

**AKADEMIA GÓRNICZO – HUTNICZA
im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Górnictwa i Geoinżynierii
Katedra Górnictwa Podziemnego**

PRACA DOKTORSKA

**Wpływ izolowania zrobów na emisję ciepła
w rejonie wydobywczym kopalni rud miedzi**

mgr inż. Krzysztof Soroko

Promotor pracy:

dr hab. inż. Stanisław Nawrat prof. nadzw. AGH

***Pragnę złożyć wyrazy wdzięczności
Panu Profesorowi Stanisławowi Nawrat
za odważną decyzję zostania moim promotorem.
Za cierpliwość, opiekuńczość, wyrozumiałość,
poświęcony czas oraz za udzielanie cennych
wskazówek, które przyczyniły się do napisania
niniejszej rozprawy.***

Spis treści

1. Wprowadzenie	3
2. Stan wiedzy	6
3. Cel i tezy pracy	10
4. Badania eksperymentalne w kopalni	11
4.1. Charakterystyka rejonu wentylacyjnego oddziału G-61	13
4.2. Stan wentylacji rejonu wentylacyjnego – oddział G-61 blok C-II	17
4.3. Pomiary wentylacyjne	17
4.3.1. Obiekt pomiarów	19
4.3.2. Metoda pomiarów	19
4.3.3. Przyrządy pomiarowe	19
4.3.4. Analiza wyników	21
4.3.5. Stwierdzenia do badań dołowych	24
5. Badania modelowe	25
5.1. Model matematyczny oddziału górniczego G-61 blok C-II	26
5.2. Weryfikacja modelu, analiza wyników i błędów	35
5.3. Wyznaczanie oporów aerodynamicznych tam wentylacyjnych	38
5.3.1. Stanowisko pomiarowe	39
5.3.2. Rodzaje konstrukcji tam	42
5.3.3. Wyznaczanie oporów aerodynamicznych tam	48
5.4. Badania symulacyjne	49
5.4.1. Wariant symulacyjny T.01	51
5.4.2. Wariant symulacyjny T.02	55
5.4.3. Wariant symulacyjny T.03	59
5.4.4. Wariant symulacyjny T.04	63
5.4.5. Wariant symulacyjny T.05	67
5.4.6. Wariant symulacyjny T.06	71
5.4.7. Wariant symulacyjny T.07	75
5.4.8. Wariant symulacyjny T.08	79
5.4.9. Wariant symulacyjny T.09	83
5.4.10. Wariant symulacyjny T.10 – podsadzenie wyrobisk	87
5.4.11. Zestawienie wyników	91

5.5. Wyznaczenie zależności określającej wartość temperatury suchej powietrza w wyrobiskach wylotowych z bloku C-II frontu eksploatacyjnego oddziału G-61	101
5.6. Technologia szczelnego wykonywania tam	107
5.6.1. System Polko	107
5.6.2. Mobilny system transportu materiałów	109
6. Stwierdzenia i wnioski	111
Literatura	125
Spis rysunków	137
Spis tablic	139
Spis wykresów	140
Spis fotografii	143

1. Wprowadzenie

Eksploracja złoża rudy miedzi prowadzona jest w kopalniach KGHM „Polska Miedź” S.A. na głębokości 1100m. Dalszy rozwój kopalń rud miedzi związany jest z prowadzeniem robót górniczych na głębokościach do 1400m. Na tej głębokości temperatura pierwotna skał górotworu wynosi około 45 °C. Następuje pogarszanie warunków cieplnych, co powoduje, że ograniczą możliwość zatrudniania pracowników i prowadzenia robót górniczych w tych warunkach. Rozkład temperatur pierwotnych skał górotworu przedstawia rys.1.1.

Uzyskanie odpowiednich warunków cieplnych w wyrobiskach dołowych, spełniających wymogi obowiązujących przepisów górniczych, umożliwiających zatrudnianie pracowników, jest jednym z priorytetów kopalń należących do KGHM „Polska Miedź” S.A. Opanowanie zagrożenia cieplnego w kopalniach wymaga podjęcia działań zmierzających do ograniczenia strumienia ciepła dopływającego do wyrobisk i utrzymania temperatury powietrza kopalnianego na poziomie dopuszczalnej i określonej w obowiązujących przepisach górniczych.

Podstawowymi kierunkami działań podejmowanymi dla ograniczania zagrożenia cieplnego są:

- ✓ intensyfikacja przewietrzania wyrobisk poprzez zwiększanie wydatku powietrza dostarczanego w rejony wentylacyjne,
- ✓ eliminacja ruchu maszyn górniczych z wyrobisk, którymi dopływa powietrze dolotowe,
- ✓ zastosowanie odpowiedniej organizacji pracy górników (skrócenie czasu pracy do 6 godzin, dodatkowe przerwy w pracy w miejscach o niższej temperaturze powietrza, rotacja załogi),
- ✓ stosowanie w samojezdnym maszynach górniczych kabin klimatyzowanych (łącznie 110 kabin),
- ✓ stosowanie schładzanie powietrza w miejscach pracy poprzez zabudowę stanowiskowych kabin klimatyzacyjnych (łącznie 27 sztuk),
- ✓ stosowanie klimatyzacji lokalnej i centralnej (w sumie 25MW).

Problem zagrożenia cieplnego będzie narastał i stanie się decydującym czynnikiem mający wpływ na prowadzenia eksploatacji w tych warunkach.

