-0,08	0,651	0,200	0,883	0,99
Strzelce Opolskie																	
1976/77	283,0	89	-1830	10,82	-0,85	0,826	-	0,950	0,5	0,999	-	0,116	-0,01	0,832	-	0,871	0,99
1.11.76-	283,0	89	-2911	17,15	0,04	-	0,725	0,999	0,5	-	0,999	0,184	0,05	-	0,716	0,804	0,99
31.07.77	283,0	89	-2066	11,04	-1,08	0,695	0,155	0,950	0,5	0,999	0,800	0,119	-0,01	0,700	0,153	0,874	0,99
Koźle																	
1976/77	290,0	124	-1552	10,85	-1,10	0,703	-	0,900	0,8	0,999	-	0,112	-0,08	0,704	-	0,736	0,99
1.11.76-	290,0	124	-2647	16,26	-2,22	-	0,612	0,950	0,5	-	0,999	0,168	-0,05	-	0,622	0,670	0,99
31.10.77	290,0	124	-1926	10,98	-3,79	0,521	0,243	0,900	0,5	0,999	0,999	0,114	-0,08	0,522	0,247	0,754	0,99

- dla temperatury powietrza T : $B_1^S = 0,1162$,
 - dla dobowej wysokości opadów atmosferycznych H : $B_2^S = -0,009$.
- Zatem wpływ opadów atmosferycznych na dobowe zużycie wody jest w tym mieście ca 13 razy mniejszy, niż wpływ temperatury powietrza. W Łodzi natomiast wpływ opadów był większy, szczególnie w okresach wiosennych, tj. od 1.11 do 30.06 następnego roku. Ponadto w kilku okresach obliczeniowych był on większy, niż wpływ temperatury powietrza. W okresie od 1.11.78r do 30.06.79r standaryzowane współczynniki regresji wynosiły:
- dla temperatury powietrza T : $B_1^S = 0,131$,
 - dla dobowej wysokości opadów atmosferycznych H : $B_2^S = -0,249$,
- co oznacza, że wpływ opadów atmosferycznych był około 2 razy większy, niż wpływ temperatury powietrza.

5.3. Zasady krótkoterminowego prognozowania dobowego zapotrzebowania na wodę.

Do krótkoterminowego /obejmującego okres czasu od 1 do 3 dni/ prognozowania dobowego zapotrzebowania na wodę wykorzystano równania regresji wielokrotnej, ujmującej wpływ najbardziej istotnych czynników kształtujących zmienność tego zapotrzebowania w czasie roku.

Do tych czynników należy zaliczyć:

- tygodniową cykliczność zużycia wody, którą można uwzględnić przez wprowadzenie współczynników c_{T_j} /równanie 5-1/, transponujących zużycie wody w dniu tygodnia o określonej nazwie na dobowe zużycie maksymalne w czasie tygodnia. Wartości współczynników c_{T_j} mogą być wyznaczone na podstawie analizy wyników obserwacji zużycia wody w pierwszym miesiącu roku kalendarzowego,

- maksymalną w czasie doby temperaturą powietrza T , która może być uzyskana z wyprzedzeniem 1 do 3 dni z komunikatów IMGW,
- dobową wysokość opadów atmosferycznych H , która może mieć wpływ na zmienność dobowego zużycia wody w okresie letnim.

Równania regresji wielokrotnej uwzględniające wyłącznie wpływ na dobowe zużycie wody dnia tygodnia i czynników meteorologicznych charakteryzują się w niektórych miastach i latach relatywnie dużym odchyleniem standardowym, wobec czego granice przedziałów ufności i tolerancji korelacji są dość szerokie. Równocześnie analiza obserwacji dobowego zużycia wody wykazała, że występuje istotna /na poziomie istotności P_{α} wyższym niż 0,95/ korelacja między dobowym zużyciem wody Q_d , a zużyciem w dniu poprzednim Z_p i sprzed dwóch dni Z_{pp} [46]. Przykładowe wyniki obliczeń dla Milicza przedstawiono na rysunkach 5-51 do 5-52.

Stwarza to możliwość uwzględnienia zmiennych Z_p i Z_{pp} w równaniach regresji wielokrotnej. Przyjmują one wówczas postać [46]:

a/ dla dni o temperaturze powietrza równej lub wyższej od temperatury granicznej T_{gr} / $T \geq T_{gr}$ / :

$$Q_{d_j} = A - P_{T_j} + B_1 \cdot T + B_2 \cdot H + B_3 \cdot Z_p + P_{T_{j-1}} + B_4 \cdot Z_{pp} + P_{T_{j-2}} \quad , \quad m^3/d \quad , \quad /5-7/$$

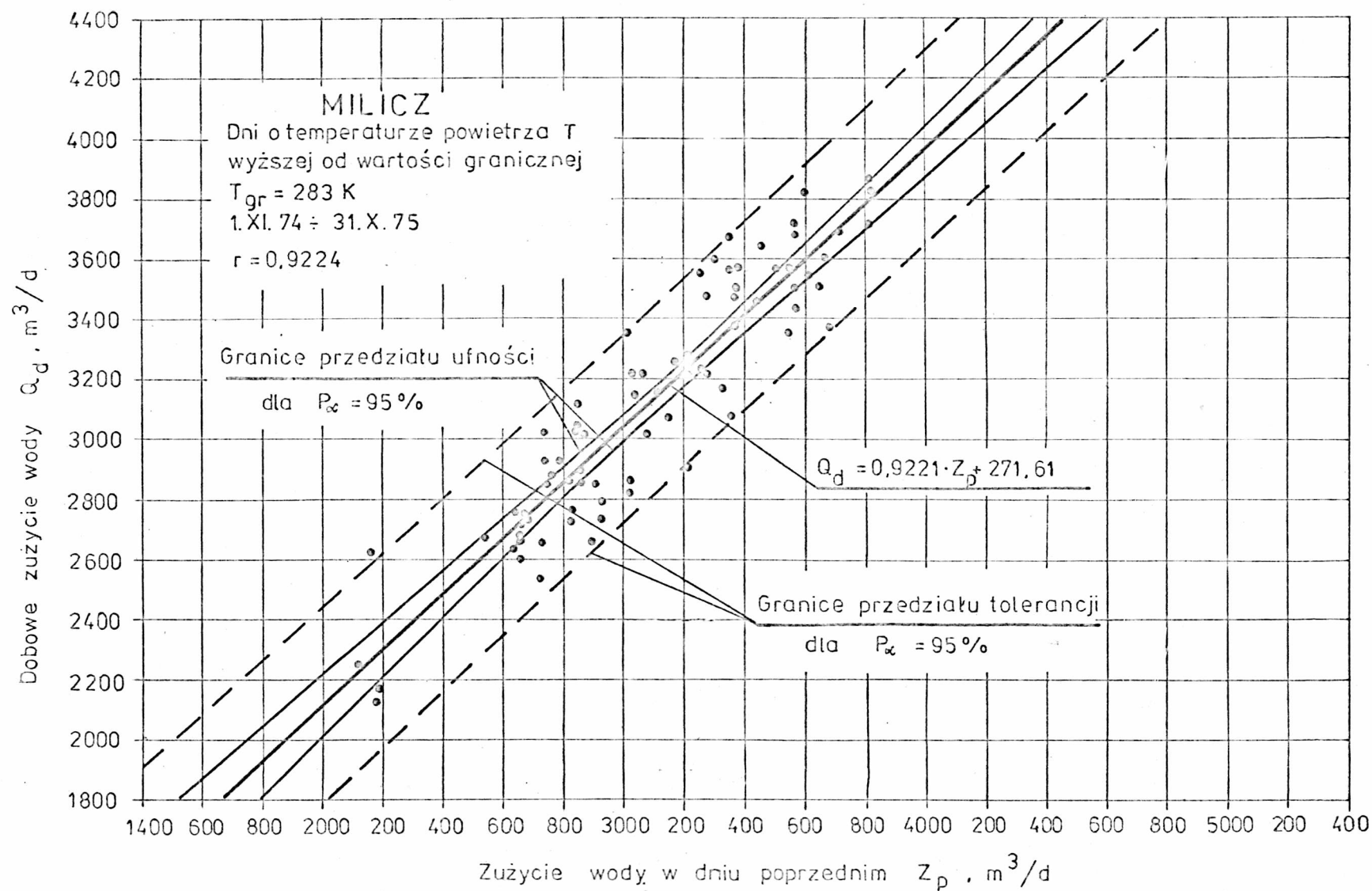
b/ dla pozostałych dni w roku / $T < T_{gr}$ / :

$$Q_{d_j} = A^0 - P_{T_j}^0 + B_3^0 \cdot Z_p + P_{T_{j-1}}^0 + B_4^0 \cdot Z_{pp} + P_{T_{j-2}}^0 \quad , \quad /5-8/$$

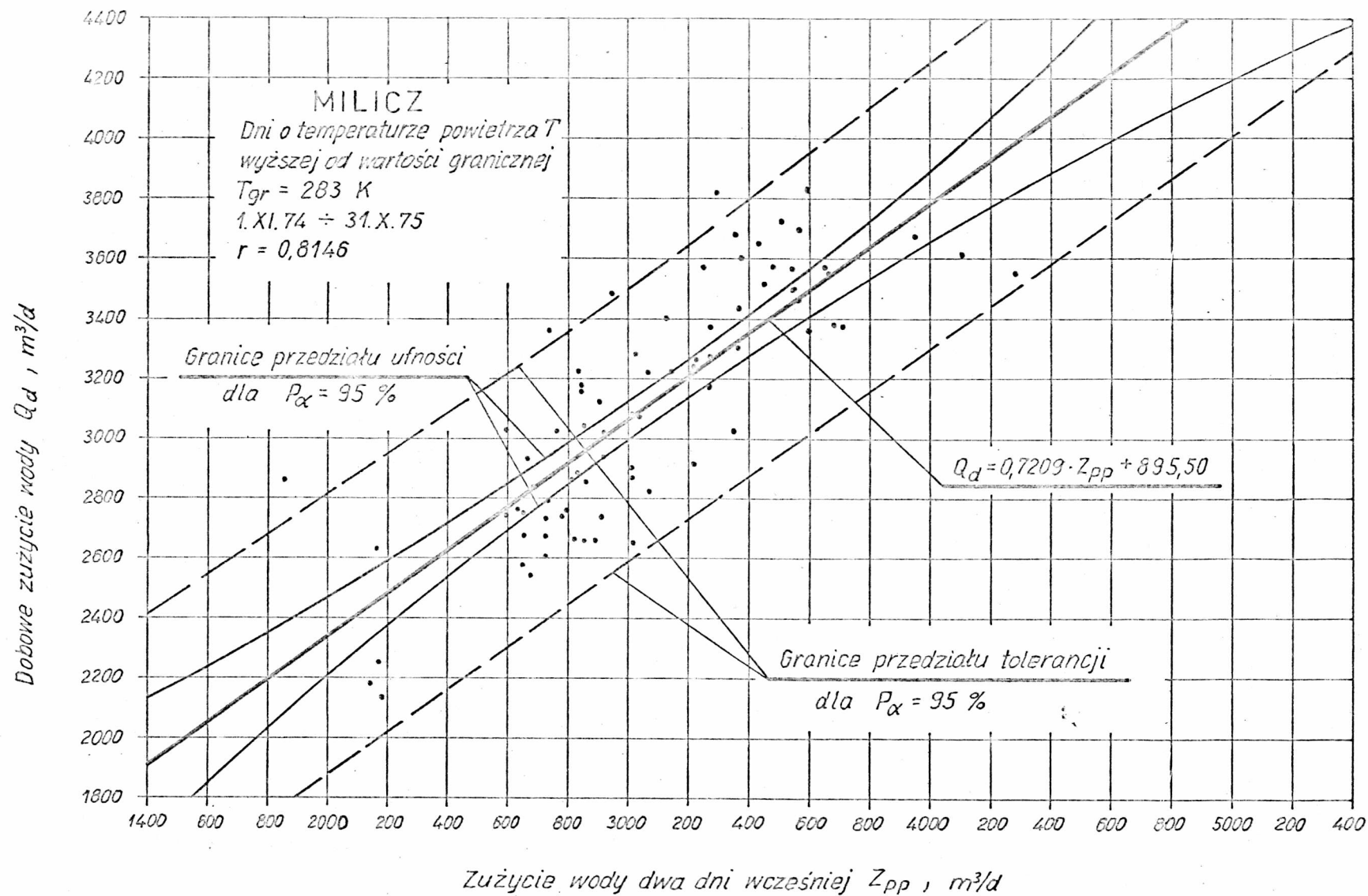
$m^3/d,$

gdzie:

$$P_{T_j}^0 = Q_{st \max} \cdot \left(1 - \frac{1}{c_{T_j}}\right) \quad , \quad m^3/d, \quad /5-9/$$



Rys. 5-51 Wykres zależności $Q_d / T/$, Milicz , 1974/75r.



Rys. 5-52 Wykres zależności Q_d / Z_{pp} , Milicz, 1974/75 r.

$Q_{st \max}$ - dobowe zużycie wody w styczniu dla dni,
w których $c_{T_j} = 1,0$.

W praktyce wygodne jest zastąpienie równań 5-7 i 5-8 przybliżonymi równaniami [46]:

$$Q_{d_j} = /A' + B'_1 \cdot T + B'_2 \cdot H + B'_3 \cdot Z_p \cdot c_{T_{j-1}} + B'_4 \cdot Z_{pp} \cdot c_{T_{j-2}} / \cdot c_{T_j}^{-1}, \quad /5-7a/$$

m^3/d ,

$$Q_{d_j} = /A^0 + B^0_3 \cdot Z_p \cdot c_{T_{j-1}} + B^0_4 \cdot Z_{pp} \cdot c_{T_{j-2}} / \cdot c_{T_j}^{-1}, \quad m^3/d, \quad /5-8a/$$

Celowość uwzględnienia w równaniach /5-7/ i /5-7a/ dobowej wysokości opadów atmosferycznych H winna być analizowana dla każdego miasta indywidualnie.

Liczbowe wartości współczynników regresji w równaniu /5-7/, oraz wyniki analizy wariancji dla miasta Łodzi zestawiono w tabeli 5-4, dla pozostałych miast: w tabeli 5-5. Współczynniki regresji równania /5-8/ zestawiono w tabeli 5-6.

Zmienne Z_p i Z_{pp} są wzajemnie skorelowane, dlatego współczynniki wielokrotnej korelacji liniowej $Q_d/T, H, Z_p, Z_{pp}/$ nie są znacznie wyższe od współczynników korelacji $Q_d/T, H, Z_p/$ i $Q_d/T, H, Z_{pp}/$ [46]. Względny wpływ zmiennych Z_p i Z_{pp} na wielkość dobowego zużycia wody charakteryzowany wartościami standaryzowanymi współczynników regresji cząstkowej B^s , jest w okresie letnim tym mniejszy, im wyższa jest istotność korelacji $Q_d/T/$ i im mniejsze jest odchylenie standardowe s , np. relatywnie niskie wartości standaryzowanych współczynników regresji cząstkowej B^s_3 i B^s_4 w porównaniu z wartością współczynnika B^s_1 stwierdzono w Łodzi w okresie 1.11.76 - 30.06.77r./tabela 5-4/, oraz w Strzelcach Opolskich w 1972 r./tabela 5-5/. W obu przypadkach istotność korelacji $Q_d/T/$ była wysoka, a współczynnik zmienności $c = s/Q_d \text{ śr}$ - niski.

Tabela 5-6

Wyniki obliczeń $Q_{dj} / Z_p, Z_{pp}$ w Łodzi i Strzelcach Opolskich dla dni o temperaturze powietrza T niższej, niż T_{gr} .

Miasto rok okres czasu	Temperatura graniczna T_{gr} K	Liczba danych	Współczynniki regresji równania $Q_{dj} / Z_p, Z_{pp} /$			Poziom istotności współczynników regresji $P_\alpha = 1 - \alpha$		Standaryzowane współczynniki regresji cząstkowej		Współczynnik regresji wielokrotnej R	Poziom istotności korelacji $P_\alpha = 1 - \alpha$
			A^o	B_3^o	B_4^o	B_3^o	B_4^o	B_3^s	B_4^s		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Łódź 1976 1.09.76 - 31.10.76	288	23	2370	0,1489	0,8712	0,100	0,700	0,054	0,264	0,071	0,90
Łódź 1976/77 1.11.76 - 30.06.77	288	185	193979	0,0700	0,2634	0,900	0,999	0,128	0,274	0,337	0,99
Łódź 1977 1.09.77 - 31.10.77	288	40	76395	0,4721	0,2797	0,990	0,800	0,426	0,255	0,599	0,99
Łódź 1977/78 1.11.77 - 30.06.78	286	166	218756	0,2732	0,0565	0,999	0,500	0,304	0,064	0,334	0,99
Łódź 1978 1.09.78 - 31.10.78	286	27	371367	-0,1278	0,0242	0,400	0,100	-0,128	0,031	0,138	0,90
Łódź 1978/79 1.11.78 - 30.06.79	288	184	168909	0,4678	0,0353	0,999	0,400	0,469	0,385	0,488	0,99
Strzelce Opolskie 1974/75 1.11.74 - 31.10.75	283	84	659	0,4014	0,4844	0,999	0,999	0,410	0,484	0,842	0,99

Niemniej jednak wyniki analizy wariancji dowodzą, że uwzględnienie w równaniach regresji zmiennych Z_p i Z_{pp} powoduje zwiększenie poziomu istotności korelacji P_α oraz zmniejszenie średniego odchylenia standardowego s .

5.4. Przykłady krótkoterminowej prognozy dobowego zapotrzebowania na wodę.

Poprzednio podane równania regresji wielokrotnej, dla potrzeb krótkoterminowego prognozowania, przyjmują postać [46]:

a/ dla dni o maksymalnej temperaturze powietrza równej lub wyższej od temperatury granicznej $/T \geq T_{gr}/$:

$$\begin{aligned} \tilde{Q}_{d_j} = & P_{R_j} - P_{T_j} + A + B_1 \cdot T + B_2 \cdot H + B_3 \cdot /Z_p - P_{R_{j-1}} + P_{T_{j-1}}/ + \\ & + B_4 \cdot /Z_{pp} - P_{R_{j-2}} + P_{T_{j-2}}/ , \quad m^3/d , \quad /5-10/ \end{aligned}$$

gdzie:

$$P_{R_j} = \frac{Q_{gr \max}}{c_{T_j}} \cdot /c_R - 1/ , \quad m^3/d , \quad /5-11/$$

lub w przybliżeniu:

$$\begin{aligned} \tilde{Q}_{d_j} = & /A' + B'_1 \cdot T + B'_2 \cdot H + B'_3 \cdot Z_p \cdot c_{T_{j-1}} \cdot c_R^{-1} + \\ & + B'_4 \cdot Z_{pp} \cdot c_{T_{j-2}} \cdot c_R^{-1} / \cdot \frac{c_R}{c_{T_j}} , \quad m^3/d , \quad /5-10a/ \end{aligned}$$

b/ dla pozostałych dni w roku $/T < T_{gr}/$:

$$\begin{aligned} \tilde{Q}_{d_j} = & P_{R_j} - P_{T_j} + A^0 + B_3^0 \cdot /Z_p - P_{R_{j-1}} + P_{T_{j-1}}/ + \\ & + B_4^0 \cdot /Z_{pp} - P_{R_{j-2}} + P_{T_{j-2}}/ , \quad m^3/d \quad /5-12/ \end{aligned}$$

lub w przybliżeniu:

$$\tilde{Q}_{d_j} = /A^0 + B_3^0 \cdot Z_p \cdot \frac{c_{Tj-1}}{c_R} + B_4^0 \cdot Z_{pp} \cdot \frac{c_{Tj-2}}{c_R} / \cdot \frac{c_R}{c_{Tj}}, \text{ m}^3/\text{d}, \quad /5-12a/$$

gdzie:

c_R - współczynnik uwzględniający zwiększenie zużycia wody w porównaniu z rokiem poprzednim,

$$c_R = \frac{Q_{st}}{Q'_{st}}, \quad /5-13/$$

Q_{st} - średnie dobowe zużycie wody w styczniu, m^3/d ,

Q'_{st} - średnie dobowe zużycie wody w styczniu poprzedniego roku, m^3/d .

Współczynnik c_R obliczono analizując wartości dobowego zapotrzebowania na wodę w styczniu, w celu wyeliminowania wpływu warunków atmosferycznych. Przykładowe wyniki obliczeń współczynnika c_R dla miasta Łodzi zamieszczono w tabeli 5-7.

Wyeliminowano także wpływ tygodniowego cyklu zużycia wody na wartość współczynnika c_R , poprzez przeliczenie dobowego zużycia wody w dniu tygodnia o określonej nazwie na dobowe zużycie maksymalne w czasie tygodnia /dodając poprawkę P_{Tj} /.

W dalszym ciągu podano przykład krótkoterminowej prognozy zużycia wody:

- w Łodzi dla lat hydrologicznych 1977/78 oraz 1978/79 - na podstawie analizy wyników obserwacji z lat poprzednich i w styczniu roku w którym będzie dokonana prognoza,
- w Strzelcach Opolskich dla roku 1976/77 - na podstawie analizy obserwacji zużycia wody w 1975 roku i w styczniu 1977 roku /w 1976 r nie prowadzono pomiarów dobowego zużycia wody z uwagi na brak pokrycia potrzeb wodnych odbiorców/

Tabela 5-7

Przykład obłożenia współczynnika σ_R dla Łodzi.

Dzień m-ca	styczeń, 1977 rok			styczeń, 1978 rok		
	Dzień tygodnia	Q_{d_j} m^3/d	$Q_{d_j} + P_{T_j}$ m^3/d	Dzień tygodnia	Q_{d_j} m^3/d	$Q_{d_j} + P_{T_j}$ m^3/d
1	2	3	4	5	6	7
1	święto	227413	273008	święto	260996	314581
2	niedziela	229720	275315	poniedziałek	315429	327046
3	poniedziałek	277470	288652	wtorek	324155	328005
4	wtorek	289652	291386	środa	321746	326873
5	środa	289383	289383	czwartek	319921	321863
6	czwartek	288382	288672	piątek	321607	321607
7	piątek	289560	289850	sobota	292336	300896
8	sobota	264473	310068	niedziela	256515	310099
9	niedziela	240289	285894	poniedziałek	312826	324443
10	poniedziałek	277792	288973	wtorek	324194	328055
11	wtorek	285390	287124	środa	315557	320684
12	środa	289821	289821	czwartek	323558	325500
13	czwartek	294018	294308	piątek	324297	324297
14	piątek	294147	294437	sobota	311129	319689
15	sobota	291046	292779	niedziela	275054	328639
16	niedziela	247159	292754	poniedziałek	313347	324964
17	poniedziałek	280292	291473	wtorek	322406	326267
18	wtorek	292280	294014	środa	321687	326814
19	środa	288930	288930	czwartek	324115	326057
20	czwartek	288491	288781	piątek	328399	328399
21	piątek	284427	284717	sobota	314208	322768
22	sobota	285922	287655	niedziela	268983	322568
23	niedziela	249501	295096	poniedziałek	317349	328966
24	poniedziałek	279006	290188	wtorek	317801	321662
25	wtorek	288706	290440	środa	322953	328080
26	środa	294784	298784	czwartek	327427	329369
27	czwartek	290222	290518	piątek	328047	328047
28	piątek	293990	294280	sobota	325623	334183
29	sobota	289994	291728	niedziela	277674	331259
30	niedziela	257964	303559	poniedziałek	310912	322529
31	poniedziałek	282736	293918	wtorek	320293	324154
$/ Q_{d_j} + P_{T_j} / = 9016495$				$/ Q_{d_j} + P_{T_j} / = 10048363$		
$Q_{sr\ st.} = 290855$				$Q_{sr\ st.} = 324181$		
$c_R = 1,1144$						

Równanie regresji dla potrzeb krótkoterminowego prognozowania dla Łodzi w okresie 1.11.77 - 30.06.78 ma postać :

- dla dni tygodnia o temperaturze powietrza większej od temperatury granicznej:

$$\begin{aligned} \tilde{Q}_{d_j} = P_{R_j} - P_{T_j} = & 157411 + 1279,0 \cdot T - 728,2 \cdot H + \\ & + 0,2300 \cdot /Z_p - P_{R_{j-1}} + P_{T_{j-1}} / + 0,0594 \cdot /Z_{pp} - P_{R_{j-2}} + P_{T_{j-2}} / , \\ & \text{m}^3/\text{d} , \quad /5-14/ \end{aligned}$$

- dla dni o temperaturze powietrza mniejszej od temperatury granicznej:

$$\begin{aligned} \tilde{Q}_{d_j} = P_{R_j} - P_{T_j} + & 76394 + 0,47207 \cdot /Z_p - P_{R_{j-1}} + P_{T_{j-1}} / + \\ & + 0,27975 \cdot /Z_{pp} - P_{R_{j-2}} + P_{T_{j-2}} / , \quad \text{m}^3/\text{d} , \quad /5-15/ \end{aligned}$$

Wyniki obliczeń prognozowanych i zaobserwowanych wartości dobowego zużycia wody zamieszczono w tabeli 5-8 i na rysunku 5-53.

Średnie względne błędy oceny dobowego zużycia wody dla Łodzi wynoszą od + 3,75 % do - 2,56 % /tabela 5-9/. Rozkład błędów prognozy przedstawiono na rysunkach 5-54 do 5-55. W roku 1977/78 tylko w 25 dniach na 344, wielkość błędu przekracza 5 %, natomiast w roku 1978/79 ilość dni w których stwierdzono błąd prognozy większy od 5 % wynosiła 39 na 286 wielkości prognozowane.

Ilość dni w których błąd przekraczał 5 % byłaby znacznie mniejsza, gdyby wszystkie awarie wodociągu i ograniczenia w dostawie energii elektrycznej były notowane przez obsługę pompowni, a uwagi wykorzystane do korekty wielkości zapotrzebowania na wodę.

Dla Strzelc Opolskich dokonano prognozy zapotrzebowania na wodę według wzoru uproszczonego /5-10a/ i wzoru /5-12/. Równania regresji dla potrzeb krótkoterminowego prognozowania przyjmują

Tabela 5-8

Wyniki obliczeń prognozowanych $\tilde{Q}_d$ i zaobserwowanych Q_d wartości dobowego zużycia wody w Łodzi w roku 1977/78.

L. p.	Data	Tempera- tura T	Opad atmosfe- ryczny H	Z_p	Z_{pp}	Q_d	$\tilde{Q}_d$	$\frac{\tilde{Q}_d - Q_d}{Q_d} \cdot 100$
		K	mm	m^3/d				%
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Okres jesienno - zimowy 1.11.77 - 30.04.78 r.								
1.	2.11.77	281,2	2,0	245686	251735	303752	316346	4,146
2.	3.11.77	281,6	3,3	303752	245686	313708	318065	1,389
3.	4.11.77	285,9	2,6	313708	303752	321802	322098	0,092
4.	5.11.77	283,3	0,0	321802	313708	313861	315217	0,432
5.	6.11.77	285,6	0,0	313861	321802	278941	267207	-4,206
6.	7.11.77	286,0	0,0	278941	313861	317531	319783	0,709
7.	8.11.77	285,6	2,4	317531	278945	326576	329059	0,76
8.	9.11.77	289,2	6,9	326576	317531	324933	324588	-0,106
9.	10.11.77	282,7	0,2	324933	326576	321022	328478	2,323
10.	11.11.77	287,6	0,0	321022	324933	331367	331635	0,081
11.	12.11.77	288,4	10,7	331367	321022	318860	316522	-0,733
12.	13.11.77	280,1	0,0	318860	331367	271663	270911	-0,277
13.	14.11.77	278,8	1,9	271663	318860	305370	316877	3,768
14.	15.11.77	281,0	0,0	305370	271663	325231	325650	0,129
15.	16.11.77	279,7	0,0	325231	305370	321930	320449	-0,460
16.	17.11.77	278,6	0,0	321930	325231	328900	327794	-0,336
17.	18.11.77	276,3	1,2	328900	321930	327181	329540	0,721
18.	19.11.77	277,4	2,7	327181	328900	288694	270719	-6,736
19.	20.11.77	278,1	0,0	288694	327181	272271	270863	-0,517
20.	21.11.77	278,6	0,0	272271	288694	310789	323936	4,230
21.	22.11.77	279,4	0,1	310789	272271	332361	326246	-1,840
22.	23.11.77	271,1	0,8	332361	310789	324069	322852	-0,376
23.	24.11.77	279,5	0,1	324069	332361	323340	330442	2,197
24.	25.11.77	279,4	0,0	323340	324069	326692	329895	0,981
25.	26.11.77	278,1	0,0	326692	323340	317163	318937	0,559
26.	27.11.77	275,5	0,1	317163	326692	279497	269154	-3,701
27.	28.11.77	274,4	0,5	279497	317163	323385	316837	-2,025
28.	29.11.77	272,7	1,1	323385	279497	323385	329668	1,943
29.	30.11.77	272,6	3,6	323532	323385	322367	326638	1,325
30.	1.12.77	273,3	0,8	322367	323532	324698	327230	0,780
31.	2.12.77	271,3	1,6	324698	322367	323595	329395	1,792
32.	4.12.77	272,2	0,0	314198	323595	274680	271413	-1,189
33.	5.12.77	272,5	0,0	274680	314198	316909	333038	5,089
34.	6.12.77	271,8	0,0	316909	274680	318600	327523	2,801
35.	7.12.77	271,2	0,0	318600	316909	324573	324021	-0,170
36.	8.12.77	274,1	0,0	324573	318600	327031	325659	-0,419
37.	9.12.77	274,2	0,0	327031	324573	325327	330333	1,539
38.	10.12.77	272,4	0,0	325327	327031	320258	320133	-0,039
39.	11.12.77	272,6	0,0	320258	325327	279718	268895	-3,869
40.	12.12.77	271,0	0,0	279718	320258	326167	317937	-2,523
41.	13.12.77	271,9	0,1	326167	279718	323164	329943	2,098
42.	14.12.77	275,2	0,5	323164	326176	325164	327589	0,746
43.	15.12.77	275,8	0,0	325164	323164	329089	327299	-0,544
44.	16.12.77	275,3	0,0	329089	325164	323795	330686	2,128
45.	17.12.77	274,7	0,0	323795	329089	324047	320745	-1,019

1	2	3	4	5	6	7	8	9
46.	18.12.77	274,3	0,1	324047	323795	286408	268626	-6,208
47.	19.12.77	273,8	0,1	286408	324047	319557	319737	0,056
48.	20.12.77	274,8	0,0	319557	286408	330653	331818	0,352
49.	21.12.77	274,8	0,0	330653	319557	327899	325501	-0,640
50.	22.12.77	274,0	0,0	327899	330653	335679	330115	-1,657
51.	23.12.77	272,4	0,3	335679	327899	349891	332110	-5,082
52.	24.12.77	279,7	2,0	349891	335679	299305	324900	8,551
53.	26.12.77	277,2	5,6	243366	299305	243746	261234	7,175
54.	27.12.77	277,9	0,8	243746	243366	300947	314696	4,567
55.	28.12.77	278,1	0,0	300947	243786	322162	313550	-2,673
56.	29.12.77	275,4	3,2	322162	300947	315781	319306	1,123
57.	30.12.77	275,0	8,4	315761	322162	321225	328691	2,324
58.	31.12.77	274,6	2,2	321225	315761	297732	315895	6,101
59.	1.01.78	272,2	0,2	297732	321225	260996	265863	1,865
60.	2.01.78	276,5	1,3	260996	297732	315429	308723	-2,126
61.	3.01.78	276,6	2,5	315429	260996	324144	322626	-0,468
62.	4.01.78	276,8	1,0	324144	315429	321746	323895	0,668
63.	5.01.78	271,9	0,0	321746	324144	319921	327400	2,338
64.	6.01.78	273,2	5,2	319921	321746	321607	328840	2,249
65.	8.01.78	274,3	0,0	292336	321607	256515	269169	4,933
66.	9.01.78	273,4	0,0	256515	292336	312826	324096	3,603
67.	10.01.78	273,7	0,3	312826	256515	324194	320872	-1,024
68.	11.01.78	274,2	0,0	324194	312826	315557	322987	2,355
69.	12.01.78	273,4	0,0	315557	324194	323558	326980	1,058
70.	13.01.78	273,5	0,0	323558	315557	324297	326930	0,812
71.	14.01.78	273,6	0,1	324297	323558	311129	318843	2,480
72.	15.01.78	273,6	0,0	311129	324297	275054	267887	-2,605
73.	16.01.78	273,9	0,0	275054	311129	313347	314410	0,339
74.	17.01.78	275,0	0,0	313347	275054	322406	327402	1,550
75.	18.01.78	272,4	0,0	322406	313347	321687	323043	0,422
76.	19.01.78	272,6	0,0	321687	322406	324115	326788	0,825
77.	20.01.78	270,1	0,0	324115	321687	328399	329116	0,218
78.	21.01.78	268,2	0,0	328399	324114	314208	319329	1,636
79.	22.01.78	270,7	0,0	314208	328399	268983	269542	0,208
80.	23.01.78	273,3	0,0	268983	314208	317349	315058	-0,722
81.	24.01.78	275,3	0,9	317349	268983	317801	325559	2,441
82.	25.01.78	275,5	3,0	317801	317349	322953	324118	0,361
83.	26.01.78	275,0	0,8	322953	317801	327427	325265	-0,660
84.	27.01.78	274,0	0,2	327427	322953	328047	329793	0,532
85.	28.01.78	275,7	0,0	328047	327427	325623	326464	-1,584
86.	29.01.78	277,0	1,8	325623	328047	277674	270227	-2,682
87.	30.01.78	276,4	0,0	277674	325623	310912	319671	2,817
88.	31.01.78	274,0	0,0	310912	277674	320292	328147	2,453
89.	1.02.78	275,0	0,0	320292	310912	321914	322041	0,039
90.	2.2.78	274,3	0,0	321914	320292	327679	326063	-0,493
91.	3.02.78	273,4	0,1	327679	321914	330762	329448	-0,397
92.	4.02.78	276,9	0,2	330762	327679	321856	320744	-0,345
93.	5.02.78	279,0	0,1	321856	330762	279924	270911	-3,220
94.	6.02.78	271,6	0,0	279924	321856	314577	318511	1,251
95.	7.02.78	270,4	0,2	314577	279924	329275	329195	-0,024
96.	8.02.78	269,6	2,4	329275	314577	329105	323960	-1,563
97.	9.02.78	268,8	0,0	329105	329275	332998	329718	-0,985
98.	10.02.78	267,2	0,0	332998	329105	329772	332343	0,780
99.	12.02.78	276,9	1,0	298031	329772	274625	272431	-0,799
100.	13.02.78	272,8	0,0	274625	298031	331818	327372	-1,340
101.	14.02.78	271,4	0,1	331818	274625	327520	328569	0,317
102.	15.02.78	270,8	0,7	327520	331818	328425	329873	0,441

o.d. tabeli 5-8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
103.	16.02.78	271,2	0,3	328425	327520	330485	329056	-0,433
104.	17.02.78	270,2	0,0	330485	328425	333652	331927	-0,517
105.	18.02.78	267,9	1,2	333652	330485	327032	321931	-1,560
106.	19.02.78	268,9	0,0	327032	333652	281177	272289	-3,161
107.	20.02.78	268,1	0,0	281177	327032	317018	320412	0,785
108.	21.02.78	273,4	0,0	317918	281177	327362	329870	0,766
109.	22.02.78	272,5	3,8	327362	317918	332395	324994	-2,226
110.	23.02.78	274,6	0,0	332395	327362	330791	329281	-0,456
111.	24.02.78	277,4	0,5	330791	332395	327535	333338	1,772
112.	25.02.78	282,3	0,0	327535	330791	324579	321606	-0,916
113.	26.02.78	284,4	0,1	324579	327535	278428	269974	-3,036
114.	27.02.78	285,4	0,0	278428	324579	321280	319359	-0,598
115.	28.02.78	281,4	0,0	321280	278428	331383	329145	-0,675
116.	1.03.78	285,3	0,0	331383	321280	331959	326457	-1,659
117.	2.03.78	285,6	0,0	331959	331383	325224	330659	1,671
118.	3.03.78	285,6	0,0	325224	331959	327078	332792	1,749
119.	5.03.78	284,9	1,6	310801	327078	279108	272392	-2,406
120.	6.03.78	281,9	0,0	279108	310801	320624	332162	3,598
121.	7.03.78	276,4	0,0	320624	279108	326843	329337	0,763
122.	8.03.78	274,9	1,6	326843	320624	326966	325905	-0,324
123.	9.03.78	276,6	3,3	326966	326843	327745	328715	0,296
124.	10.03.78	278,6	2,6	327745	326966	329129	331222	0,636
125.	11.03.78	279,2	2,5	329129	327745	321780	320652	-0,351
126.	12.03.78	274,7	0,0	321780	329129	276135	270334	-2,101
127.	13.03.78	280,0	1,4	276135	321780	329822	318216	-3,519
128.	14.03.78	283,0	0,0	329822	276135	327810	328947	0,347
129.	15.03.78	284,5	0,0	327810	329822	329220	329195	-0,008
130.	16.03.78	283,6	0,0	329220	327810	333736	329213	-1,355
131.	17.03.78	282,1	8,0	333736	329220	333108	332435	-0,202
132.	18.03.78	284,5	0,6	333108	333736	321062	323031	0,613
133.	19.03.78	278,1	2,1	321062	333108	281252	271676	-3,405
134.	20.03.78	273,7	3,6	281252	321068	328202	318329	-3,008
135.	21.03.78	273,8	3,1	328202	281252	344864	330624	-4,129
136.	22.03.78	271,4	0,1	344864	328202	338837	329835	-2,657
137.	23.03.78	279,1	0,2	338837	344864	352672	335866	-4,765
138.	24.03.78	283,2	0,0	352672	338837	363074	337143	-7,145
139.	25.03.78	282,2	0,0	363074	352672	308503	331784	7,547
140.	27.03.78	281,6	0,0	256415	308503	249994	265379	6,164
141.	28.03.78	285,8	0,2	249994	256415	316101	319702	1,139
142.	29.03.78	292,3	0,0	316101	249994	336154	330001	-1,830
143.	30.03.78	292,8	0,0	336154	316101	343253	339776	-1,013
144.	1.04.78	291,7	0,0	242330	243253	321753	303437	-5,692
145.	2.04.78	287,5	0,1	321753	242330	270879	266952	-1,450
146.	3.04.78	287,9	0,0	270879	321753	322626	320827	-0,558
147.	4.04.78	283,2	0,0	322626	270879	330879	326597	-1,294
148.	5.04.78	281,0	0,0	330879	322626	335978	326892	-2,704
149.	6.04.78	277,5	0,0	335978	330879	338932	330767	-2,409
150.	7.04.78	282,2	0,0	338932	335978	339988	335170	-1,417
151.	9.04.78	283,0	0,0	329310	339988	379833	278223	-0,575
152.	10.04.78	287,9	0,0	279833	329310	321969	326387	1,372
153.	11.04.78	286,9	0,2	321969	279833	326563	329551	0,915
154.	12.04.78	283,7	3,7	326563	321969	324383	326357	0,608
155.	13.04.78	275,3	11,6	324383	326563	326768	328434	0,510
156.	14.04.78	275,3	0,4	326768	324383	334039	330247	-1,135
157.	15.04.78	279,6	0,5	334039	326768	329122	320657	-2,572
158.	16.04.78	280,7	0,0	329122	334039	278961	272573	-2,290

c.d. tabeli 5-8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
159.	17.04.78	279,3	1,1	278961	329122	311120	320987	3,172
160.	18.04.78	281,9	0,0	311120	278961	335325	328613	-2,002
161.	19.04.78	280,1	0,7	335325	311120	334930	323178	-3,509
162.	20.04.78	284,2	0,2	334930	335325	341045	332249	-2,579
163.	21.04.78	288,0	0,0	341045	334930	342802	338113	-1,368
164.	22.04.78	289,3	0,6	342802	341045	329027	328848	-0,054
165.	23.04.78	290,2	4,5	329027	342802	272517	274842	0,853
166.	24.04.78	289,9	0,4	272517	329027	331797	323903	-2,379
167.	25.04.78	288,0	0,0	331797	272517	339006	331139	-2,321
168.	26.04.78	280,1	0,0	339006	331797	337265	330679	-1,953
169.	27.04.78	283,7	0,0	337265	339006	337370	333704	-1,087
170.	28.04.78	286,3	0,0	337370	337265	343076	334465	-2,510
171.	29.04.78	287,4	0,0	343076	337370	336088	326700	-2,793
172.	30.04.78	287,5	0,0	336088	343076	385208	276307	-3,121

Okres wioosenno - letni 1.05.78 - 31.10.78r.

1.	1.05.78	282,0	10,2	285208	336088	275285	277078	0,651
2.	2.05.78	281,1	2,8	275285	285208	321302	331576	3,198
3.	3.05.78	286,7	0,0	321302	275285	338747	325537	-3,900
4.	4.05.78	288,3	0,0	338747	321302	349077	334926	-4,054
5.	5.05.78	292,7	0,0	349077	338747	352858	345431	-2,105
6.	6.05.78	290,0	1,0	352858	349077	333829	332242	-0,475
7.	7.05.78	289,6	7,7	333829	352858	270149	279447	1,221
8.	10.05.78	283,0	4,2	269757	262365	320331	301462	-5,890
9.	12.05.78	279,6	0,1	335763	320331	341426	329466	-3,503
10.	13.05.78	283,7	0,0	341426	335763	278888	274130	-1,706
11.	15.05.78	289,4	0,0	330264	278888	320545	336909	5,105
12.	16.05.78	288,9	0,0	320545	330264	336936	334923	-0,598
13.	17.05.78	291,5	0,2	336936	320545	338866	334971	-1,149
14.	18.05.78	291,4	0,0	338866	336936	335235	339847	1,376
15.	19.05.78	292,3	0,0	335235	338866	337044	341743	1,394
16.	20.05.78	294,9	0,0	337044	335235	336394	334778	-0,480
17.	21.05.78	296,6	0,0	336394	337044	276671	287658	3,971
18.	22.05.78	294,2	0,7	276671	336394	311002	330577	6,294
19.	23.05.78	292,6	2,1	311002	276671	334137	332747	-0,416
20.	24.05.78	291,7	0,0	334137	311002	331267	334162	0,874
21.	25.05.78	293,2	0,4	331267	334137	281657	281027	-0,224
22.	26.05.78	291,4	0,0	281657	331267	335891	341369	1,631
23.	27.05.78	294,8	0,1	335891	281657	337488	334629	-0,847
24.	28.05.78	295,4	0,0	337488	335891	284485	286306	0,640
25.	29.05.78	295,6	0,0	284485	337488	333330	334740	0,423
26.	30.05.78	297,2	0,0	333330	284485	336852	345760	2,644
27.	31.05.78	298,4	0,0	336852	333330	341748	344682	0,858
28.	1.06.78	298,3	0,0	341748	336852	344817	349330	1,309
29.	2.06.78	300,4	0,0	344817	341748	360382	354478	-1,638
30.	3.06.78	297,2	0,0	360382	344817	352265	343656	-2,444
31.	4.06.78	297,9	0,0	352265	360382	282217	295277	4,628
32.	5.06.78	299,2	0,7	282217	352265	342072	339428	-0,773
33.	6.06.78	300,1	0,0	342072	282217	360248	351345	-2,471
34.	7.06.78	301,1	0,0	360248	342072	360332	354035	-1,747
35.	8.06.78	298,9	11,1	360332	360248	350230	347605	-0,749
36.	9.06.78	293,2	0,0	350230	360332	343786	347618	1,115
37.	10.06.78	290,5	3,4	343786	350230	298740	277748	-7,027
38.	11.06.78	287,2	0,8	298740	343786	264439	278607	5,358

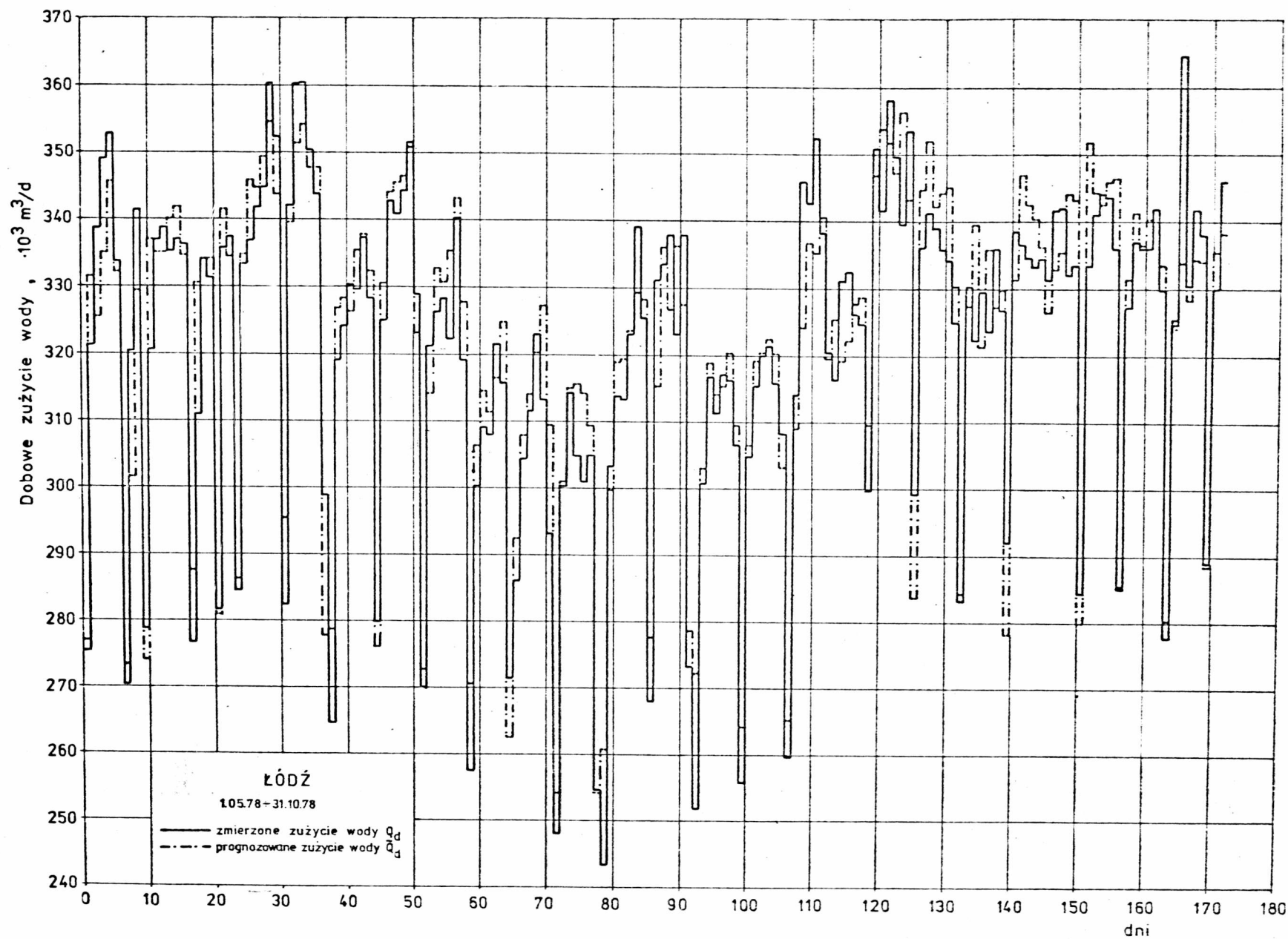
1	2	3	4	5	6	7	8	9
39.	12.06.78	285,1	1,6	264439	298740	319079	326899	2,451
40.	13.06.78	288,4	2,5	319079	264439	323976	328215	1,309
41.	14.06.78	288,5	2,6	323976	319079	330226	326318	-1,183
42.	15.06.78	290,1	0,0	330226	323976	329506	339427	1,797
43.	16.06.78	290,4	0,0	329506	330226	337432	337482	0,015
44.	17.06.78	293,2	0,0	337432	329506	328275	332353	1,242
45.	18.06.78	288,0	0,0	328275	337432	279844	275965	-1,386
46.	19.06.78	293,0	0,0	279844	328275	325004	330567	1,712
47.	20.06.78	297,6	0,0	325004	279844	342750	344081	0,382
48.	21.06.78	298,4	0,0	342750	325004	340831	345543	1,383
49.	22.06.78	295,9	0,0	340831	342750	344371	346399	0,589
50.	23.06.78	297,6	0,0	344371	340831	351456	350740	-0,204
51.	24.06.78	294,2	20,1	351456	344371	328779	323102	-1,727
52.	25.06.78	292,5	12,1	328779	351456	270025	272707	0,993
53.	26.06.78	289,3	12,2	270025	328779	321290	313954	-2,274
54.	27.06.78	290,1	6,9	321260	270025	326260	332825	2,012
55.	28.06.78	289,9	0,0	326260	321260	328264	330657	0,729
56.	29.06.78	290,3	0,0	328264	326260	322171	335368	4,096
57.	30.06.78	296,2	0,0	322171	328264	340184	343097	0,856
58.	1.07.78	297,7	0,1	340184	322171	319011	327733	2,734
59.	2.07.78	294,3	1,2	319011	340184	257474	270458	5,043
60.	3.07.78	293,3	0,0	257474	319011	300152	306381	2,075
61.	4.07.78	296,9	8,9	300152	257474	309152	314500	1,730
62.	5.07.78	289,9	5,8	309152	300152	307953	311166	1,043
63.	6.07.78	292,3	2,5	307953	309152	321418	316406	-1,559
64.	7.07.78	292,0	0,0	321418	307953	315767	324853	2,878
65.	8.07.78	291,1	2,8	315767	321418	271315	262547	-3,231
66.	10.07.78	287,2	2,2	239435	271315	286120	292345	2,176
67.	11.07.78	293,9	0,6	286120	239435	304561	307960	1,116
68.	12.07.78	296,5	0,0	304561	286120	311676	313928	0,723
69.	13.07.78	293,9	0,0	311676	304561	322931	320272	-0,823
70.	14.07.78	295,7	0,0	322931	311676	313200	327247	4,485
71.	15.07.78	293,3	0,7	313200	322931	293173	309482	5,563
72.	16.07.78	287,8	0,0	293173	313200	248002	254270	2,528
73.	17.07.78	290,0	0,0	248002	293173	300134	301042	0,303
74.	18.07.78	293,7	2,7	300134	248002	314621	315062	0,140
75.	19.07.78	292,3	6,0	314621	300134	304866	315501	3,488
76.	20.07.78	292,4	2,8	304866	314621	300985	314170	4,380
77.	21.07.78	288,7	9,0	300985	304866	304983	309344	1,430
78.	22.07.78	288,3	12,0	304983	300985	254549	254172	-1,148
79.	23.07.78	290,0	0,0	254549	304983	243148	260875	7,291
80.	24.07.78	294,9	0,0	243148	254549	303369	299910	-1,140
81.	25.07.78	295,7	0,0	303369	243148	313860	318895	1,604
82.	26.07.78	298,6	0,0	313860	303369	313241	319203	1,903
83.	27.07.78	300,1	0,0	313241	313860	322982	323492	0,158
84.	28.07.78	300,1	0,0	322982	313241	339039	329264	-2,883
85.	29.07.78	300,5	0,0	339039	322982	325420	328356	0,902
86.	30.07.78	300,6	0,0	325420	339039	268068	277610	3,560
87.	31.07.78	301,2	2,8	268068	325420	331150	315315	-4,782
88.	1.08.78	300,8	0,0	331150	268068	333621	335988	0,709
89.	2.08.78	301,6	16,0	333621	331150	337692	326670	-3,264
90.	3.08.78	299,2	0,0	337692	333621	322946	336121	4,080
91.	4.08.78	300,2	0,0	322946	337692	337808	327552	-3,036
92.	5.08.78	296,9	0,0	337808	322946	273143	278885	2,102
93.	6.08.78	296,2	0,7	273143	337808	251827	272335	8,144
94.	7.08.78	298,2	9,3	251827	273143	300657	303157	0,832
95.	8.08.78	300,9	1,9	300657	251827	316880	318717	0,580

o.d. tabeli 5-8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
96.	9.08.78	291,3	16,3	316880	300657	311252	313955	0,869
97.	10.08.78	292,9	14,3	311252	316880	317082	315381	-0,530
98.	11.08.78	291,3	6,6	317082	311252	316192	320191	1,265
99.	12.08.78	290,9	4,9	316192	317082	306517	309560	0,993
100.	13.08.78	292,1	0,0	306517	316192	255727	264001	3,235
101.	14.08.78	294,1	0,1	255727	306517	304770	306595	0,599
102.	15.08.78	296,5	0,0	304770	255727	315365	319211	1,220
103.	16.08.78	298,7	0,2	315365	304770	319920	319996	0,024
104.	17.08.78	295,3	11,6	319920	315365	321128	322381	0,390
105.	18.08.78	291,7	14,6	321128	319920	315737	320332	1,455
106.	19.08.78	287,0	21,6	315737	321128	308364	303303	-1,641
107.	20.08.78	292,1	0,0	308364	315737	259643	265126	2,112
108.	21.08.78	294,6	0,0	259643	308364	314002	309041	-1,580
109.	22.08.78	295,9	0,0	314002	259643	345904	324107	-6,301
110.	23.08.78	297,5	0,0	345904	314002	342681	336877	-1,694
111.	24.08.78	29333	0,0	342681	345904	352377	335386	-4,822
112.	25.08.78	291,8	0,6	352377	342681	338353	340463	0,624
113.	26.08.78	288,1	1,9	338353	352377	320391	319511	-0,274
114.	28.08.78	287,3	1,1	294749	320391	316260	325218	2,832
115.	29.08.78	288,1	0,5	316260	294749	331079	319112	-3,614
116.	30.08.78	288,9	7,5	331079	316230	332429	322123	-3,100
117.	31.08.78	287,6	0,0	332429	331079	326174	327658	0,455
118.	1.09.78	287,6	2,8	326174	332429	324880	338856	4,302
119.	3.09.78	285,7	4,4	306724	324880	299920	309909	3,331
120.	4.09.78	286,0	0,7	299920	306724	350724	346875	-1,097
121.	5.09.78	288,4	0,0	350724	299920	341493	353643	3,558
122.	6.09.78	292,3	0,0	341493	350724	358041	351634	-1,790
123.	7.09.78	291,8	8,3	358041	341493	349567	347165	-0,687
124.	8.09.78	287,1	2,8	349567	358041	339486	356198	4,923
125.	9.09.78	287,2	1,8	339486	349567	353498	338152	-4,341
126.	10.09.78	288,7	6,8	353498	339486	299200	283700	-5,180
127.	11.09.78	293,2	9,8	299200	353498	336363	344668	2,469
128.	12.09.78	292,4	0,5	336363	299200	341140	351957	3,171
129.	13.09.78	286,7	0,0	341140	336363	338925	342286	0,992
130.	14.09.78	290,4	3,3	338925	341140	335607	344199	2,560
131.	15.09.78	289,3	0,2	335607	338925	334136	345090	3,278
132.	16.09.78	286,1	0,1	334136	335607	324967	330158	1,598
133.	17.09.78	295,1	0,0	324967	334136	283317	279421	-1,375
134.	18.09.78	288,4	0,0	283317	324967	330229	327532	-0,817
135.	19.09.78	284,5	2,9	330229	283317	322242	339448	5,340
136.	20.09.78	284,7	0,1	322242	330229	329462	321341	-2,464
137.	21.09.78	283,7	1,2	329462	322242	323636	335890	3,786
138.	22.09.78	284,6	7,0	323636	329462	336506	327440	-2,694
139.	23.09.78	284,6	2,0	336506	323636	326867	329947	0,942
140.	24.09.78	284,5	6,1	326867	336506	292086	278145	-4,773
141.	25.09.78	292,4	0,0	292086	326867	338501	331370	-2,107
142.	26.09.78	289,7	4,1	338501	292086	336487	347012	3,128
143.	27.09.78	286,7	0,0	336487	338501	334584	342577	2,389
144.	28.09.78	286,2	0,0	334584	336487	333117	340328	2,165
145.	29.09.78	284,5	2,2	333117	334584	334402	336223	0,545
146.	30.09.78	285,9	2,0	334402	333117	331243	326504	-1,431
147.	3.10.78	284,4	0,3	327697	312491	341655	332804	-2,591
148.	4.10.78	292,6	21,2	341655	327697	341790	335433	-1,860
149.	5.10.78	286,5	0,9	341790	341655	332006	344186	3,669
150.	6.10.78	286,4	8,7	332006	341790	333461	343235	2,931

o.d. tabeli 5-8

1	2	3	4	5	6	7	8	9
151.	8.10.78	285,9	0,0	336080	390091	284428	279838	-1,614
152.	9.10.78	293,1	0,1	284999	316463	333434	351760	5,496
153.	10.10.78	292,4	0,2	333434	284999	340964	344138	0,931
154.	11.10.78	292,1	0,0	340964	333434	343995	342507	-0,433
155.	12.10.78	291,6	0,1	343995	340964	343602	346054	0,714
156.	14.10.78	293,4	0,0	390091	343602	336080	346350	3,056
157.	15.10.78	292,7	0,1	316463	333461	284999	285850	0,299
158.	16.10.78	284,3	0,0	284428	336080	327242	331432	1,280
159.	17.10.78	287,6	0,0	327242	284428	336992	341222	1,255
160.	18.10.78	286,4	1,6	336992	327242	335991	336397	0,121
161.	19.10.78	283,1	0,2	335991	336992	335997	340359	1,298
162.	20.10.78	280,9	2,2	335997	335991	341952	338912	-0,889
163.	21.10.78	280,6	0,5	341952	335997	329739	333666	1,191
164.	22.10.78	278,6	10,2	329739	341952	277632	280257	0,946
165.	23.10.78	280,9	1,0	277632	329779	324671	325507	0,443
166.	24.10.78	285,2	0,1	324671	277632	364731	334076	-8,405
167.	26.10.78	281,2	0,2	327915	364731	330417	328359	-0,623
168.	27.10.78	279,8	0,0	330417	327915	361757	334455	-2,136
169.	28.10.78	279,4	6,7	341757	330417	338002	334256	-1,108
170.	29.10.78	283,3	2,1	338002	341757	288911	288567	-0,119
171.	30.10.78	283,2	1,8	288911	338002	330004	335655	1,713
172.	31.10.78	282,8	0,1	330004	288911	346085	338435	-2,210

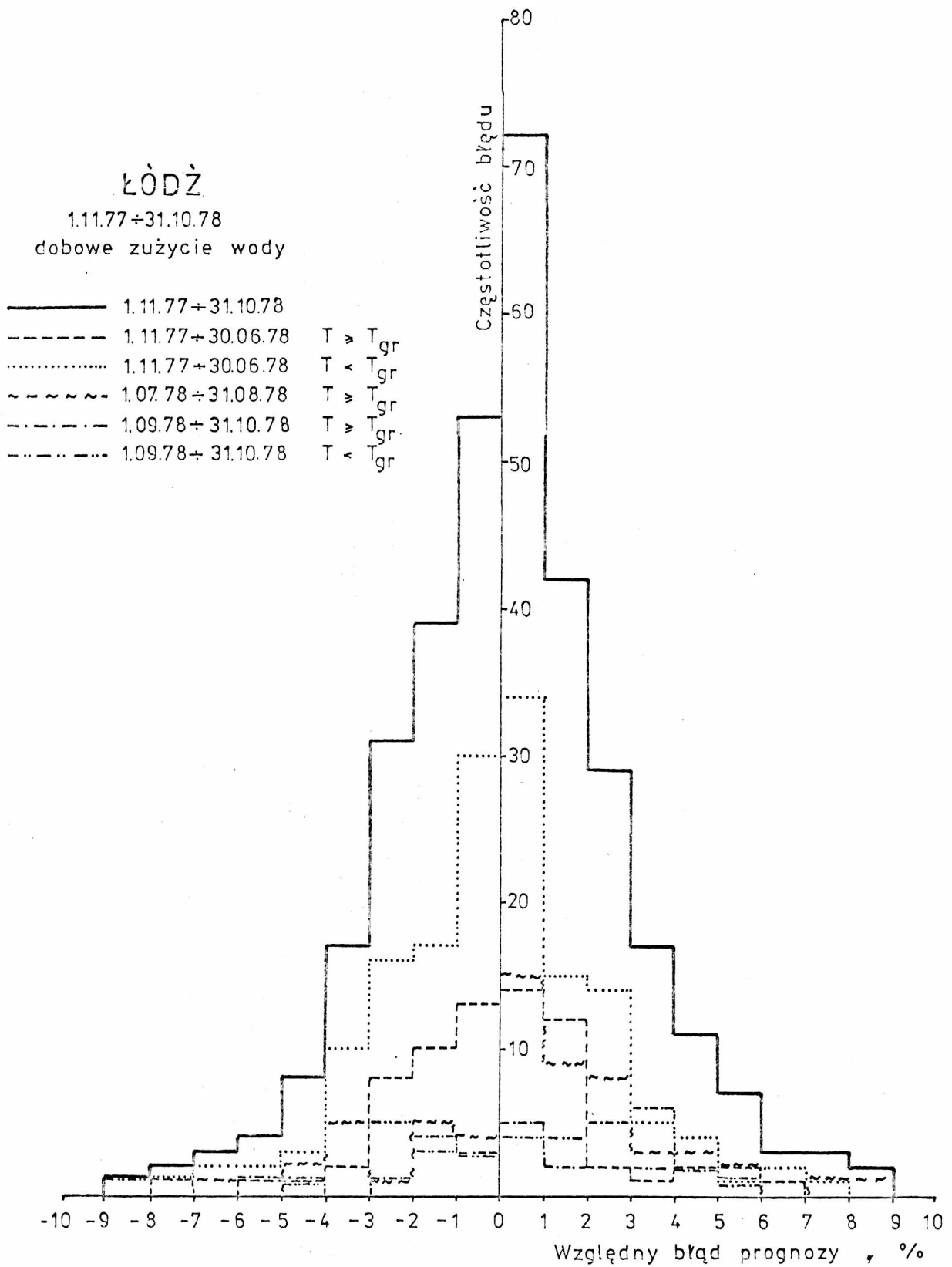


Rys. 5-53 Zmierzone Q_d i prognozowane $\tilde{Q}_d$ dobowe zużycie wody w wiosenno-lętnim okresie 1978r. w Łodzi

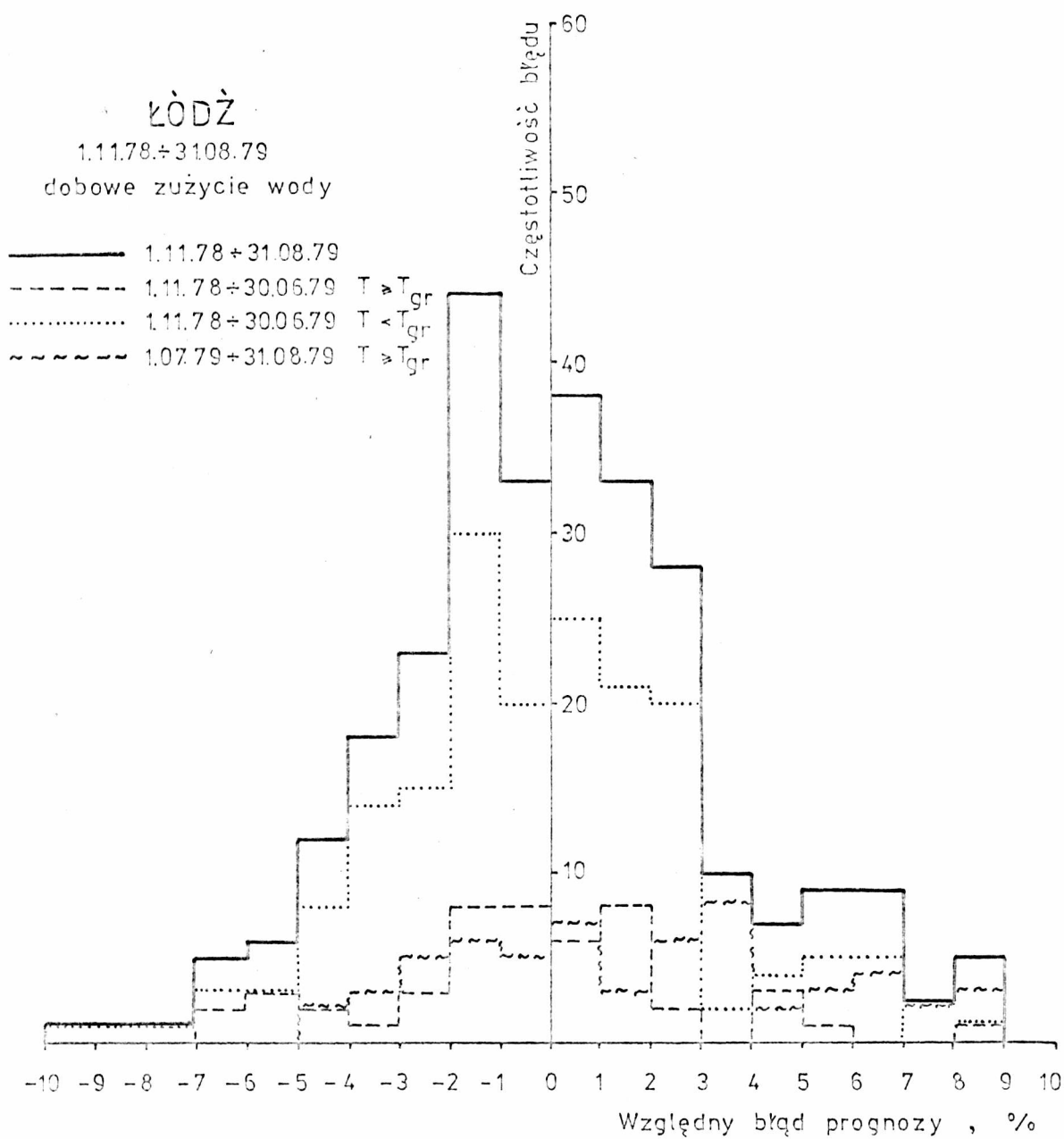
Tabela 5-9

Zestawienie średnich /dodatnich i ujemnych/ błędów
prognozy dobowego zużycia wody.

L.p.	Miasto	Okres czasu	I: $T \geq T_{gr}$ II: $T < T_{gr}$	Ilość danych N	Średni błąd , % Q_d	
					dodat.	ujemny
1	2	3	4	5	6	7
1	Łódź	1.11.77 - 30.06.78	I	70	+1,777	-1,724
2	Łódź	1.11.77 - 30.06.78	II	159	+1,918	-1,905
3	Łódź	1.07.78 - 31.08.78	I	60	+2,137	-2,468
4	Łódź	1.09.78 - 31.10.78	I	31	+2,524	-1,969
5	Łódź	1.09.78 - 31.10.78	II	24	+1,892	-2,022
6	Łódź	1.11.78 - 30.06.79	I	48	+1,859	-2,555
7	Łódź	1.11.78 - 30.06.79	II	179	+2,251	-2,470
8	Łódź	1.07.79 - 31.08.79	I	59	+3,746	-2,171
9	Strzelce Opolskie	1.11.76 - 31.07.77	I	89	+1,640	-2,870
10	Strzelce Opolskie	1.11.76 - 31.07.77	II	85	+2,140	-2,340



Rys. 5-54 Rozkład błędów prognozy dobowego zużycia wody /Łódź, 1977/78r./



Dys. 5-55 Rozkład błędów prognozy dobowego zużycia wody /Łódź, 1970/70r./

postać:

- dla dni o temperaturze powietrza większej od temperatury granicznej:

$$\tilde{Q}_{d_j} = /-1469 + 7,81 \cdot T - 4,96 \cdot H + 0,662 \cdot Z_p \cdot \frac{c_{T_{j-1}}}{c_R} + \\ + 0,211 \cdot Z_{pp} \cdot \frac{c_{T_{j-2}}}{c_R} / \cdot \frac{c_R}{c_{T_j}}, \quad m^3/d, \quad /5-16/$$

- dla pozostałych dni w roku $/T < T_{gr}/$:

$$\tilde{Q}_{d_j} = P_{R_j} - P'_{T_j} + 659 + 0,401 \cdot /Z_p - P_{R_{j-1}} + P'_{T_{j-1}} / + \\ + 0,484 \cdot /Z_{pp} - P_{R_{j-2}} + P'_{T_{j-2}} / , \quad m^3/d, \quad /5-17/$$

Wyniki obliczeń prognozowanych i zaobserwowanych wartości dobowego zużycia wody zamieszczono w tabelach 5-10 i 5-11 oraz na rysunkach 5-56 do 5-57.

W Strzelcach Opolskich średnie błędy wynoszą od -2,87 % do +2,24 % /tabela 5-9/. Należy przy tym zwrócić uwagę, że prognozę wykonano na podstawie danych sprzed dwóch lat /w 1976 roku nie prowadzono w Strzelcach Opolskich pomiarów zużycia wody m.in. z uwagi na deficyt produkcji wody w stosunku do potrzeb/.

Względny wpływ temperatury powietrza na dobowe zużycie wody był w 1977 roku 1,38 razy większy niż w 1975 roku /wynika to z wartości współczynnika τ /, co przy wzroście temperatury powietrza o 15 K /dla dni o temperaturze powietrza $T \geq T_{gr}$ / powoduje błąd oceny dobowego zużycia wody sięgający -2,66 % Q_d /błąd ten jest w pewnym stopniu niwelowany przez uwzględnienie w równaniach regresji dodatkowych zmiennych Z_p i Z_{pp} /. Ponadto w 1977 roku stwierdzono większe, niż w 1975 roku zużycie wody do celów ogólnokomunalnych /na wielkość tego zużycia wskazuje m.in. długość pionowego odcinka prostej regresji na rysunkach 5-12 do 5-49/.

Wyniki obliczeń prognozowanych $\tilde{Q}_d$ i zaobserwowanych Q_d wartości dobowego zużycia wody w Strzelcach Opolskich w 1976/77 r dla dni o temperaturze powietrza T wyższej, niż T_{gr} .

L.p.	Tempe- ratura T	Opad atmo- sfery czny H	Z_p	Z_{pp}	Q_d	$\tilde{Q}_d$	$\frac{\tilde{Q}_d - Q_d}{Q_d} \cdot 100$
-	K	mm	m^3/d				%
1	2	3	4	5	6	7	8
1	284,1	1,7	6710	5920	6291	6393	1,628
2	288,2	0	6311	6291	6571	6426	-2,213
3	286,8	2,9	5971	6571	6296	6425	2,055
4	287,7	0	6296	5971	6325	6418	1,479
5	287,9	0	6325	6296	6193	6212	0,303
6	287,6	0	6194	6325	6250	6174	-1,214
7	285,4	1,4	6250	6194	6292	6309	0,277
8	283,4	0,8	6292	6250	6126	6360	3,818
9	286,3	0,1	7379	7005	7585	7369	-2,844
10	287,4	0	7585	7379	7703	7248	-5,910
11	290,9	0	7703	7585	7721	7452	-3,490
12	288,3	0	7721	7703	7708	7650	-0,748
13	288,7	0	7708	7721	7778	7676	-1,308
14	286,5	0	6982	7778	7520	7411	-1,453
15	285,4	0	7520	6982	7524	7451	-0,964
16	285,4	0	7524	7520	7588	7221	-4,830
17	290,4	0	7588	7524	7674	7359	-4,100
18	288,6	0	7674	7588	7381	7597	2,922
19	289,2	0	7381	7674	7589	7451	-1,817
20	286,1	1,1	7145	7589	7471	7478	0,094
21	290,4	0	7471	7145	7731	7498	-3,017
22	288,4	0	7731	7471	7774	7369	-5,205
23	291,1	0	7774	7731	7827	7530	-3,798
24	288,3	0	7827	7774	7647	7737	1,172
25	284,3	0	7647	7827	7975	7622	-4,428
26	290,0	9,8	7569	7975	7439	7847	5,489

c.d. tabeli 5-10

1	2	3	4	5	6	7	8
27	286,1	0	6591	7006	7235	6967	-3,701
28	283,3	0	7055	7235	6998	6842	-2,230
29	284,1	7,4	6998	7055	7121	6786	-4,700
30	290,5	1,8	7020	7064	7140	7078	-0,867
31	287,8	0	7108	7102	7241	6936	-4,210
32	295,5	0	7241	7108	7205	7260	0,764
33	300,4	0	7205	7241	7054	7332	3,943
34	296,2	0,7	7059	7054	7359	7390	0,419
35	299,6	0	7359	7059	7324	7480	2,125
36	300,2	0	7324	7359	7460	7179	-3,766
37	301,8	0,5	7460	7324	7427	7324	-1,391
38	295,2	13,8	7427	7460	7303	7386	1,132
39	293,3	11,6	7303	7427	7312	7318	0,083
40	291,0	0	6830	6511	7132	7272	1,957
41	290,5	0	7132	6830	7032	6973	-0,897
42	293,4	2,1	7529	7036	7485	7410	-1,002
43	283,9	0	7209	6815	7159	7192	0,465
44	289,3	0,2	7407	7159	6995	7156	2,295
45	300,8	0	6995	7407	7169	7202	0,461
46	296,9	0	7169	6995	7349	7226	-1,680
47	287,6	1,4	6640	7349	7238	7079	-2,196
48	290,7	0	7238	6640	7246	7228	-0,247
49	291,5	0	7246	7238	7325	7033	-3,991
50	285,9	0	7325	7246	7192	7093	-1,376
51	287,9	0	7192	7325	7154	7211	0,798
52	291,9	0	7154	7192	7599	7217	-5,030
53	293,1	18,0	7224	7599	7447	7506	0,786
54	285,1	1,4	7447	7224	7103	7448	4,861
55	291,6	0	6409	6899	6745	6982	3,507
56	295,5	0	6745	6409	6964	6885	-1,136
57	303,2	0	6878	6918	7438	7262	-2,366
58	301,1	0	7438	6878	7457	7497	0,537
59	301,4	0	7223	7457	7512	7638	1,672
60	302,3	4,7	7512	7223	7586	7617	0,414
61	293,2	15,0	7400	7892	7523	7709	2,469
62	293,5	0	7523	7400	7505	7617	1,493
63	295,3	0	7797	7505	7740	7532	-2,681

c.d. tabeli 5-10

1	2	3	4	5	6	7	8
64	296,7	24,1	7740	7797	7710	7626	-1,085
65	299,6	0	7710	7740	7555	7772	2,875
66	293,6	0,6	8019	6973	8025	7848	-2,198
67	291,4	16,4	8025	8019	7928	7613	-3,969
68	293,3	0	7928	8025	7951	7709	-3,043
69	294,3	1,1	7951	7928	7768	7896	1,651
70	293,6	0,5	7758	7951	7579	7804	2,975
71	295,8	0	7550	7579	8066	7849	-2,681
72	296,9	0	8066	7550	8257	8043	-2,586
73	302,2	11,6	8257	8066	8208	8885	-3,928
74	293,3	6,1	8208	8257	8123	7909	-2,629
75	297,2	0	8127	7736	8179	8129	-0,604
76	289,5	1,2	6571	6311	5971	6031	1,004
77	285,1	6,5	7778	7708	6982	6985	0,038
78	285,9	1,1	7589	7381	7145	6837	-4,310
79	288,1	7,8	7975	7647	7569	7110	-6,070
80	289,5	0	7006	7026	6591	6443	-2,234
81	284,2	0	7309	7156	6714	6614	-1,491
82	287,3	2,6	7140	7020	6553	6495	-0,887
83	285,0	0	7312	7303	6511	6651	2,148
84	284,6	0,5	7349	7169	6640	6642	0,023
85	296,1	0	7599	7154	7224	6882	-4,737
86	291,6	0	6899	6990	6409	6387	-0,338
87	301,4	0	6918	6964	6878	6447	-6,264
88	300,4	0	7457	7438	7223	6884	-4,692
89	298,1	7,8	7892	7163	7400	7040	-4,867

Tabela 5-11

Wyniki obliczeń prognozowanych $\tilde{Q}_d$ i zaobserwowanych Q_d wartości dobowego zużycia wody w Strzelcach Opolskich w 1976/77r dla dni o temperaturze powietrza T niższej, niż T_{gr} .

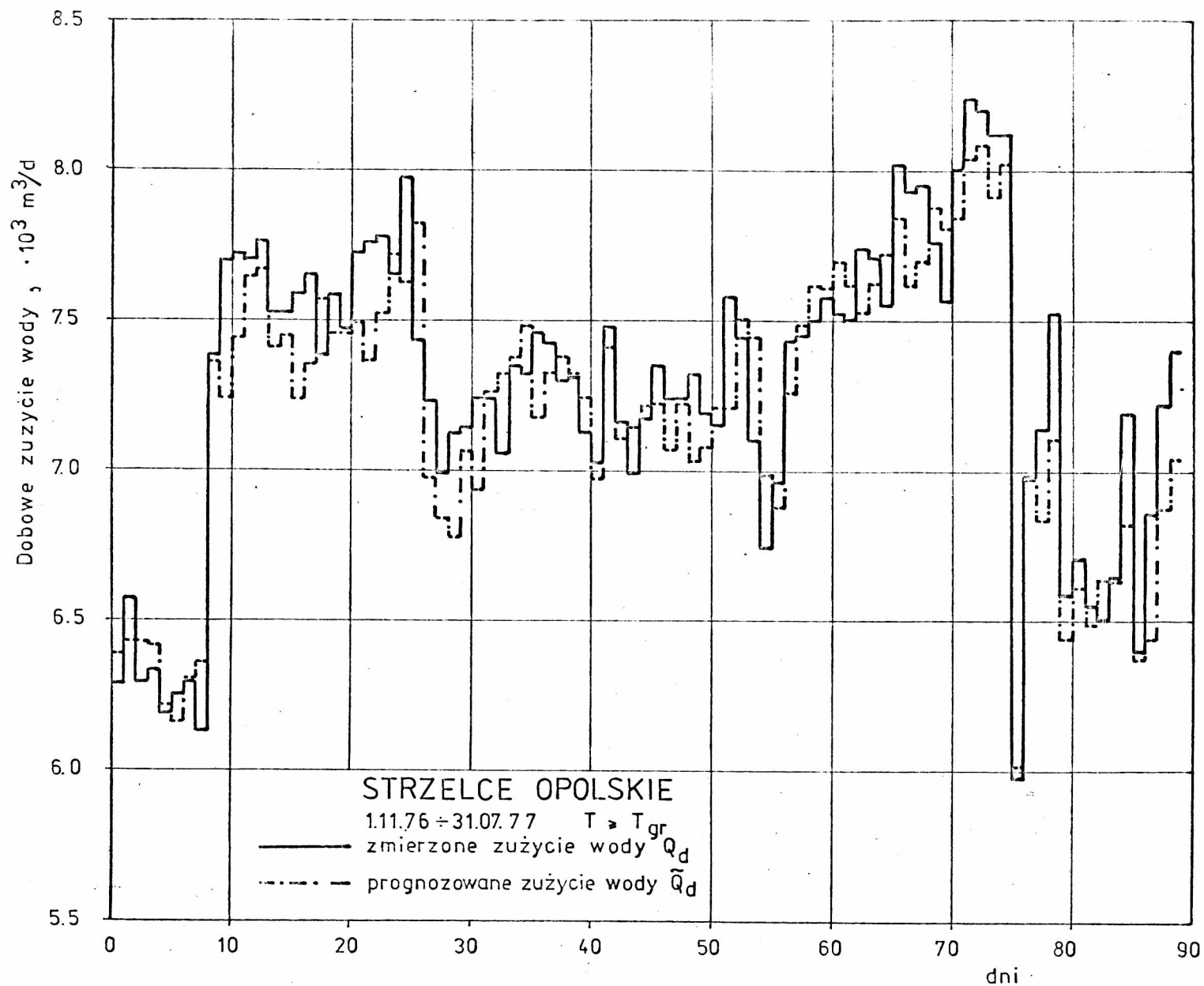
L.p.	Z_p	Z_{pp}	Q_d	$\tilde{Q}_d$	$\frac{\tilde{Q}_d - Q_d}{Q_d} \cdot 100$
-	m^3/d				%
1	2	3	4	5	6
1	6291	6710	6311	6560	3,940
2	6126	6292	5828	5739	-1,526
3	5828	6126	6297	6158	-2,209
4	6297	5828	6301	6336	0,561
5	6301	6297	6256	6166	-1,440
6	6256	6301	6252	6136	-1,858
7	6252	6256	6328	6324	-0,062
8	6328	6252	6501	6373	-1,969
9	6501	6328	6003	5907	-1,598
10	6003	6501	6292	6410	1,872
11	6292	6003	6339	6419	1,263
12	6339	6292	6480	6179	-4,649
13	6480	6339	6437	6244	-2,996
14	6437	6480	6647	6507	-2,109
15	6647	6437	6864	6591	-3,982
16	6864	6647	6300	6207	-1,472
17	6300	6864	6561	6705	2,192
18	6561	6300	6551	6671	1,831
19	6386	6273	6264	5834	-6,861
20	6264	6386	6220	6459	3,840
21	6220	6264	6296	6517	3,504
22	6296	6220	6318	6127	-3,030
23	6318	6296	6409	6158	-3,911
24	6409	6318	6212	6417	3,302

c.d. tabeli 5-11

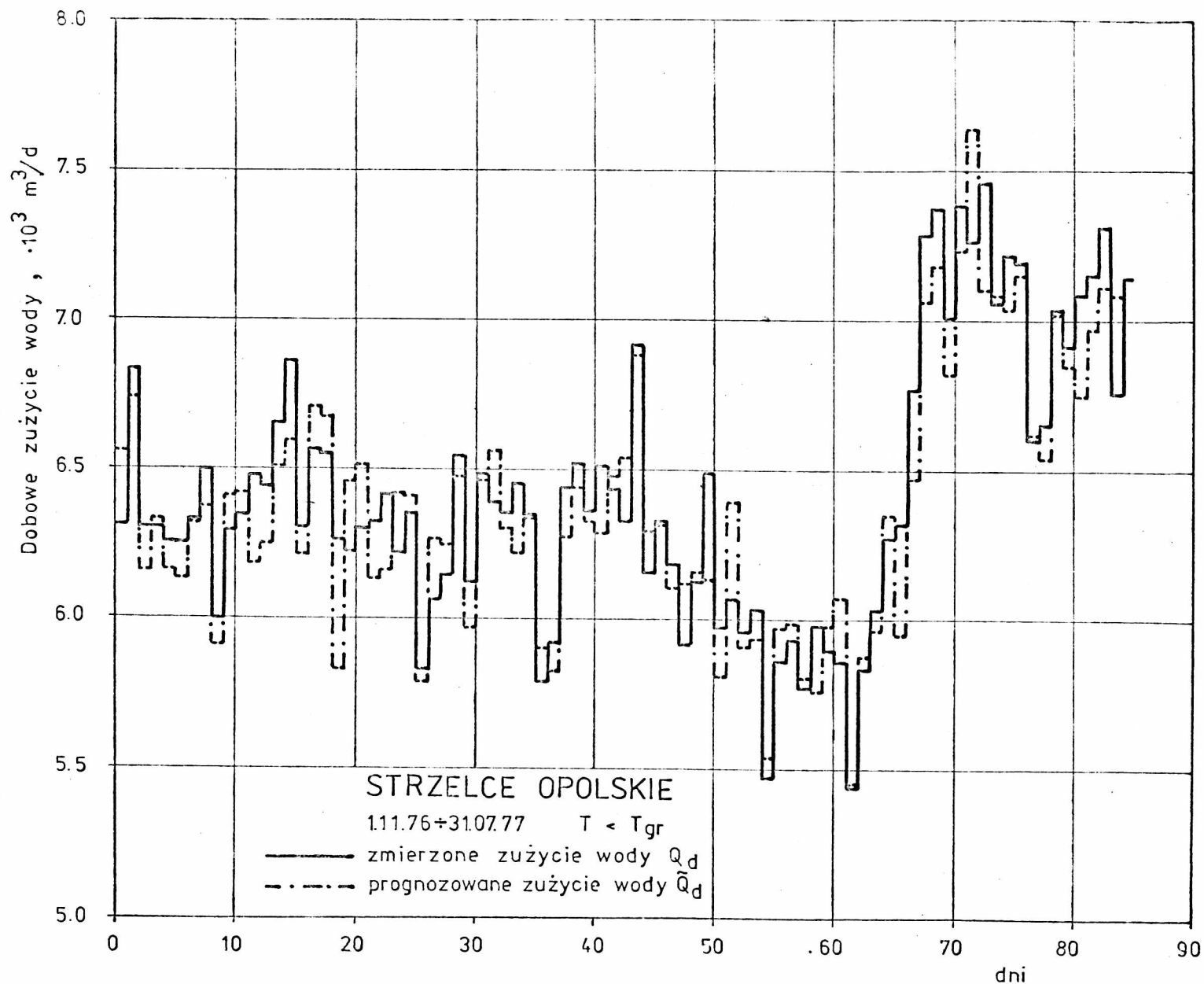
1	2	3	4	5	6
25	6212	6409	6346	6402	0,890
26	6346	6212	5829	5789	-0,692
27	5829	6346	6059	6265	3,398
28	6059	5829	6145	6241	1,567
29	6417	6383	6546	6472	-1,128
30	6546	6417	6122	5968	-2,512
31	6122	6546	6492	6479	-0,195
32	6492	6122	6392	6557	2,581
33	6392	6492	6352	6297	-0,868
34	6352	6392	6455	6218	-3,664
35	6290	6258	6343	6340	-0,043
36	6343	6290	5789	5903	1,978
37	5789	6343	5922	5827	-1,608
38	5922	5789	6437	6272	-2,569
39	6437	5922	6516	6438	-1,196
40	6516	6437	6361	6320	-0,644
41	6361	6516	6507	6282	-3,456
42	6507	6361	6431	6477	0,720
43	6431	6507	6324	6538	3,382
44	6324	6431	5916	5886	-0,509
45	5916	6324	6154	6289	2,196
46	6154	5916	6324	6321	-0,039
47	6324	6154	6183	6106	-1,248
48	6183	6324	5915	6118	3,427
49	5915	6183	6122	6153	0,514
50	6122	5915	6490	6127	-5,592
51	6490	6122	5973	5803	-2,849
52	5973	6490	6064	6392	5,416
53	5649	5888	5956	5904	-0,877
54	5956	5649	6033	5932	-1,681
55	6033	5956	5470	5539	1,261
56	5470	6033	5858	5969	1,898
57	5858	5470	5929	5987	0,973
58	5929	5858	5771	5804	0,570
59	5771	5929	5977	5761	-3,614
60	5977	5771	5897	5979	1,386

c.d. tabel 5-11

1	2	3	4	5	6
61	5897	5977	5858	6067	3,564
62	5858	5897	5440	5440	0,003
63	5440	5858	5836	5872	0,623
64	5836	5440	6029	5963	-1,089
65	5876	6208	6269	6351	1,315
66	6269	5876	6316	5949	-5,809
67	6389	6412	6770	6475	-4,358
68	7124	7047	7280	7057	-3,060
69	7280	7124	7369	7177	-2,599
70	7369	7280	7005	6717	-4,117
71	7005	7369	7379	7232	-1,986
72	7439	7569	7262	7638	5,178
73	7262	7439	7462	7105	-4,787
74	7235	6591	7055	7082	0,389
75	7121	6998	7214	7032	-2,519
76	7214	7121	7187	7150	-0,521
77	7187	7214	6603	6612	-0,130
78	6603	7187	6652	6538	-1,708
79	6652	6603	7035	7033	-0,033
80	7035	6652	6907	6848	-0,857
81	6907	7035	7083	6753	-4,663
82	7083	6907	7156	6973	-2,558
83	7156	7083	7309	7108	-2,752
84	6714	7309	6760	7087	4,831
85	6760	6714	7141	6951	-2,656



Rys. 5-36 Zmierzone Q_d i prognozowane $\tilde{Q}_d$, dobowe zużycie wody dla dni o maksymalnej w okresie doby temperaturze powietrza $T_{\text{śr.}} \geq T_{gr}$ lub wyższej, niż T_{gr} /Strzelce Opolskie, 1976/77 r./



Rys. 5-57 Zmierzone Q_d i prognozowane $\tilde{Q}_d$, dobowe zużycie wody dla dni o maksymalnej w czasie Q_d temperaturze powietrza T niższej, niż T_{gr} /Strzelce Opolskie, 1976/77r./.

Jest to spowodowane przede wszystkim zwiększoną zdolnością produkcyjną zakładu wodociągowego i większym zużyciem wody wodociągowej do zraszania powierzchni zieleni, ogródków przydomowych itp. Z wymienionych względów wartości prognozowane dobowego zużycia wody są zazwyczaj niższe od rzeczywistych /dla dni o temperaturze powietrza $T \geq T_{gr}$, średni ujemny błąd prognozy wynosi -2,87%, zaś błąd dodatni +1,64% [46] /.

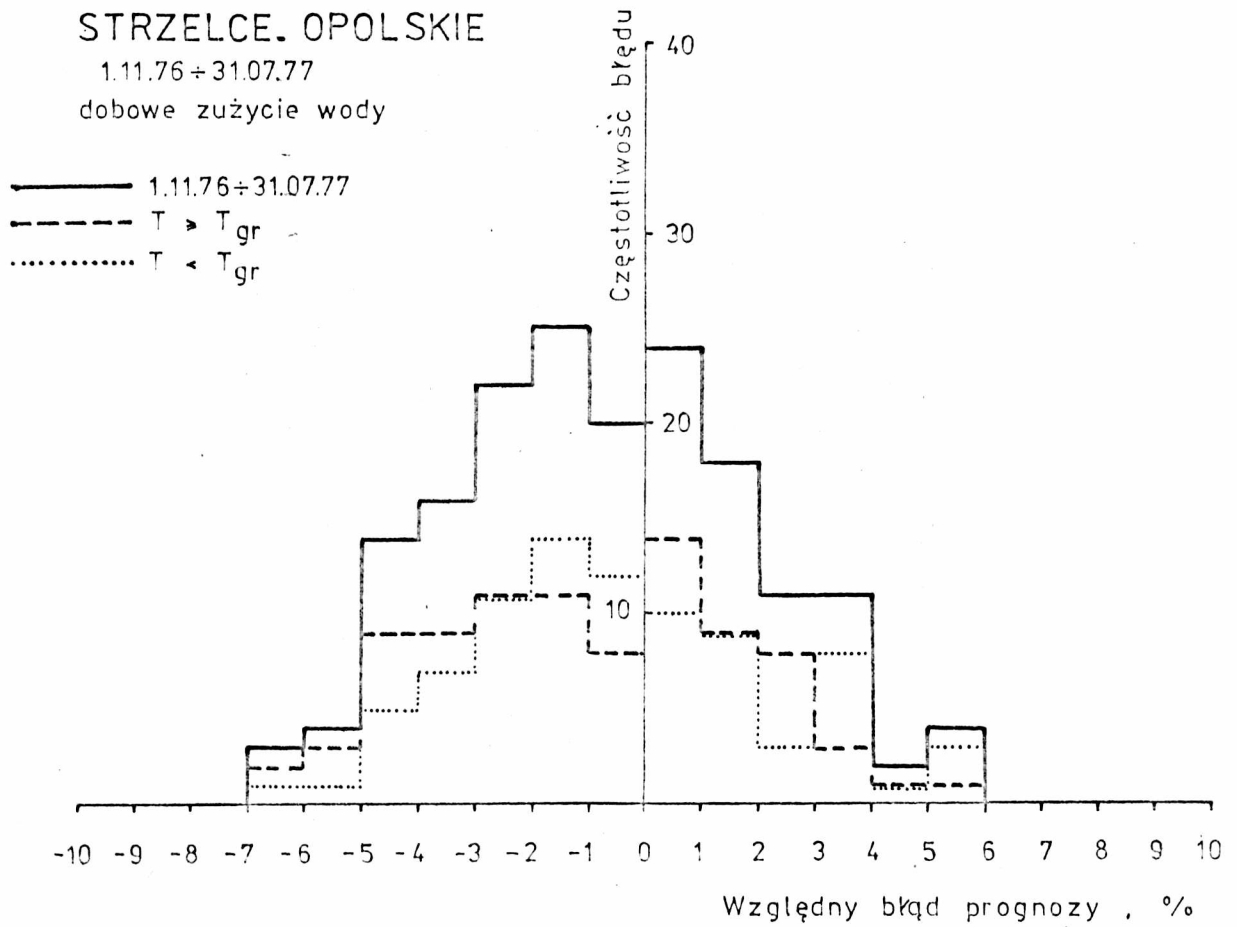
Rozkład błędów prognozy przedstawiono na rysunku 5-58.

W Strzelcach Opolskich w roku 1976/77 stwierdzono tylko w 11 dniach na 174 wielkość błędu oceny dobowego zużycia wody większą od 5 %. W pozostałych dniach roku występowały awarie wodociągu lub awarie aparatury pomiarowej.

Ilość dni, w których błąd przekraczał 5 % byłaby znacznie mniejsza, gdyby wszystkie awarie wodociągu i ograniczenia w dostawie energii elektrycznej były notowane przez obsługę pompowni, a uwagi wykorzystane do korekty wielkości zapotrzebowania na wodę. W czasie awarii wodociągu, a także w czasie ograniczenia lub braku dostawy energii elektrycznej zużycie wody różni się od rzeczywistego zapotrzebowania na wodę.

5.5. Zasady krótkoterminowego prognozowania godzinowego zapotrzebowania na wodę i przykład prognozy.

Optymalne sterowanie pracą systemów zaopatrzenia w wodę wymaga znajomości nie tylko dobowego, lecz również godzinowego zużycia wody, a w szczególności zużycia maksymalnego w czasie doby. W miastach w których przeprowadzono pomiary zużycia wody stwierdzono zależność matematyczną między zużyciem wody w poszczególnych godzinach określonego dnia tygodnia lub wszystkich dni roboczych i dni wolnych od pracy, a zużyciem dobowym /średnim godzinowym/[46].



Rys. 5-58 Rozkład błędów prognozy dobowego zużycia wody /Strzelce Opolskie, 1976/77r./

$$Q_{h,j,p,r} = A_{j,p,r} + B_{j,p,r} \cdot \frac{Q_{d,j}}{24}, \quad m^3/h, \quad /5-18/$$

gdzie:

$Q_{h,j,p,r}$ - zużycie godzinowe w p-tej godzinie, j-tego dnia tygodnia r-tego okresu roku.

Przykładowe wyniki obliczeń współczynników równania /5-18/ oraz poziomów ufności α korelacji zestawiono w tabeli 5-12 i na rysunkach 5-59 do 5-60.

Liniovą korelację zweryfikowano na poziomie istotności

$P_\alpha = 1 - \alpha$ większym, niż 0,99, co oznacza, że badane zmienne są praktycznie zależne od tych samych czynników i umożliwia sformułowanie dla potrzeb krótkoterminowego prognozowania równań wiążących godzinowe zapotrzebowanie na wodę $Q_{h,j,p,r}$ z prognozowanym zużyciem dobowym $\tilde{Q}_{d,j}$:

$$\tilde{Q}_{h,j,p,r} = /A_{j,p,r} + B_{j,p,r} \cdot \frac{\tilde{Q}_{d,j}}{24} \cdot \frac{1}{c_R} / \cdot c_{R_h}, \quad m^3/h, \quad /5-19/$$

gdzie:

$\tilde{Q}_{j,p,r}$ - prognozowane godzinowe zużycie wody, m^3/h ,

$$c_{R_h} = \frac{Q_{h,st}}{Q'_{h,st}}, \quad /5-20/$$

$Q_{h,st}$ - średnie godzinowe zużycie wody w styczniu, m^3/h ,

$Q'_{h,st}$ - średnie godzinowe zużycie wody w styczniu poprzedniego roku, m^3/h .

Przykładowo dla Strzelc Opolskich w 1977 roku otrzymano, dla godziny 17-18 /p=17/ w dniach roboczych /j=8/ i okresie wiosenno-letnim /r=2/, następujące równanie:

Tabela 5-12

Korelacja między rozbiorami godzinowymi a rozbiorem średnim.
Strzelce Opolskie, okres wiosenno-letni, 1.05.1977-31.10.1977r.

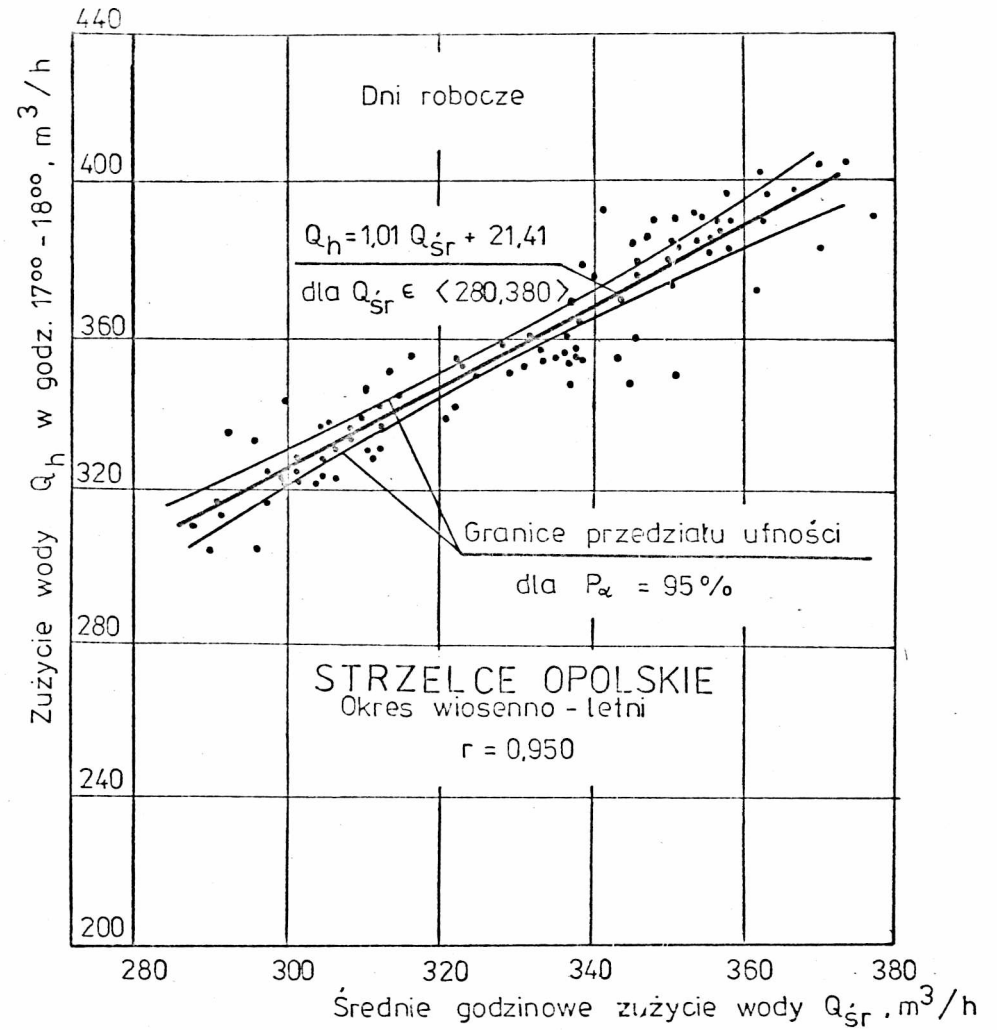
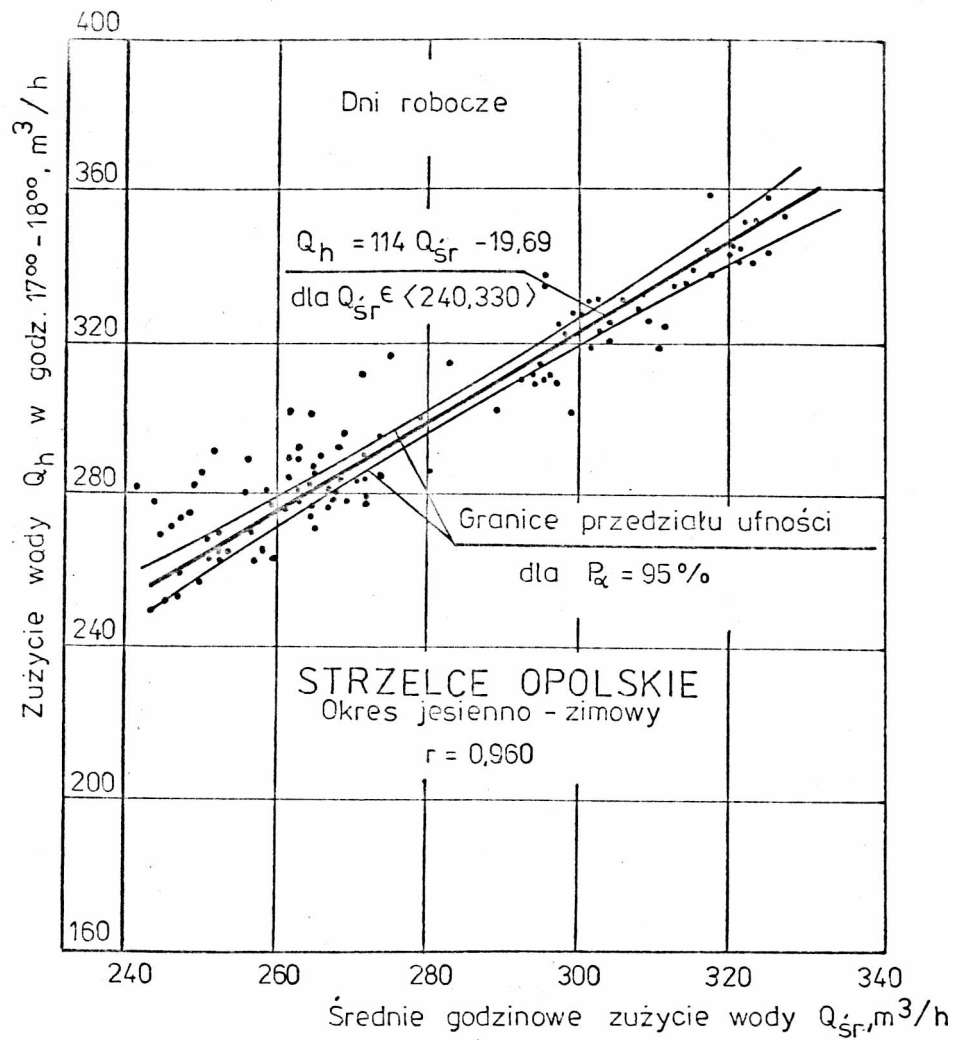
Dzień tygodnia	Godzina	Współczynniki regresji		Odchylenie standardowe s_n	Współczynnik korelacji r	Krytyczny współczynnik korelacji r_{kr}	Poziom istotności P_α
		$A_{j,p}$	$B_{j,p}$				
1	2	3	4	5	6	7	8
Poniedziałek	0-1	-173,00	1,38	16	0,900	0,742	0,999
	1-2	-159,20	1,32	17	0,881	0,742	0,999
	2-3	-138,30	1,25	13	0,916	0,742	0,999
	3-4	-139,00	1,25	13	0,913	0,742	0,999
	4-5	-105,50	1,18	17	0,854	0,742	0,999
	5-6	-3,65	0,93	12	0,881	0,742	0,999
	6-7	177,40	0,46	12	0,671	0,623	0,999
	7-8	109,40	0,72	15	0,751	0,742	0,999
	8-9	77,10	0,84	8	0,926	0,742	0,999
	9-10	45,76	0,95	13	0,873	0,742	0,999
	10-11	49,68	0,94	9	0,933	0,742	0,999
	11-12	19,39	1,03	9	0,943	0,742	0,999
	12-13	24,14	1,02	10	0,919	0,742	0,999
	13-14	11,50	1,07	12	0,904	0,742	0,999
	14-15	-66,59	1,28	11	0,936	0,742	0,999
	15-16	-36,52	1,18	10	0,941	0,742	0,999
	16-17	55,59	0,89	10	0,910	0,742	0,999
	17-18	16,85	1,00	13	0,870	0,742	0,999
	18-19	0,80	1,04	13	0,885	0,742	0,999
	19-20	99,67	0,73	12	0,824	0,742	0,999
	20-21	148,86	0,58	12	0,764	0,742	0,999
	21-22	127,61	0,62	12	0,780	0,742	0,999
	22-23	92,68	0,71	14	0,756	0,742	0,999
	23-24	-195,70	1,51	17	0,908	0,742	0,999
Wtorek	0-1	-150,90	1,31	17	0,903	0,693	0,999
	1-2	-153,90	1,31	15	0,923	0,693	0,999
	2-3	-158,70	1,32	16	0,919	0,693	0,999
	3-4	-172,90	1,37	16	0,918	0,693	0,999
	4-5	-154,20	1,32	17	0,904	0,693	0,999
	5-6	-28,14	1,00	17	0,851	0,693	0,999
	6-7	152,36	0,53	14	0,716	0,693	0,999
	7-8	125,19	0,66	16	0,756	0,693	0,999
	8-9	116,92	0,69	15	0,784	0,693	0,999
	9-10	56,01	0,89	14	0,875	0,693	0,999
	10-11	13,14	1,02	13	0,911	0,693	0,999
	11-12	34,56	0,96	13	0,903	0,693	0,999
	12-13	46,91	0,93	12	0,902	0,693	0,999
	13-14	4,19	1,08	12	0,927	0,693	0,999
	14-15	0,08	1,08	11	0,943	0,693	0,999
	15-16	-0,93	1,08	9	0,960	0,693	0,999
	16-17	5,44	1,06	8	0,967	0,693	0,999
	17-18	-18,86	1,13	9	0,964	0,693	0,999

1	2	3	4	5	6	7	8
Wtorek	18-19	-5,47	1,07	16	0,875	0,693	0,999
	19-20	78,06	0,82	26	0,651	0,575	0,990
	20-21	42,56	0,93	11	0,992	0,693	0,999
	21-22	95,95	0,94	15	0,808	0,693	0,999
	22-23	137,42	0,58	22	0,586	0,575	0,990
	23-24	17,58	0,84	16	0,825	0,693	0,999
Sroda	0-1	-117,50	1,20	19	0,941	0,693	0,999
	1-2	-108,90	1,15	16	0,954	0,693	0,999
	2-3	-116,20	1,17	18	0,943	0,693	0,999
	3-4	-127,30	1,20	19	0,941	0,693	0,999
	4-5	-136,50	1,25	18	0,953	0,693	0,999
	5-6	-41,30	1,03	15	0,948	0,693	0,999
	6-7	1,97	0,96	24	0,875	0,693	0,999
	7-8	47,82	0,89	20	0,892	0,693	0,999
	8-9	67,03	0,86	16	0,918	0,693	0,999
	9-10	-31,01	1,16	17	0,948	0,693	0,999
	10-11	85,70	0,82	15	0,921	0,693	0,999
	11-12	56,12	0,90	16	0,932	0,693	0,999
	12-13	52,42	0,92	17	0,926	0,693	0,999
	13-14	67,76	0,89	12	0,961	0,693	0,999
	14-15	64,59	0,90	12	0,957	0,693	0,999
	15-16	59,04	0,90	16	0,931	0,693	0,999
	16-17	41,68	0,96	11	0,970	0,693	0,999
	17-18	38,57	0,97	8	0,985	0,693	0,999
	18-19	15,58	1,03	8	0,986	0,693	0,999
	19-20	44,41	0,94	16	0,932	0,693	0,999
	20-21	75,50	0,82	19	0,891	0,693	0,999
	21-22	79,47	0,77	18	0,892	0,693	0,999
	22-23	55,53	0,81	18	0,892	0,693	0,999
	23-24	9,64	0,86	19	0,895	0,693	0,999
Czwartek	0-1	-159,60	1,33	19	0,878	0,679	0,999
	1-2	-141,70	1,26	19	0,870	0,679	0,999
	2-3	-155,10	1,30	19	0,868	0,679	0,999
	3-4	-149,00	1,28	19	0,868	0,679	0,999
	4-5	-159,70	1,35	23	0,842	0,679	0,999
	5-6	7,05	0,88	22	0,715	0,679	0,999
	6-7	227,27	0,30	14	0,476	0,444	0,950
	7-8	184,06	0,47	17	0,573	0,561	0,990
	8-9	67,33	0,85	18	0,783	0,679	0,999
	9-10	57,16	0,91	17	0,805	0,679	0,999
	10-11	62,76	0,88	18	0,784	0,670	0,999
	11-12	29,25	0,99	16	0,853	0,679	0,999
	12-13	23,66	0,01	18	0,827	0,679	0,999
	13-14	71,66	0,88	21	0,736	0,679	0,999
	14-15	-3,20	1,10	9	0,954	0,679	0,999
	15-16	-39,67	1,21	6	0,982	0,679	0,999
	16-17	-7,40	1,10	8	0,968	0,679	0,999
	17-18	-8,04	1,10	10	0,947	0,679	0,999
	18-19	-11,93	1,11	12	0,919	0,679	0,999
	19-20	-15,21	1,12	17	0,871	0,679	0,999
	20-21	23,87	0,98	17	0,836	0,679	0,999
	21-22	81,14	0,75	17	0,764	0,679	0,999
	22-23	77,00	0,74	19	0,718	0,679	0,999
	23-24	-80,61	1,14	20	0,829	0,679	0,999

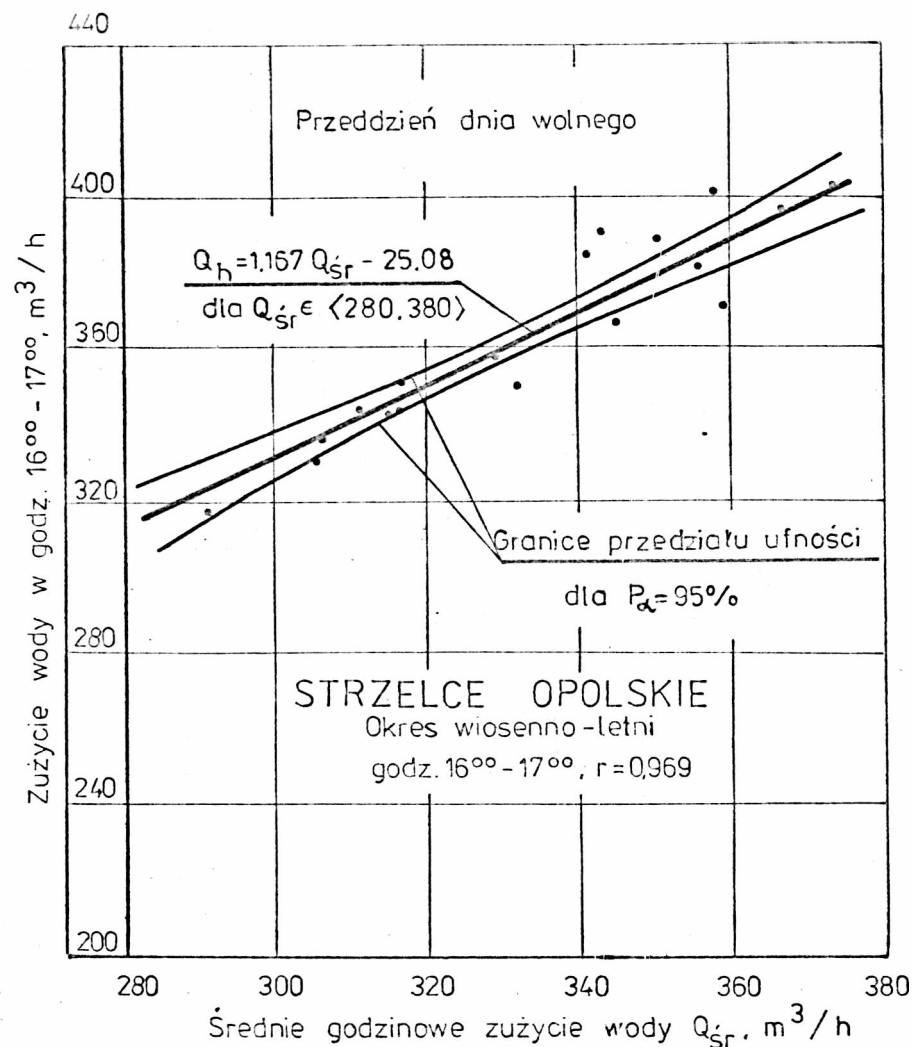
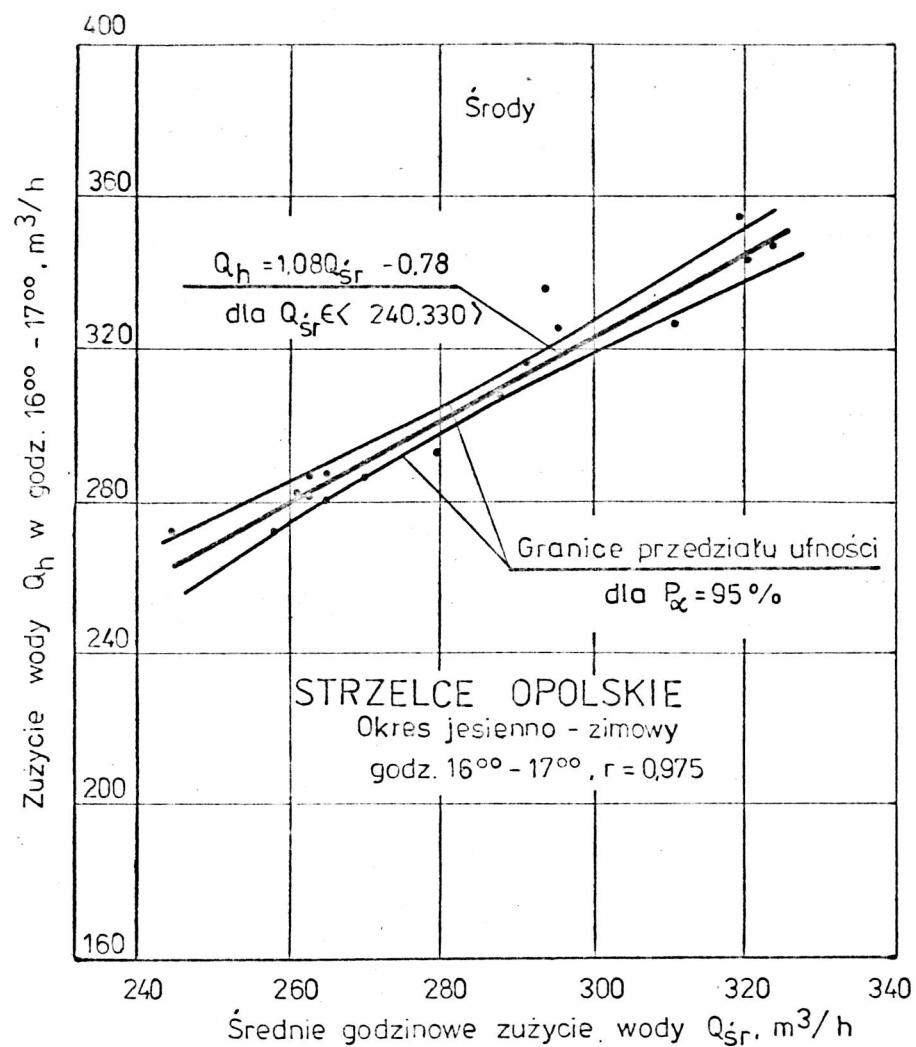
1	2	3	4	5	6	7	8
Piątek	0-1	-104,10	1,18	22	0,905	0,742	0,999
	1-2	-81,46	1,09	20	0,912	0,742	0,999
	2-3	-80,92	1,08	20	0,912	0,742	0,999
	3-4	-92,16	1,11	18	0,926	0,742	0,999
	4-5	-77,09	1,10	20	0,911	0,742	0,999
	5-6	-59,30	1,11	24	0,882	0,742	0,999
	6-7	82,20	0,74	20	0,837	0,742	0,999
	7-8	71,56	0,82	23	0,824	0,742	0,999
	8-9	98,22	0,76	21	0,827	0,742	0,999
	9-10	79,27	0,83	21	0,848	0,742	0,999
	10-11	129,29	0,65	26	0,720	0,623	0,990
	11-12	81,68	0,82	18	0,880	0,742	0,999
	12-13	19,08	1,02	18	0,917	0,742	0,999
	13-14	-31,43	1,20	12	0,971	0,742	0,999
	14-15	-34,27	1,19	15	0,953	0,742	0,999
	15-16	-72,71	1,30	16	0,957	0,742	0,999
	16-17	-68,56	1,28	17	0,951	0,742	0,999
	17-18	6,79	1,05	14	0,950	0,742	0,999
	18-19	35,55	0,95	12	0,953	0,742	0,999
	19-20	31,37	0,97	20	0,891	0,742	0,999
	20-21	77,84	0,81	21	0,845	0,742	0,999
	21-22	104,69	0,71	20	0,814	0,742	0,999
	22-23	69,86	0,79	21	0,831	0,742	0,999
	23-24	-53,71	1,07	33	0,796	0,742	0,999
Przedświąteczne	0-1	-146,70	1,28	24	0,900	0,693	0,999
	1-2	-137,90	1,23	21	0,919	0,693	0,999
	2-3	-148,80	1,26	18	0,943	0,693	0,999
	3-4	-179,40	1,35	15	0,961	0,693	0,999
	4-5	-128,30	1,23	15	0,955	0,693	0,999
	5-6	-50,89	1,07	13	0,953	0,693	0,999
	6-7	54,54	0,83	16	0,901	0,693	0,999
	7-8	101,51	0,74	16	0,970	0,693	0,999
	8-9	19,38	0,98	25	0,836	0,693	0,999
	9-10	-20,46	1,10	25	0,869	0,693	0,999
	10-11	20,59	0,99	24	0,855	0,693	0,999
	11-12	70,73	0,87	22	0,836	0,693	0,999
	12-13	79,47	0,84	20	0,857	0,693	0,999
	13-14	99,28	0,79	17	0,872	0,693	0,999
	14-15	79,98	0,84	12	0,937	0,693	0,999
	15-16	104,41	0,77	13	0,921	0,693	0,999
	16-17	54,91	0,93	9	0,969	0,693	0,999
	17-18	58,29	0,92	9	0,968	0,693	0,999
	18-19	52,52	0,93	11	0,959	0,693	0,999
	19-20	47,50	0,94	14	0,933	0,693	0,999
	20-21	33,38	0,97	16	0,919	0,693	0,999
	21-22	-38,15	1,21	17	0,941	0,693	0,999
	22-23	-28,84	1,10	18	0,923	0,693	0,999
	23-24	-64,95	1,13	19	0,924	0,693	0,999

a.d. tabeli 5-12

1	2	3	4	5	6	7	8
Wolne	0-1	-24,60	0,98	36	0,679	0,597	0,999
	1-2	-9,19	0,90	34	0,665	0,597	0,999
	2-3	-38,74	0,98	32	0,717	0,597	0,999
	3-4	-52,70	1,03	33	0,728	0,597	0,999
	4-5	-50,72	1,03	30	0,754	0,597	0,999
	5-6	-18,79	0,97	30	0,738	0,597	0,999
	6-7	57,74	0,78	18	0,830	0,597	0,999
	7-8	80,79	0,77	16	0,855	0,597	0,999
	8-9	151,89	0,60	18	0,743	0,597	0,999
	9-10	165,15	0,58	22	0,670	0,597	0,999
	10-11	147,56	0,65	22	0,708	0,597	0,999
	11-12	61,72	0,92	22	0,818	0,597	0,999
	12-13	8,68	1,08	26	0,818	0,597	0,999
	13-14	12,09	1,07	22	0,856	0,597	0,999
	14-15	-1,16	1,08	20	0,874	0,597	0,999
	15-16	10,46	1,03	14	0,928	0,597	0,999
	16-17	-4,26	1,05	14	0,927	0,597	0,999
	17-18	-35,75	1,15	30	0,793	0,597	0,999
	18-19	-111,01	1,37	21	0,911	0,597	0,999
	19-20	-9,59	1,07	16	0,910	0,597	0,999
	20-21	-37,43	1,14	21	0,882	0,597	0,999
	21-22	-43,33	1,12	16	0,924	0,597	0,999
	22-23	-66,33	1,16	14	0,945	0,597	0,999
	23-24	-106,60	1,25	15	0,941	0,597	0,999
Robocze	0-1	-129,56	1,24	19	0,906	0,321	0,999
	1-2	-117,68	1,19	18	0,912	0,321	0,999
	2-3	-123,63	1,20	17	0,918	0,321	0,999
	3-4	-137,04	1,24	17	0,924	0,321	0,999
	4-5	-121,15	1,22	18	0,912	0,321	0,999
	5-6	-34,74	1,02	18	0,888	0,321	0,999
	6-7	84,46	0,73	18	0,803	0,321	0,999
	7-8	93,02	0,76	18	0,814	0,321	0,999
	8-9	70,28	0,84	18	0,843	0,321	0,999
	9-10	20,56	1,01	19	0,873	0,321	0,999
	10-11	65,53	0,87	18	0,845	0,321	0,999
	11-12	57,04	0,90	16	0,886	0,321	0,999
	12-13	46,81	0,94	16	0,893	0,321	0,999
	13-14	436,53	0,96	15	0,904	0,321	0,999
	14-15	21,73	1,02	13	0,938	0,321	0,999
	15-16	16,72	1,03	14	0,930	0,321	0,999
	16-17	10,40	1,05	12	0,949	0,321	0,999
	17-18	21,41	1,01	11	0,950	0,321	0,999
	18-19	18,54	1,01	13	0,931	0,321	0,999
	19-20	40,74	0,94	19	0,860	0,321	0,999
	20-21	60,18	0,87	16	0,871	0,321	0,999
	21-22	60,37	0,84	18	0,845	0,321	0,999
	22-23	55,62	0,82	19	0,817	0,321	0,999
	23-24	-40,65	1,03	21	0,847	0,321	0,999



Rys. 5-59 Wykresy zależności $Q_{h8,17} / Q_{sr}$ m³/h, Strzelce Opolskie, 1976/77r./



Rys. 5-60 Wykresy zależności $Q_{h_{3,16}}/Q_{sr}$ h/, Strzelce Opolskie, 1976/77r/.

$$Q_{8,17,2} = 21,41 + 1,01 \cdot \frac{Q_{d8}}{24}, \quad m^3/h, \quad /5-21/$$

Współczynnik korelacji r równania /5-21/ wynosi 0,950, a korelację zweryfikowano na poziomie istotności P_α równym 0,999.

Na podstawie zależności /5-21/ można sformułować równanie służące do krótkoterminowego prognozowania zużycia wody w godz. 17 - 18 dla roku 1978. Przyjmuje ono postać:

$$\tilde{Q}_{h8,17,2} = /21,41 + 1,01 \cdot \frac{\tilde{Q}_{d8}}{24} \cdot \frac{1}{c_R} / \cdot c_{R_h}, \quad m^3/h, \quad /5-22/$$

Opracowano również równanie ujmujące zależność między maksymalnym godzinowym zużyciem wody, a zużyciem dobowym:

$$Q_{h \max_j} = A_{j,r} + B_{j,r} \cdot Q_{d_j}, \quad m^3/h, \quad /5-23/$$

Wyniki obliczeń korelacji $Q_{h \max_j} / Q_d$ zestawiono w tabelach 5-13 do 5-15 oraz zilustrowano na rysunkach 5-61 do 5-62.

Wskazują one, że w praktyce przy badaniu korelacji między dobowym i godzinowym zużyciem wody nie jest konieczne dokonywanie podziału roku na okresy jesienno-zimowy i wiosenno-letni oraz na dni tygodnia o jednakowej nazwie, lecz można rozpatrywać zbiory danych z dni roboczych i wolnych od pracy. Korelację zweryfikowano na poziomie istotności $P_\alpha = 1 - \alpha$ większym, niż 0,99.

Dla potrzeb krótkoterminowego prognozowania równanie /5-23/ przyjmuje postać:

$$\tilde{Q}_{h \max_j} = /A_{j,r} + B_{j,r} \cdot \tilde{Q}_{d_j} \cdot \frac{1}{c_R} / \cdot c_{R_h}, \quad m^3/h, \quad /5-24/$$

Tabela 5-13

Wyniki obliczeń korelacji $Q_{h \max, j, r} / Q_{d, j} /$
Łódź 1976/77r.

Dzień tygodnia	Okres roku I-jesienno- zimowy II-wiosenno- letni	Współczynnik korelacji r	Poziom istotności korelacji $P_{\alpha} = 1-\alpha$	Współczynniki regresji		Średnie odchylenie standardowe % $Q_{h \max, j, r}$
				$A_{j, r}$	$B_{j, r}$	
1	2	3	4	5	6	7
Poniedziałek	I	0,821	0,999	-2291,1	0,05915	2,92
	II	0,867	0,999	-2642,1	0,06002	3,56
	I+II	0,863	0,999	-2095,9	0,05829	3,22
Wtorek	I	0,611	0,999	3275,1	0,03820	3,90
	II	0,865	0,999	-305,4	0,04986	2,73
	I+II	0,786	0,999	1917,5	0,04271	3,37
Środa	I	0,819	0,999	-572,1	0,05097	2,06
	II	0,879	0,999	342,5	0,04738	2,25
	I+II	0,878	0,999	1068,2	0,04518	2,16
Czwartek	I	0,701	0,999	238,0	0,04861	3,43
	II	0,776	0,999	2018,2	0,04222	3,13
	I+II	0,753	0,999	2000,0	0,04245	3,25
Piątek	I	0,704	0,999	687,6	0,04719	3,71
	II	0,781	0,999	1032,3	0,04521	2,94
	I+II	0,747	0,999	2369,7	0,04118	3,36
Dni przedświą- teczne	I	0,662	0,999	341,2	0,04935	3,47
	II	0,616	0,999	5691,7	0,03099	4,09
	I+II	0,649	0,999	4508,7	0,03494	3,79
Dni wolne od pracy	I	0,581	0,999	5207,6	0,03407	5,92
	II	0,722	0,999	-618,9	0,05754	5,91
	I+II	0,650	0,999	2665,6	0,04441	5,98
Wszystkie dni robocze	I	0,681	0,999	2278,0	0,04192	3,44
	II	0,748	0,999	2860,5	0,03977	3,51
	I+II	0,747	0,999	2871,5	0,03980	3,47

Tabela 5-14

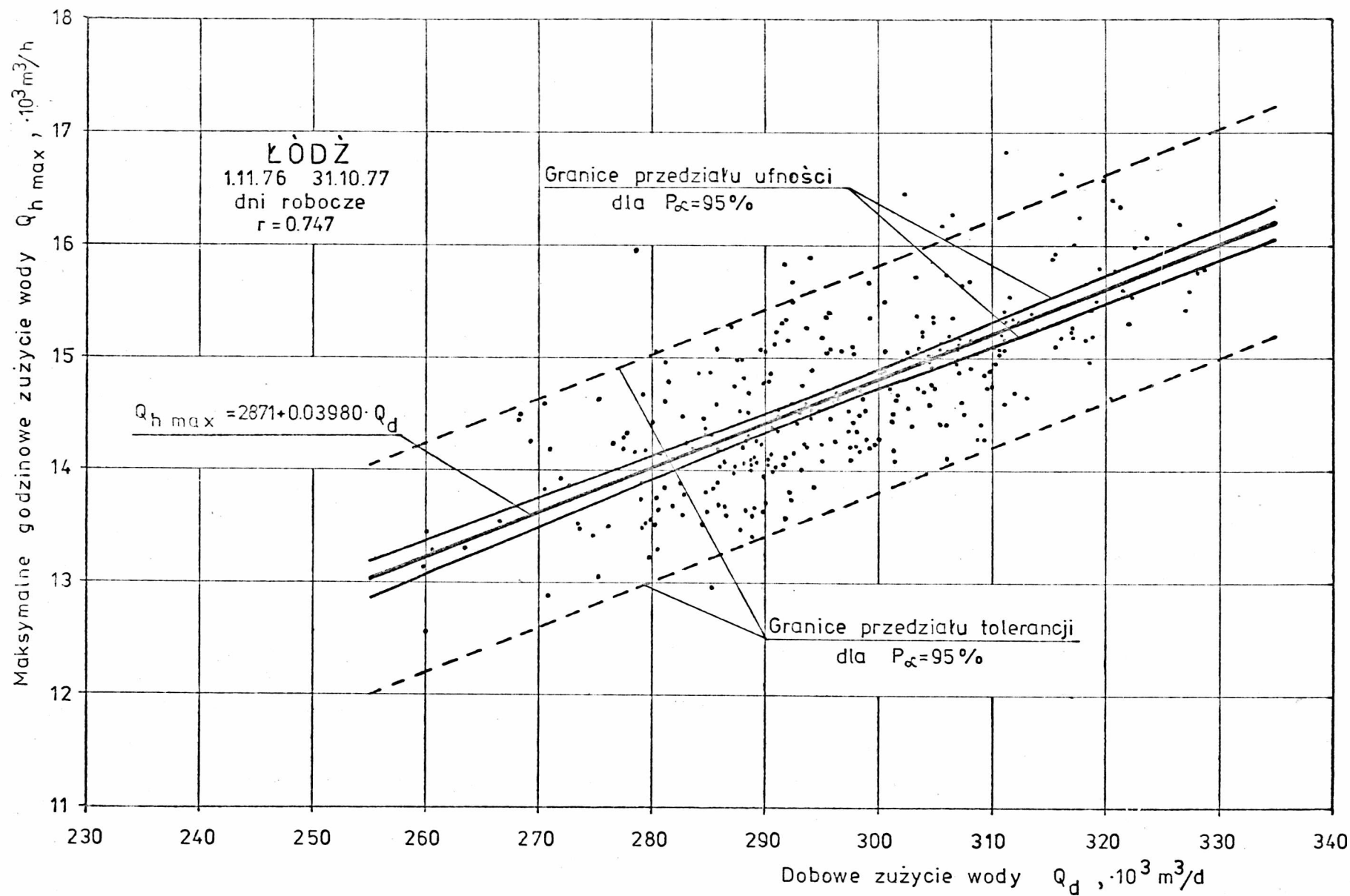
Wyniki obliczeń korelacji $Q_{h \max j,r} / Q_d /$
Łódź 1977/78.

Dzień tygodnia	Okres roku I - jesienno- zimowy II - wiosenno- letni	Współczynnik korelacji r	Poziom istotności korelacji $p_{\alpha} = 1-\alpha$	Współczynnik regresji		Średnie odchy- lenie standar- dowe $s_{Q_{\max h j,r}}$
				$A_{j,r}$	$B_{j,r}$	
1	2	3	4	5	6	7
Poniedziałek	I	0,530	0,900	2463,0	0,04288	3,11
	II	0,778	0,999	4858,9	0,03467	3,32
	I+II	0,705	0,999	4226,5	0,03637	3,23
Wtorek	I	0,629	0,999	1748,4	0,04329	2,86
	II	0,791	0,999	4438,3	0,03525	3,30
	I+II	0,601	0,999	12969,2	0,00901	3,68
Środa	I	0,480	0,980	5069,4	0,03362	2,92
	II	0,736	0,999	1971,5	0,04339	3,53
	I+II	0,688	0,999	2281,0	0,04231	3,21
Czwartek	I	0,694	0,999	811,4	0,04599	2,63
	II	0,794	0,999	702,4	0,04660	2,80
	I+II	0,762	0,999	523,1	0,04697	2,68
Piątek	I	0,246	<0,90	13289,7	0,00781	3,79
	II	0,704	0,999	2337,1	0,04161	4,40
	I+II	0,472	0,999	9493,4	0,02063	4,48
Dni przedświąteczne	I	0,643	0,990	3242,9	0,04058	2,95
	I I	0,615	0,990	5637,7	0,03301	3,96
	I+II	0,640	0,999	5095,6	0,03472	3,40
Dni wolne od pracy	I	0,707	0,999	2961,7	0,04505	5,54
	II	0,843	0,999	448,1	0,05240	4,80
	I+II	0,768	0,999	1684,9	0,04890	5,35
Wszystkie dni robocze	I	0,375	0,999	9938,7	0,01893	3,24
	II	0,729	0,999	4183,5	0,03649	3,63
	I+II	0,618	0,999	6087,7	0,03074	3,59

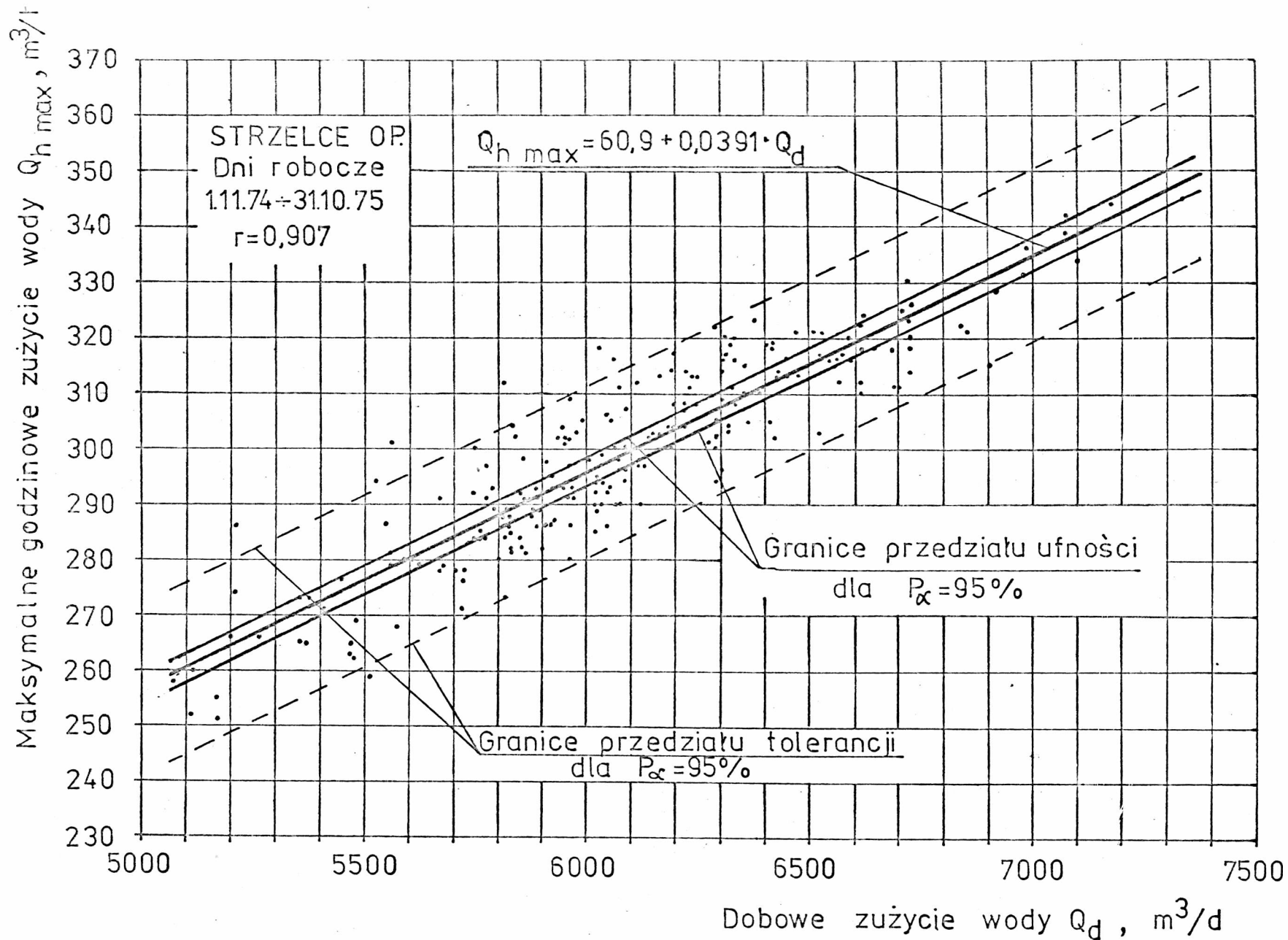
Tabela 5-15

Wyniki obliczeń korelacji $Q_{h \max_{j,r}} / Q_{d_j}$
Strzelce Opolskie 1974/75.

Dzień tygodnia	Okres roku I - jesienno- II - zimowy III - wiosenno- IV - letni	Współczynnik korelacji r	Poziom istotności korelacji $P_{\alpha} = 1 - \alpha$	Współczynniki regresji		Średnie odchy- lenie standar- dowe s , ‰ $Q_{h \max_{j,r}}$
				$A_{j,r}$	$B_{j,r}$	
1	2	3	4	5	6	7
Poniedziałek	I	0,690	0,999	47,5	0,042	3,63
	II	0,766	0,999	95,9	0,034	2,65
	I+II	0,807	0,999	60,3	0,039	3,12
Wtorek	I	0,869	0,999	45,5	0,042	2,80
	II	0,769	0,999	75,0	0,037	3,21
	I+II	0,899	0,999	48,1	0,041	2,95
Środa	I	0,922	0,999	64,6	0,038	1,74
	II	0,922	0,999	65,8	0,038	2,30
	I+II	0,944	0,999	61,6	0,039	2,05
Czwartek	I	0,939	0,999	15,4	0,046	1,72
	II	0,873	0,999	100,7	0,033	2,45
	I+II	0,932	0,999	56,1	0,040	2,25
Piątek	I	0,907	0,999	48,9	0,041	2,23
	II	0,868	0,999	115,3	0,031	1,98
	I+II	0,932	0,999	61,0	0,039	2,21
Dni przedswią- teczne	I	0,823	0,999	70,2	0,038	3,49
	II	0,877	0,999	100,9	0,033	2,02
	I+II	0,901	0,999	67,3	0,038	2,78
Dni wolne od pracy	I	0,727	0,999	43,4	0,041	5,20
	II	0,678	0,999	140,4	0,026	2,76
	I+II	0,860	0,999	20,6	0,046	4,38
Wszystkie dni robocze	I	0,852	0,999	53,9	0,040	2,69
	II	0,863	0,999	88,7	0,035	2,41
	I+II	0,907	0,999	60,9	0,039	2,58



Rys. 5-61 Wykres zależności $Q_{h \max}/Q_d$ w Łodzi /dni robocze, 1976/77r/.



Rys. 5-62 Wykres zależności $Q_{h \max}/Q_d$ w Strzelcach Opolskich /dni robocze, 1974/75r/.

Przykładowo dla Łodzi i dni roboczych w roku 1976/77 otrzymano równanie :

$$Q_{h \max_8} = 2871_8 + 0,03980_8 \cdot Q_{d_8}, \quad m^3/h, \quad /5-25/$$

a dla dni wolnych od pracy :

$$Q_{h \max_7} = 2666_7 + 0,04441_7 \cdot Q_{d_7}, \quad m^3/h. \quad /5-26/$$

Współczynnik korelacji r równania /5-25/ wynosi 0,747, a równania /5-26/: 0,650. Liniową korelację zweryfikowano na poziomie istotności P_α większym, niż 0,999.

Dla potrzeb krótkoterminowego prognozowania zależności /5-25/ i /5-26/ przyjmują postać:

- dla dni roboczych:

$$\tilde{Q}_{h \max_8} = /2871_8 + 0,03980 \cdot \tilde{Q}_{d_8} \cdot \frac{1}{c_R} / \cdot c_{R_h}, \quad m^3/d, \quad /5-27/$$

Wyniki obliczeń zaobserwowanego i prognozowanego maksymalnego godzinowego zużycia wody dla dni roboczych w Łodzi przedstawiono w tabeli 5-16.

Średnie błędy prognozy wynoszą od +2,73 % do -2,50 %.

Rozkład błędów prognozy przedstawiono na rysunku 5-63.

W Łodzi w dniach roboczych w roku 1977/78 w 52 dniach na 284 wielkości prognozowane błąd prognozy przekracza 5 %.

Ilość dni w których błąd prognozy przekraczał 5 %, podobnie jak dla prognozowanych wielkości dobowego zużycia wody, byłaby znacznie mniejsza, gdyby wszystkie awarie wodociągu i ograniczenia dostawy energii elektrycznej były notowane przez obsługę pompowni i wykorzystane do korekty wielkości prognozowanych.

Wyniki obliczeń prognozowanych $\tilde{Q}_{h \max}$ i zaobserwowanych $Q_{h \max}$

wartości maksymalnego godzinowego zużycia wody w Łodzi

/dni robocze, 1977/78 r./.

L.p.	Data	$\tilde{Q}_d$	$Q_{h \max}$	$\tilde{Q}_{h \max}$	$\frac{\tilde{Q}_{h \max} - Q_{h \max}}{Q_{h \max}} \cdot 100$
-	-	m ³ /d	m ³ /h		%
1	2	3	4	5	6
Okres jesienno - zimowy 1.11.77 - 30.04.78 r.					
1.	2.11.77	316346	15359	15688	2,146
2.	3.11.77	318065	15450	15756	1,984
3.	4.11.77	322098	15510	15916	2,618
4.	5.11.77	315217	15503	15644	0,909
5.	7.11.77	319783	16541	15828	-4,581
6.	8.11.77	329059	15771	16191	2,665
7.	9.11.77	324588	15680	16014	2,133
8.	10.11.77	328478	14804	16168	9,216
9.	11.11.77	331635	16241	16293	0,321
10.	12.11.77	316522	17181	15695	-8,646
11.	14.11.77	316877	15202	15709	3,339
12.	15.11.77	325650	15351	16056	4,595
13.	16.11.77	320449	16773	15851	-5,498
14.	17.11.77	327794	17025	16141	-5,191
15.	18.11.77	329540	16713	16210	-3,008
16.	21.11.77	323936	15361	15989	4,068
17.	22.11.77	326246	15176	16080	5,957
18.	23.11.77	323852	15926	15946	0,655
19.	24.11.77	330442	15923	16246	2,028
20.	25.11.77	329895	15919	16224	1,918
21.	26.11.77	318937	15688	15791	0,657
22.	28.11.77	316837	16221	15708	-3,163
23.	29.11.77	329668	15559	16215	4,218
24.	30.11.77	326638	15297	16095	5,220

1	2	3	4	5	6
25.	1.12.77	327230	15506	16119	3,953
26.	2.12.77	329395	15797	16204	2,580
27.	5.12.77	333038	15584	16349	4,906
28.	6.12.77	327523	15674	16130	2,913
29.	7.12.77	324021	15698	15992	1,105
30.	8.12.77	325659	16025	16057	0,198
31.	9.12.77	330333	17256	16242	-5,873
32.	10.12.77	320133	15770	15838	0,433
33.	12.12.77	317937	16615	15751	-5,197
34.	13.12.77	329943	16354	16226	-0,781
35.	14.12.77	327589	16042	16133	0,568
36.	15.12.77	327299	16017	16122	0,653
37.	16.12.77	330686	15900	16256	2,236
38.	17.12.77	320745	16027	15862	-1,026
39.	19.12.77	319737	16461	15823	-3,878
40.	20.12.77	331818	15612	16300	4,409
41.	21.12.77	325801	15381	16062	4,430
42.	22.12.77	330115	16113	16233	0,745
43.	23.12.77	332110	16358	16312	-3,230
44.	24.12.77	324900	15689	16027	2,153
45.	27.12.77	314690	14656	15623	6,598
46.	28.12.77	313550	15680	15578	-0,651
47.	29.12.77	319306	15179	15806	4,123
48.	30.12.77	328691	15443	16177	4,751
49.	31.12.77	315895	15129	15671	3,581
50.	2.01.78	308723	15811	15367	-2,681
51.	3.01.78	322626	15392	15937	3,540
52.	4.01.78	323895	16798	15987	-5,133
53.	5.01.78	327400	15520	16125	3,902
54.	6.01.78	328840	16556	16183	-2,255
55.	9.01.78	324096	15126	15995	5,745
56.	10.01.78	320872	16106	15867	-1,481
57.	11.01.78	322987	15723	15951	1,451
58.	12.01.78	326980	15636	16109	3,025
59.	13.01.78	326930	15954	16107	0,959
60.	14.01.78	318843	15529	15787	1,663
61.	16.01.78	314410	16935	15612	-7,921
62.	17.01.78	327402	15178	16125	6,244
63.	18.01.78	323043	15948	15953	0,034

c.d. tabeli 5-16

1	2	3	4	5	6
64.	19.01.78	326788	15128	16101	6,434
65.	20.01.78	329116	15388	16193	5,235
66.	21.01.78	319329	16220	15806	-2,549
67.	23.01.78	315058	15327	15638	2,027
68.	24.01.78	325559	15311	16053	4,845
69.	25.01.78	324118	15987	15996	0,055
70.	26.01.78	325265	15998	16041	0,270
71.	27.01.78	329793	15766	16220	2,879
72.	28.01.78	320464	17244	15851	-8,076
73.	30.01.78	319671	15953	15820	-0,833
74.	31.01.78	328147	15674	16155	3,070
75.	1.02.78	322041	15187	15914	4,785
76.	2.02.78	326063	15931	16073	0,890
77.	3.02.78	329448	16614	16207	-2,452
78.	4.02.78	320744	16469	15862	-3,683
79.	6.02.78	318511	16045	15774	-1,688
80.	7.02.78	329195	16795	16197	-3,563
81.	8.02.78	332960	16499	16345	-0,930
82.	9.02.78	329718	15690	16217	3,361
83.	10.02.78	332343	15802	16321	3,285
84.	13.02.78	327372	16733	16124	-3,636
85.	14.02.78	328559	15639	16171	3,405
86.	15.02.78	329873	16007	16223	1,352
87.	16.02.78	329059	16443	16191	-1,591
88.	17.02.78	331927	15842	16305	2,920
89.	18.02.78	321931	16285	15909	-2,306
90.	20.02.78	320412	16801	15849	-5,664
91.	21.02.78	329870	15579	16223	4,136
92.	22.02.78	324994	16402	16030	-2,265
93.	23.02.78	329281	15559	16200	4,120
94.	24.02.78	333338	16141	16360	1,360
95.	25.02.78	321606	15553	15896	2,209
96.	27.02.78	319359	17002	15808	-1,024
97.	28.02.78	329145	16323	16195	-0,786
98.	1.03.78	326457	16382	16088	-1,792
99.	2.03.78	330659	16466	16254	-1,284
100.	3.03.78	332792	16605	16339	-1,629

1	2	3	4	5	6
101.	6.03.78	332162	16248	16314	0,406
102.	7.03.78	329337	16175	16202	0,168
103.	8.03.78	325905	16025	16066	0,259
104.	9.03.78	328715	16307	16178	-0,793
105.	10.03.78	331222	16218	16277	0,362
106.	11.03.78	320652	16165	15859	-1,894
107.	13.03.78	318216	16439	15762	-4,115
108.	14.03.78	328947	15691	16187	3,160
109.	15.03.78	329195	15838	16197	2,264
110.	16.03.78	329213	16099	16197	0,611
111.	17.03.78	332435	16312	16325	0,078
112.	18.03.78	323031	16237	15953	-1,750
113.	20.03.78	318329	15854	15767	-0,549
114.	21.03.78	330624	16685	16253	-2,588
115.	22.03.78	329835	16076	16222	0,908
116.	23.03.78	335866	17283	16460	-4,759
117.	24.03.78	337143	17459	16511	-5,431
118.	25.03.78	331784	16237	16299	0,382
119.	28.03.78	319702	16278	15821	-2,806
120.	29.03.78	330001	16509	16228	-1,699
121.	30.03.78	339776	16136	16615	2,969
122.	1.04.78	303437	16497	15178	-7,995
123.	3.04.78	320827	16137	15866	1,681
124.	4.04.78	326597	16283	16094	-1,161
125.	5.04.78	326892	16245	16106	-0,858
126.	6.04.78	330767	16059	16259	1,244
127.	7.04.78	335170	16590	16433	-0,947
128.	10.04.78	326387	16928	16086	-4,976
129.	11.04.78	329551	15851	16211	2,218
130.	12.04.78	326357	16288	16084	-1,250
131.	13.04.78	328434	15509	16166	4,240
132.	14.04.78	330247	16782	16238	-3,240
133.	15.04.78	320657	16343	15859	-2,961
134.	17.04.78	320937	15731	15872	0,897
135.	18.04.78	328613	17022	16174	-4,984
136.	19.04.78	323178	15836	15959	0,775
137.	20.04.78	332249	16505	16317	-1,137

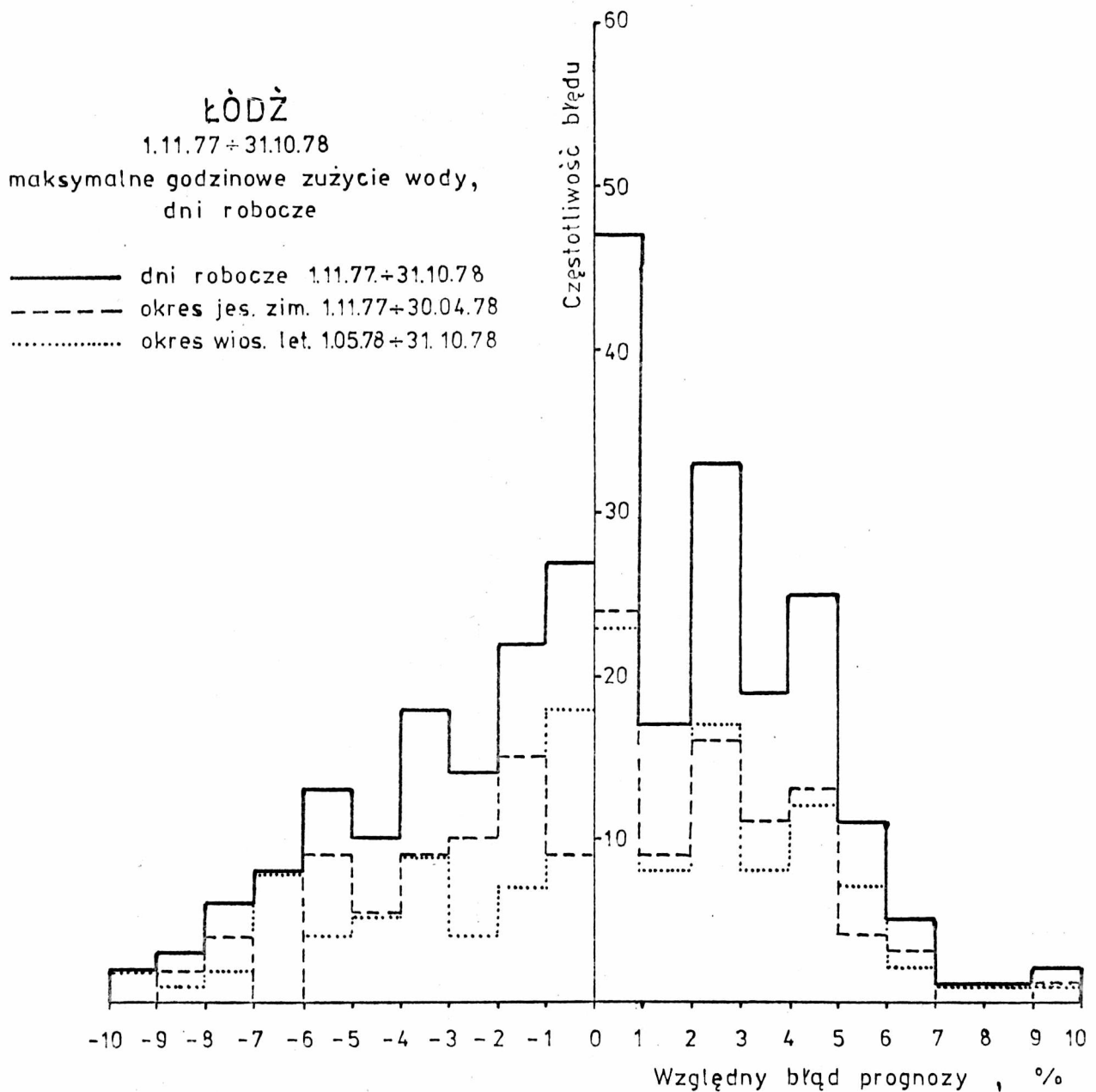
c.d. tabeli 5-16

1	2	3	4	5	6
138.	21.04.78	338113	17139	16549	-3,441
139.	22.04.78	328848	17058	16183	-5,130
140.	24.04.78	323903	16393	15987	-2,474
141.	25.04.78	331139	16524	16273	-1,516
142.	26.04.78	330679	17526	16255	-7,250
143.	27.04.78	333704	16602	16375	-1,368
144.	28.04.78	334465	17764	16405	-7,605
145.	29.04.78	326700	17075	16098	-5,722
Okres wiosenno-letni 1.05.78 - 31.10.78 r.					
1.	2.05.78	331576	15862	16292	2,703
2.	3.05.78	325537	17106	16052	-6,162
3.	4.05.78	334926	16511	16423	-0,531
4.	5.05.78	345431	17834	16839	-5,581
5.	6.05.78	332242	16383	16317	-0,402
6.	10.05.78	301462	16526	15100	-8,629
7.	12.05.78	329466	16428	16207	-1,343
8.	15.05.78	336909	16488	16502	0,083
9.	16.05.78	334923	16571	16423	-0,892
10.	17.05.78	334971	16513	16425	-0,532
11.	18.05.78	339847	16256	16618	2,226
12.	19.05.78	341743	16561	16693	0,796
13.	20.05.78	334778	16955	16417	-3,171
14.	22.05.78	330577	16115	16251	0,846
15.	23.05.78	332747	16206	16337	0,809
16.	24.05.78	334162	16231	16393	0,998
17.	26.05.78	341369	16913	16678	-1,389
18.	27.05.78	334629	17517	16411	-6,311
19.	29.05.78	334740	17503	16416	-6,211
20.	30.05.78	345760	15913	16852	5,899
21.	31.05.78	344682	16541	16809	1,620
22.	1.06.78	349330	17050	16992	-0,335
23.	2.06.78	354478	17873	17196	-3,786
24.	3.06.78	343656	17976	16768	-6,717
25.	5.06.78	339428	16519	16601	0,498

1	2	3	4	5	6
26.	6.06.78	351345	18185	17072	-6,118
27.	7.06.78	354035	17303	17179	-0,717
28.	8.06.78	347605	16659	16925	1,594
29.	9.06.78	347618	16554	16925	2,242
30.	12.06.78	326899	15118	16106	6,534
31.	13.06.78	328215	15825	16158	2,103
32.	14.06.78	326318	15935	16083	0,928
33.	15.06.78	335427	15993	16443	2,814
34.	16.06.78	337482	16516	16524	0,050
35.	17.06.78	332353	16224	16321	0,601
36.	19.06.78	330567	15804	16251	2,828
37.	20.06.78	344081	16441	16785	2,094
38.	21.06.78	345543	16465	16843	2,296
39.	22.06.78	346399	17059	16877	-1,067
40.	23.06.78	350740	16350	17048	4,273
41.	24.06.78	323102	16840	15956	-5,251
42.	26.06.78	313954	16243	15594	-3,996
43.	27.06.78	332825	15518	16340	5,298
44.	28.06.78	330657	15442	16254	5,261
45.	29.06.78	335368	15784	16441	4,162
46.	30.06.78	343097	16667	16746	0,476
47.	1.07.78	327733	15669	16139	2,998
48.	3.07.78	306381	14630	15294	4,542
49.	4.07.78	314500	14704	15615	6,199
50.	5.07.78	311166	15197	15484	1,887
51.	6.07.78	316406	15374	15691	2,061
52.	7.07.78	324853	15278	16025	4,889
53.	10.07.78	292345	14114	14739	4,432
54.	11.07.78	307960	15036	15357	2,134
55.	12.07.78	313928	15666	15593	-0,466
56.	13.07.78	320272	16619	15844	-4,664
57.	14.07.78	327247	15400	16120	4,673
58.	15.07.78	309482	15358	15417	0,385
59.	17.07.78	301042	15071	15083	0,244
60.	18.07.78	315062	15005	15638	4,218
61.	19.07.78	315501	14344	15655	9,141
62.	20.07.78	314170	14743	15602	5,830
63.	21.07.78	309344	14838	15412	3,866

1	2	3	4	5	6
64.	24.07.78	299910	15237	15039	-1,302
65.	25.07.78	318895	15090	15789	4,634
66.	26.07.78	319203	15700	15801	0,647
67.	27.07.78	323492	16119	15971	-0,911
68.	28.07.78	329264	16182	16199	0,107
69.	29.07.78	328356	15941	16163	1,395
70.	31.07.78	315315	16502	15648	-5,176
71.	1.08.78	335988	15793	16465	4,256
72.	2.08.78	326670	16062	16097	0,216
73.	3.08.78	336121	15338	16470	7,384
74.	4.08.78	327552	15702	16132	2,736
75.	7.08.78	303157	15049	15167	0,784
76.	8.08.78	318717	15912	15782	-0,815
77.	9.08.78	313955	15578	15594	0,103
78.	10.08.78	315381	16094	15650	-2,756
79.	11.08.78	320191	15027	15841	5,414
80.	12.08.78	309560	15155	15420	1,750
81.	14.08.78	306595	15805	15303	-3,176
82.	16.08.78	319996	16233	15833	-2,465
83.	17.08.78	322381	16164	15927	-1,465
84.	18.08.78	320332	15860	15846	-0,087
85.	19.08.78	303303	15705	15173	-3,389
86.	21.08.78	309041	16588	15400	-7,164
87.	22.08.78	324107	17044	15995	-6,152
88.	23.08.78	336877	18710	16500	-11,810
89.	24.08.78	335386	17509	16441	-6,097
90.	25.08.78	340463	15702	16642	5,988
91.	26.08.78	319511	16082	15814	-1,668
92.	28.08.78	325218	16043	16039	-0,023
93.	29.08.78	319112	16302	15798	-3,092
94.	30.08.78	322123	16998	15917	-6,360
95.	31.08.78	327658	15451	16136	4,432
96.	5.09.78	353646	17343	17163	-1,035
97.	6.09.78	351634	17170	17084	-0,501
98.	7.09.78	347165	17465	16907	-3,194
99.	8.09.78	356198	16896	17264	2,180
100.	9.09.78	338152	17398	16551	-4,869
101.	11.09.78	344668	16018	16808	4,935

1	2	3	4	5	6
102.	12.09.78	351957	16389	17097	1,230
103.	13.09.78	342286	16585	16714	0,779
104.	14.09.78	344199	16069	16790	4,486
105.	15.09.78	345090	16200	16825	3,859
106.	16.09.78	330153	16774	16235	-3,215
107.	18.09.78	327532	15807	16131	2,049
108.	19.09.78	339448	15253	16602	8,845
109.	20.09.78	321345	16037	15886	-0,940
110.	21.09.78	335890	15852	16461	3,844
111.	22.09.78	327440	17831	16127	-9,555
112.	23.09.78	329947	15975	16226	1,573
113.	25.09.78	331370	16658	16283	-2,253
114.	26.09.78	347012	16246	16901	4,033
115.	27.09.78	342577	16760	16725	-0,204
116.	28.09.78	340328	16276	16637	2,217
117.	29.09.78	336223	16438	16474	0,222
118.	30.09.78	326504	15586	16090	3,235
119.	3.10.78	332804	15786	16339	3,505
120.	4.10.78	335433	16589	16443	-0,878
121.	5.10.78	344186	16655	16789	0,807
122.	6.10.78	343235	15945	16752	5,060
123.	10.10.78	344138	17229	16787	-2,562
124.	11.10.78	342507	16838	16723	-0,683
125.	12.10.78	346054	16720	16863	0,857
126.	14.10.78	346350	16769	16875	0,632
127.	16.10.78	331432	15948	16285	2,114
128.	17.10.78	341222	16155	16672	3,202
129.	18.10.78	336397	15958	16481	3,280
130.	19.10.78	340359	16365	16638	1,669
131.	20.10.78	338912	16645	16581	-0,385
132.	21.10.78	333666	16048	16373	2,028
133.	23.10.78	325507	16746	16051	-4,151
134.	24.10.78	334076	17067	16390	-3,969
135.	26.10.78	328359	15366	16163	5,190
136.	27.10.78	334455	17336	16405	-5,363
137.	28.10.78	334256	16535	16397	-0,836
138.	30.10.78	335655	16348	16452	0,637
139.	31.10.78	338435	15954	16562	3,811



Rys. 5-63 Rozkład błędów prognozy maksymalnego
godzinowego zużycia wody w Łodzi
/dni robocze, 1977/78r/.

6. Podsumowanie i wnioski końcowe.

W dysertacji zaprezentowano metodę krótkoterminowego /obejmującego okres czasu 1 do 3 dni/ prognozowania dobowego, godzinowego i maksymalnego godzinowego zapotrzebowania na wodę w aglomeracji miejsko-przemysłowej. Wyniki obliczeń wg tej metody stanowią dane wyjściowe w modelach sterowania systemami zaopatrzenia w wodę.

Część badań dotyczących metody krótkoterminowego prognozowania zapotrzebowania na wodę została wykonana przez zespół w składzie: Zbigniew Siwoń, Jan Cieżak w ramach prac naukowo badawczych Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej i przedstawiono je w opracowaniach [46,50]. Badania te dotyczyły miast małych i o średniej wielkości /Milicz, Kędzierzyn-Koźle, Strzelce Opolskie/. W dysertacji rozszerzono je, uwzględniając Łódzką Aglomerację Miejsko-Przemysłową. W rezultacie zaprezentowany w pracy model zużycia wody dla celów prognostycznych został sformułowany i zweryfikowany w oparciu o wyniki pomiarów w miastach liczących od 8120 do 839540 mieszkańców, zatem dotyczy on zarówno miast małych, jak i dużych aglomeracji miejsko-przemysłowych.

Wyniki badań upoważniają do sformułowania następujących wniosków:

1. Najbardziej istotny wpływ na zmiany wielkości dobowego zużycia wody w czasie roku mają:
 - tygodniowy cykl życia i pracy mieszkańców oraz pracy przemysłu i instytucji,
 - czynniki meteorologiczne, z których najważniejszym jest temperatura powietrza. Wpływ ten zaznacza się przede wszystkim w dniach o temperaturze powietrza równej lub

wyższej od określonej wartości granicznej.

Wpływ opadów atmosferycznych i ciśnienia barometrycznego jest mniejszy, niż poprzednich czynników i statystycznie mniej istotny.

2. Statystyczne badania wyłącznego wpływu czynników meteorologicznych /odrębne dla dni tygodnia zgrupowanych wg jednakowej nazwy/ wykazały, że empiryczne współczynniki korelacji posiadały stosunkowo niskie wartości. Przyczyną tego stanowią m.in. zakłócenia spowodowane wpływem innych czynników, nie uwzględnionych w analizie.
3. Krótkoterminowe /obejmujące okres czasu 1 do 3 dni/ prognozowanie dobowego zapotrzebowania na wodę może być prowadzone w oparciu o równania regresji wielokrotnej ujmującej wpływ:
 - tygodniowej cykliczności zużycia wody, którą można uwzględnić poprzez wprowadzenie do obliczeń współczynników c_{Tj} transponujących zużycie wody w dniu tygodnia o określonej nazwie na dobowe zużycie maksymalne w czasie tygodnia,
 - czynników meteorologicznych, tj. temperatury powietrza i wysokości opadów atmosferycznych, przy czym wpływ opadów atmosferycznych może być niekiedy pominięty,
 - wielkości dobowego zużycia wody w dniu poprzednim Z_p i sprzed dwóch dni Z_{pp} .
4. Krótkoterminowa prognoza zużycia wody w poszczególnych godzinach doby oraz zużycia maksymalnego godzinowego może być dokonana na podstawie równań regresji opisujących liniową zależność między godzinowym lub maksymalnym godzinowym zużyciem wody, a prognozowanym zużyciem dobowym.

LITERATURA

- [1] Amory W., Peak demands : Planning is prescribed. Water and Wastes Engineering, 1973, nr 11.
- [2] Andriašev M.M., Rasčet vodoprovodnych setej s ucetom koefficientov čosovoj neravnomernosti vodopotreblenija, Vodosnab. i sanit. Techn., 1974, nr 11.
- [3] Babbitt H.E. i in., Water supply engineering, N. York 1962.
- [4] Benjamin J.R., Cornell C.A., Rachunek prawdopodobieństwa, statystyka matematyczna i teoria decyzji dla inżynierów, WNT, Warszawa 1977.
- [5] Bielecki K. i in., Wstępne wyniki badań nierównomierności występowania dobowych i godzinowych rozbiórów wody, Pr. nauk. Inst.Inż.Ochr.Środow. PWr nr 37, Konferencje nr 6, Wrocław 1975.
- [6] Bogaczewicz S. i in., Analiza wpływu czynników meteorologicznych na wielkość dobowego zużycia wody, Pr. nauk. Inst. Inż.Ochr.Środ. PWr nr 37, Konferencje nr 6, Wrocław 1975.
- [7] Bogaczewicz S., Siwoń Z., Statystyczne badania maksymalnego zużycia wody w miastach, Materiały na II Sympozjum Naukowo-Techniczne nt. „Problemy inżynierii środowiska na tle aktualnych potrzeb Łódzkiego Województwa Miejskiego”, Łódź 1979.
- [8] Bouge S.M., Trends in water use, J. Am. Wat. Works Ass., 1963, nr 5.

- [9] Brock D.A., Multiple Regression Analysis of Maximum - Day Water Consumption at Dallas, Texas, J.Am.Wat. Works Ass., 1958, nr 50.
- [10] Bromberg F.L., Analiz grafikov nagruzki sistem vodosnabženija s pomoščju statističeskich metodov, Sbornik Avtomatika, Telemechanika i vyčislitel'naja tehnika v gorodskom chozjajstve, ONTI, AKCH, 1967.
- [11] Bromberg F.L., Statističeskie metody analiza i prognozirovanija grafikov nagruzki sistem vodosnabženija, Vodosnab. i sanit. Tech., 1969, nr 3.
- [12] Bylka H., Zygmanski F., Przyczynek do uporządkowania definicji współczynnika nierównomierności zużycia wody, Gaz Woda, 1973, nr 11.
- [13] Csermak B., Ermittlung des zukünftigen Wasserbedarfs, Gas u. Wasserfach Wasser /Abwasser, 1973, nr 11.
- [14] Cramer H., metody matematyczne w statystyce, PWN, Warszawa 1958.
- [15] Domoks M., Csermak B., Weber J., Anwendung von multiregressiven Modellen zur Vorhersage des Wasserbedarfs, Wasserwirtschaft, 1978, nr 11.
- [16] Eigenbrodt A., Wasser für München, Gas u. Wasserfach Wasser / Abwasser, 1960, nr 101.
- [17] Farmer E. Appleyard V.A., Storage and distribution for peak loads, J.Am.Wat.Works Ass., 1962, nr 2.
- [18] Gabryszewski T., Problemy zaopatrzenia w wodę wielkich aglomeracji miejsko-przemysłowych, Pr.nauk. Inst.Inż.Ochr. Środ. PWr nr 37, Konferencje nr 6, Wrocław, 1975.

- [19] Gejnc V.G., O normach koefficientach neravnomernosti chozjajstvenno-pit'evogo vodosnabženija, Vodosnab. i sanit.Tech., 1969, nr 10.
- [20] Graysen L.W., Water Supply - Americas greatest challange, J.Am.Wat. Works Ass., 1960, nr 1.
- [21] Heunis B., Long-term Planning for the Integration of Reclaimed Water with Conventional Supplies, Wat. Pollut. Control , 1973.
- [22] Howson L.R., Imporance of the distribution systems, J.Am.Wat. Works Ass., 1943, nr 12.
- [23] Janczewski H., Zużycie wody w miastach, Warszawa 1973.
- [24] Kaczmarek Z., Metody statystyczne w hydrologii i meteorologii. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1970.
- [25] Kling A., Die Bedarfspitze 1967 der Wasserversorgung der Bundeshadptstadt Wien, Oester. Wasserwirt, 1968, nr 1/2.
- [26] Kłossowski J., Potrzeby w zakresie zaopatrzenia w wodę, odprowadzania i oczyszczania ścieków w miastach i osiedlach, Gaz Woda, 1973, nr 12.
- [27] Linaweaver - Ir. Johu F.P., Summary Raport on the Residential water Use Research Project. J.Am.Wat. Works Ass., 1967, nr 3.
- [28] Łyp B., Oppenheim E., Studium wpływu niektórych zdarzeń w mieście na wielkość zużycia wody w okresie rocznym, Biuro Planowania Rozwoju Warszawy, Warszawa 1972.

- [29] Majzel's M.P., Problemy ustanovlenija normativov potreble-
nija vody na nuždy naselenija, Vodosnab. i sanit.Tech.,
1979, nr 5.
- [30] Mordiasov M.A., Fraktičeskoe vodopotreblene v žiliščnom
fonge i ocenka veličiny neracional'nogo ispol'zovanija
vody naseleniem, Vodosnab. i sanit. Tech., 1978, nr 11.
- [31] Mielcarzewicz E.Wł., Siwoń Z., Badania wielkości i nierów-
nomierności zużycia wody w miastach, osiedlach i budynkach
mieszkalnych. Materiały I-go Zjazdu Wodociągowców Polskich
„Polwod-78”, Łódź, 1978.
- [32] Mielcarzewicz E.Wł., Siwoń Z., Systemy zaopatrzenia w wodę
aglomeracji miejsko-przemysłowych jako element gospodarki
wodnej regionu. Pr. nauk. Inst.Inż.Ochr.Środow. PWr ,
nr 37, Konferencje nr 6, Wrocław 1975.
- [33] Mielcarzewicz E.Wł., Siwoń Z., Untersuchungen der Grösse
und Änderung des Wasserverbrauchs im Raum und Zeit, Wiss.
Zeitschrift der TU Dresden 26, 1977, nr 6.
- [34] Mielcarzewicz E.Wł., Siwoń Z., Untersuchungen der Korrela-
tion zwischen den Faktoren die den täglichen Wasserver-
brauch gestalten und der Grösse dieses Verbrauches. Wiss.
Zeitschrift der TU Dresden 26, 1977, nr 6.
- [35] Mielcarzewicz E.Wł., Siwoń Z. i zespół, Badania zmienności
zapotrzebowania na wodę w czasie i przestrzeni, część I,
II,III, Raporty Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska
PWr, nr 142, Wrocław 1975.

- [36] Pomiar natężenia przepływu płynów za pomocą zwężek,
PN-65/M-53950, WN, Warszawa 1974.
- [37] Quraishi G.M., Domestic water use in Sweden, J. Am. Wat.
Works Ass., 1963, nr 4.
- [38] Quraishi G.M., Water demand in Sweden, J. Am. Wat.
Works Ass., 1962, nr 7.
- [39] Roman P., Zużycie wody w pięciu największych miastach
w Polsce w latach 1960 - 1970, Gaz Woda, 1974, nr 11.
- [40] Schweiger K.M., Einige Ergebnisse der Wasserbedarfsermittlung
in der DDR als Grundlage der Modellierung, Wiss.
Zeitschrift der TU Dresden 26, 1977, nr 6.
- [41] Schweiger K.H., Probleme und Ergebnisse der Wasserbedarfs-
ermittlung für die Bevölkerung und Industrie, Maszynopis
Autora.
- [42] Smirnow N.W., Dunin-Barkowski I.W., Kurs rachunku prawdo-
podobieństwa i statystyki matematycznej dla zastosowań
technicznych, PWN, Warszawa 1973.
- [43] Sidorski K., Badania maksymalnego zużycia wody w budynkach
i osiedlach mieszkalnych, Rozprawa doktorska, Wrocław,
1976.
- [44] Siwoń Z., Podstawy probabilistycznego modelowania zużycia
i zapotrzebowania na wodę w miastach, Arch. hydrot.,
1981, nr 3.
- [45] Siwoń Z., Bogaczewicz S., Metody statystyki matematycznej
w analizie zużycia wody w miastach, Materiały na Konfe-
rencję Naukowo-Techniczną PZITS nt. „Nowoczesne systemy
badań i kontroli środowiska”, Jelenia Góra 1978.

- [46] Siwoń Z., Cieżak J., Krótkoterminowe prognozowanie zapotrzebowania na wodę w miastach, Arch.hydrot., 1980, nr 3.
- [47] Siwoń Z., Mielcarzewicz E.Wł., Podstawy krótkoterminowego prognozowania wielkości dobowego zużycia wody w miastach, Materiały na VI Krajową Konferencję Naukowo-Techniczną PZITS nt. „Zagadnienia zaopatrzenia w wodę miast i wsi”, Poznań 1978.
- [48] Siwoń Z., Bogaczewicz S., Cieżak J., Badania rozkładu ciśnienia i sprawności hydraulicznej sieci wodociągowej oraz stanu technicznego systemu zaopatrzenia w wodę m. Kędzierzyn-Koźle. Etap I i II, Raporty Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska PWr nr 289 i 326, Wrocław 1977 i 1978.
- [49] Siwoń Z., Bogaczewicz S., Cieżak J., Badania rozkładu ciśnienia w sieci wodociągowej m. Strzelce Opolskie, Raport Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska PWr , nr 348, Wrocław 1978.
- [50] Siwoń Z., Bogaczewicz S., Cieżak J., Opracowanie metod prognozowania zapotrzebowania na wodę w aglomeracji miejsko-przemysłowej, Etap I i II, Raporty Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska PWr Serii SPR nr 26/79 i 6/80, Wrocław 1979 i 1980.
- [51] Sroczynski J., Wahanie zużycia wody wodociągowej w osiedlach wiejskich woj. krakowskiego, Materiały na Konferencję Naukową IMUZ, Falenty 1975.

- [52] Struckmeier P.H., Untersuchungen über die Witterungsabhängigkeit des Wasserverbrauchs, Gas u. Wasserfach Wasser / Abwasser, 1975, nr 2 .
- [53] Suligowski Z., Matematyczne modele zużycia wody, Gaz Woda, 1980, nr 4.
- [54] Suligowski Z., Zmienność godzinowego zapotrzebowania wody, Arch. hydrot., 1978, nr 2.
- [55] Suligowski Z., Zużycie wody w gospodarstwach domowych, Arch. hydrot., 1978, nr 1.
- [56] Supersperg H., Statistische Methoden in der Siedlungswasserwirtschaft, Oesterr. Wasserwirt., 1963, nr 7/8.
- [57] Szpindor A., i in., Zasady organizacji optymalnego sterowania rozdziałem zasobów wodnych w systemie wodno-gospodarczym Legnicko-Głogowskiego Okręgu Miedziowego. Etap I, II i III. Raporty Instytutu Budownictwa Rolniczego Akademii Rolniczej, Wrocław 1976, 1978 i 1981.
- [58] Tessendorff H., Probleme des Spitzenbedarfs, Gas u. Wasserfach Wasser / Abwasser, 1972, nr 10.
- [59] Tkaczukowa B., Zużycie, nierównomierność i straty wody w gospodarstwach domowych, Zeszyty Naukowe IGK nr 35, Warszawa 1973.
- [60] Tuhovcak L., Sterowanie systemami zaopatrzenia w wodę przy pomocy maszyn cyfrowych, Materiały na II Międzynarodowe Sympozjum Naukowe, Karpacz, 1980.
- [61] Turczyn J. i inni, Zużycie wody w gospodarstwach domowych w zależności od ich struktury demograficznej, Gaz Woda, 1970, nr 6.

- [62] Volk W., Statystyka stosowana dla inżynierów, WNT, Warszawa 1973.
- [63] Watson K.S., Water requirements of dishwashers and food waste disposers, J. Am. Wat. Works Ass., 1963, nr 5.
- [64] Wunch W., Tuppeck F., Plett H., Untersuchungen über den Einfluss der Aussentemperatur auf den Wasserverbrauch, Gas u. Wasserfach Wasser / Abwasser, 1959, nr 14.
- [65] Wytyczne do prognozowania zapotrzebowania wody i ilości ścieków miejskich w jednostkach osadniczych, MAGTOŚ IKŚ, Warszawa 1978.
- [66] Wytyczne techniczne projektowania wielkości wodociągu komunalnego w zakresie zapotrzebowania wody, Dz.U. nr 16, 1966.
- [67] Zieliński R., Tablice statystyczne, PWN, Warszawa 1972.
- [68] Zygmanski F., Bylka H., Uogólnienie definicji współczynników nierównomierności rozbiórów wody za pomocą funkcji jej zużycia lub zapotrzebowania, Gaz Woda, 1973, nr 6.

SPIS RYSUNKÓW

- Rys. 5-1 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Strzelcach Opolskich w 1972 r.
- Rys. 5-2 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Strzelcach Opolskich w 1974/75r.
- Rys. 5-3 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Strzelcach Opolskich w 1976/77r.
- Rys. 5-4 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Miliczu w 1974/75r.
- Rys. 5-5 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Koźlu w 1977/78r.
- Rys. 5-6 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Kędzierzynie w 1977/78r.
- Rys. 5-7 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Łodzi w 1976 r.
- Rys. 5-8 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Łodzi w 1976/77r.
- Rys. 5-9 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Łodzi w 1977/78r.
- Rys. 5-10 Wykresy dobowego zużycia wody w okresie tygodnia w Łodzi w 1978/79r.
- Rys. 5-11 Zależność między współczynnikiem korelacji r i graniczną temperaturą powietrza T_{gr} dla Koźla w 1975/76r.
- Rys. 5-12 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /dni robocze, 1972r/.

- Rys. 5-13 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /poniedziałki, 1972r/.
- Rys. 5-14 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /wtorki, 1972r/.
- Rys. 5-15 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /środy, 1972r/.
- Rys. 5-16 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /czwartki, 1972r/.
- Rys. 5-17 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /piątki, 1972r/.
- Rys. 5-18 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /dni przedświąteczne, 1972r/.
- Rys. 5-19 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /dni wolne od pracy, 1972r/.
- Rys. 5-20 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /dni robocze, 1974/75r/.
- Rys. 5-21 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /poniedziałki, 1974/75r /.
- Rys. 5-22 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /wtorki, 1974/75r /.
- Rys. 5-23 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /środy, 1974/75r /.
- Rys. 5-24 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /czwartki, 1974/75r /.
- Rys. 5-25 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /piątki, 1974/75r /.

- Rys. 5-26 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /dni przedświąteczne, 1974/75r /.
- Rys. 5-27 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /dni wolne od pracy, 1974/75r /.
- Rys. 5-28 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /dni robocze, 1976/77r /.
- Rys. 5-29 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /poniedziałki, 1976/77r /.
- Rys. 5-30 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /wtorki, 1976/77r /.
- Rys. 5-31 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /środy, 1976/77r /.
- Rys. 5-32 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /czwartki, 1976/77r /.
- Rys. 5-33 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /piątki, 1976/77r /.
- Rys. 5-34 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /dni przedświąteczne, 1976/77r /.
- Rys. 5-35 Wykres zależności Q_d/T w Strzelcach Opolskich /dni wolne od pracy, 1976/77r /.
- Rys. 5-36 Wykres zależności Q_d/T w Miliczu /dni robocze, 1974/75r /.
- Rys. 5-37 Wykres zależności Q_d/T w Miliczu /poniedziałki, 1974/75r /.
- Rys. 5-38 Wykres zależności Q_d/T w Miliczu /wtorki, 1974/75r /.

- Rys. 5-39 Wykres zależności $Q_d/T/$ w Miliczu /środy,
1974/75r /.
- Rys. 5-40 Wykres zależności $Q_d/T/$ w Miliczu /czwartki,
1974/75r /.
- Rys. 5-41 Wykres zależności $Q_d/T/$ w Miliczu /piątki,
1974/75r /.
- Rys. 5-42 Wykres zależności $Q_d/T/$ w Miliczu /dni przed-
świąteczne, 1974/75r /.
- Rys. 5-43 Wykres zależności $Q_d/T/$ w Miliczu /dni wolne
od pracy, 1974/75r /.
- Rys. 5-44 Wykres zależności $Q_d/T/$ w Koźlu /dni robocze,
1976/77r /.
- Rys. 5-45 Wykres zależności $Q_d/T/$ w Koźlu /dni wolne
od pracy, 1976/77r /.
- Rys. 5-46 Wykres zależności $Q_d/T/$ w Łodzi /dni robocze,
1.07.77 - 31.08.77r /.
- Rys. 5-47 Wykres zależności $Q_d/T/$ w Łodzi /dni robocze,
1.07.79 - 31.08.79r /.
- Rys. 5-48 Wykres zależności $Q_d/T/$ w Łodzi /piątki,
1.11.76 - 30.06.77r /.
- Rys. 5-49 Wykres zależności $Q_d/T/$ w Łodzi /dni przedświąte-
czne, 1.11.76 - 30.06.77r /.
- Rys. 5-50 Zależność $Q_d/T/$ dla danych sprowadzonych do dnia
tygodnia o największym zużyciu wody /Milicz,
1974/75r /.

- Rys. 5-51 Wykres zależności Q_d/Z_p /, Milicz, 1974/75r .
- Rys. 5-52 Wykres zależności Q_d/Z_{pp} /, Milicz, 1974/75r .
- Rys. 5-53 Zmierzone Q_d i prognozowane $\tilde{Q}_d$ dobowe zużycie wody w wiosenno-letnim okresie 1978r w Łodzi.
- Rys. 5-54 Rozkład błędów prognozy dobowego zużycia wody /Łódź, 1977/78r /.
- Rys. 5-55 Rozkład błędów prognozy dobowego zużycia wody /Łódź, 1978/79r /.
- Rys. 5-56 Zmierzone Q_d i prognozowane $\tilde{Q}_d$ dobowe zużycie wody dla dni o maksymalnej w czasie doby temperaturze powietrza T równej lub wyższej, niż T_{gr} /Strzelce Opolskie, 1976/77r /.
- Rys. 5-57 Zmierzone Q_d i prognozowane $\tilde{Q}_d$ dobowe zużycie wody dla dni o maksymalnej w czasie doby temperaturze powietrza T niższej, niż T_{gr} /Strzelce Opolskie, 1976/77r /.
- Rys. 5-58 Rozkład błędów prognozy dobowego zużycia wody /Strzelce Opolskie, 1976/77 r/.
- Rys. 5-59 Wykresy zależności $Q_{h_{8,17}}/Q_{sr\ h}$ /, Strzelce Opolskie, 1976/77r/.
- Rys. 5-60 Wykresy zależności $Q_{h_{3,16}}/Q_{sr\ h}$ /, Strzelce Opolskie, 1976/77r/.
- Rys. 5-61 Wykres zależności $Q_{h\ max}/Q_d$ / w Łodzi /dni robocze, 1976/77 r/.

Rys. 5-62 Wykres zależności $Q_{h \max} / Q_d$ w Strzelcach
Opolskich /dni robocze, 1974/75r /.

Rys. 5-63 Rozkład błędów prognozy maksymalnego godzinowego
zużycia wody w Łodzi /dni robocze, 1977/78r /.

SPIS TABEL

- Tabela 4-1 Zestawienie lokalnych ujęć wody dla zaopatrzenia w wodę Aglomeracji Łódzkiej.
- Tabela 4-2 Zestawienie okresów czasu, w których prowadzono ciągłe pomiary zużycia wody oraz danych demograficznych i wartości jednostkowego wskaźnika zużycia wody.
- Tabela 4-3 Przykładowe wyniki pomiarów godzinowego zużycia wody w Strzelcach Opolskich.
- Tabela 4-4 Zestawienie średnich oraz granicznych błędów względnych pomiaru natężenia przepływu wody.
- Tabela 5-1 Zestawienie wartości współczynników c_{Tj} .
- Tabela 5-2 Wyniki obliczeń korelacji $Q_{dj}/T/$.
- Tabela 5-3 Wartości współczynnika τ w dniach roboczych dla dni o temperaturze powietrza T wyższej niż T_{gr} .
- Tabela 5-4 Wyniki obliczeń korelacji $Q_{dj}/T, H, Z_p, Z_{pp}/$ w Łodzi dla dni o temperaturze powietrza T wyższej, niż T_{gr} .
- Tabela 5-5 Wyniki obliczeń korelacji $Q_{dj}/T, H, Z_p, Z_{pp}/$ w Miliczu, Strzelcach Opolskich, i Koźlu dla dni o temperaturze powietrza T wyższej, niż T_{gr} .

- Tabela 5-6 Wyniki obliczeń korelacji $Q_{dj} / Z_p, Z_{pp} /$ w Łodzi i Strzelcach Opolskich dla dni o temperaturze powietrza T niższej, niż T_{gr} .
- Tabela 5-7 Przykład obliczenia współczynnika c_R dla Łodzi.
- Tabela 5-8 Wyniki obliczeń prognozowanych $\tilde{Q}_d$ i zaobserwowanych Q_d wartości dobowego zużycia wody w Łodzi w roku 1977/78.
- Tabela 5-9 Zestawienie średnich /dodatnich i ujemnych/ błędów prognozy dobowego zużycia wody.
- Tabela 5-10 Wyniki obliczeń prognozowanych $\tilde{Q}_d$ i zaobserwowanych Q_d wartości dobowego zużycia wody w Strzelcach Opolskich w 1976/77r dla dni o temperaturze powietrza T wyższej, niż T_{gr} .
- Tabela 5-11 Wyniki obliczeń prognozowanych $\tilde{Q}_d$ i zaobserwowanych Q_d wartości dobowego zużycia wody w Strzelcach Opolskich w 1976/77r dla dni o temperaturze powietrza T niższej, niż T_{gr} .
- Tabela 5-12 Korelacja między rozbiorami godzinowymi a rozbiorem średnim. - Strzelce Opolskie, okres wiosenno - letni, 1.05.1977 - 31.10.1977r .
- Tabela 5-13 Wyniki obliczeń korelacji $Q_{h \max_{j,r}} / Q_{dj} /$, Łódź 1976/77r .
- Tabela 5-14 Wyniki obliczeń korelacji $Q_{h \max_{j,r}} / Q_{dj} /$, Łódź 1977/78r .

Tabela 5-15 Wyniki obliczeń korelacji $Q_{h \max j,r} / Q_{d,j} /$,
Strzelce Opolskie 1974/75 r.

Tabela 5-16 Wyniki obliczeń prognozowanych $Q_{h \max}$
i zaobserwowanych $Q_{h \max}$ wartości maksymalnego
godzinowego zużycia wody w Łodzi /dni robocze
1977/78r./.

WYKAZ ODBIORCOW

- | | |
|---------------------------------|----------|
| 1. Promotor | - 1 egz. |
| 2. Recenzenci | - 2 egz. |
| 3. Biblioteka Główna i OINT PWr | - 1 egz. |
| 4. Biblioteka I-15 | - 1 egz. |
| 5. Autor | - 2 egz. |

RAZEM : 7 egz.

	1 2 3 4 5 6 7 8								9
	* N *								
	N N P ∇ T ∇ ∇ N 1 0 0 6								
	Rozpocz. pr.	Zakończ. pr.	Opubl. pr.		Instytut		Nr tematu.		
	1 1 7 7	0 9 8 1			I 1 5 8 7 0 1		0 0		
Nr zlecenia.		Nr archiwalny							
		I 1 5 / P - / 8 1 *							
Symbol UKD.		Woda do zaopatrywania. Woda do picia.					81:Inst.Inż. Ochr.Środow. PWr MNSzWiT		
628.1.033									

Opis bibliograficzny.

Cieżak Jan

Analiza czynników kształtujących dobowe i godzinowe zużycie wody w miastach dla potrzeb prognozowania.

Raporty Inst. Inż. Ochr. Środow. PWr 1981 ser. PRE nr

173 s. 16 tab. 63 wyk. bibliogr. 68 poz. /maszyn. powiel./

Rozprawa doktorska

Politechnika Wrocławska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Wrocław

Promotor: doc.dr hab.inż. Zbigniew A. Siwoń

173,7

Charakter pracy: podstawowa
Materiały odpłatne:

Rzeczpospolite: _____

Analiza dokumentacyjna

<D> Zaprezentowano podstawy oraz podano przykłady krótkoterminowego prognozowania zapotrzebowania na wodę w miastach. Wykazano, że krótkoterminowe prognozowanie dobowego zapotrzebowania na wodę może być prowadzone na podstawie równań regresji wielokrotnej ujmujących wpływ tygodniowej cykliczności zużycia wody, czynników meteorologicznych oraz wielkości zużycia wody w dniu poprzednim i przed dwoma dniami. Godzinowe i maksymalne godzinowe zapotrzebowanie na wodę /z wyprzedzeniem 1 do 3 dni/ można wyznaczyć wykorzystując ich zależność od dobowego zużycia wody.

Imię i Nazwisko autora analizy

Jan Cieżak

Słowa kluczowe

<S woda, zużycie, zapotrzebowanie, prognozowanie.

**0480*00* 04.7.1.91

<A09.4.5.6.2*B.....*C.....*D.....

*E.....*F.....*G.....*H.....←←

Wpisz	CINTE	APW	Podpis red.	Podpis asyst. d/s badań	Potwierdzenie przyjęcia poprawki	Potwierdzenie przyjęcia karty w Oddziale Dokumentacji
WPB						
NIE		TAK				
Wpisać TAK lub NIE						