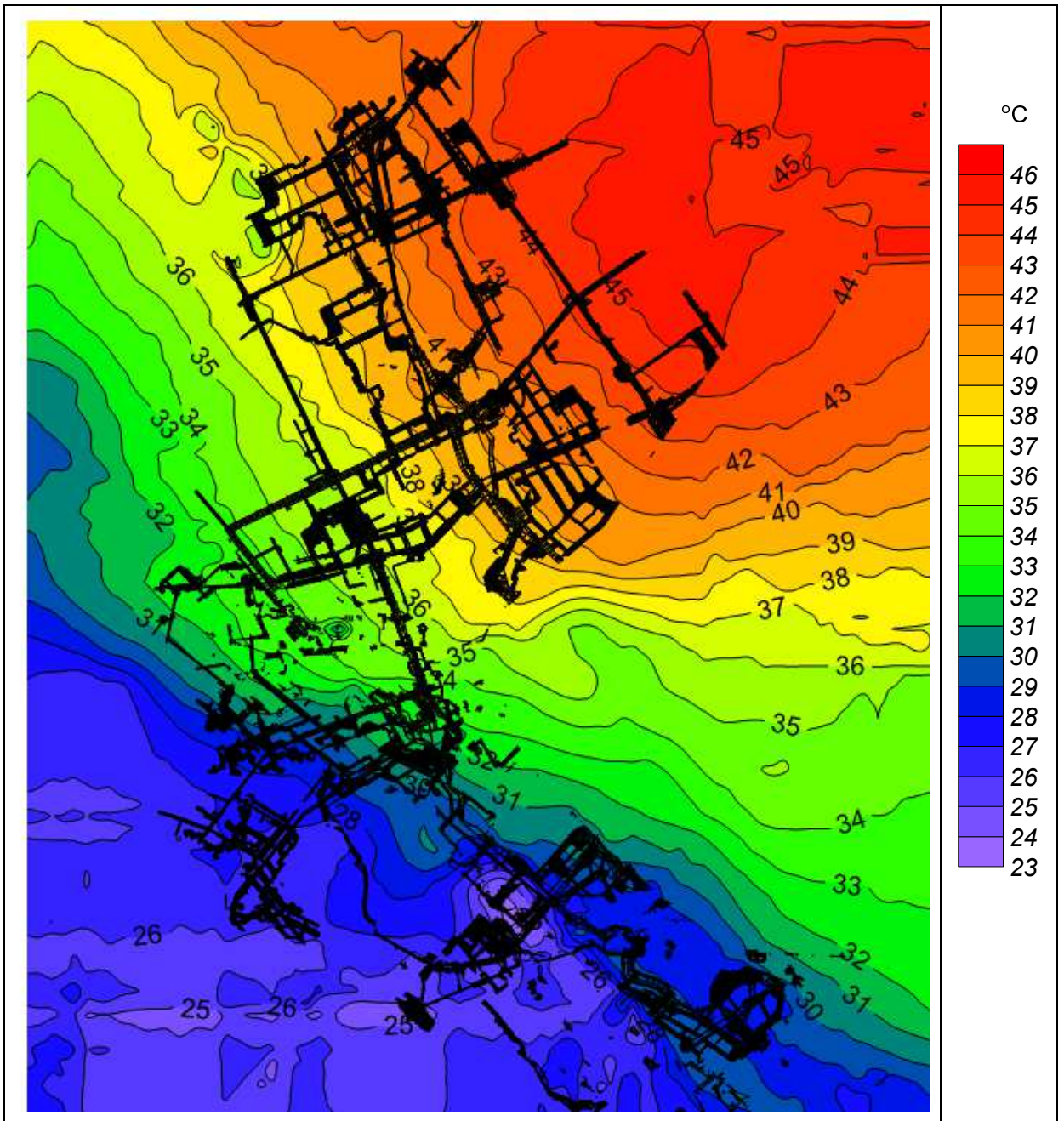
Zapewnienie prawidłowych warunków cieplnych w wyrobiskach podziemnych będzie wymagało budowy nowych szybów, budowy nowych stacji wentylatorów głównego przewietrzania i rozbudowy sieci klimatyzacji centralnej. Kierunki te są powszechnie znane. W bardzo małym stopniu podejmowane są działania zmierzające do ograniczenia strumienia ciepła dopływającego z górotworu oraz ze zrobów do wyrobisk górniczych.

Ograniczenie dopływu ciepła z górotworu uzyskuje się poprzez stosowanie powłok termoizolacyjnych w wyrobiskach. Zabieg ten umożliwia zachowanie temperatury powietrza na wlocie jak i wylocie.

Ograniczenie dopływu ciepła ze zrobów do wyrobisk górniczych szczególnie eksploatacyjnych rud miedzi jest możliwe i dotychczas niezbadane. Ograniczenie strumienia ciepła dopływającego ze zrobów do wyrobisk eksploatacyjnych pomoże uzyskać:

- ✓ efekt ekonomiczny, np. wydłużenie czasu pracy, możliwość prowadzenia eksploatacji,
- ✓ efekt higieniczny, np. organizm pracownika nie jest narażony na wpływ wysokich temperatur.

Przeprowadzone badania eksperymentalne i modelowe oraz otrzymane wyniki pracy doktorskiej pt. „Wpływ izolowania zrobów na emisję ciepła w rejonie wydobywczym kopalni rud miedzi” mają wykazać istnienie możliwości poprawy warunków cieplnych w kopalniach rud miedzi KGHM „Polska Miedź” S.A. i zwrócić uwagę na konieczność podejmowania działań w zakresie ograniczania dopływu strumienia ciepła ze zrobów do wyrobisk poprzez zwiększanie oporności tam izolujących zrobów.



Rys. 1.1. Rozkład temperatur pierwotnych skał górotworu w O/ZG „Polkowice-Sieroszowice”

2. Stan wiedzy

Prowadzenie eksploatacji złóż zalegających na znacznych głębokościach zmusza do wprowadzania środków technicznych i organizacji pracy zapewniających odpowiednie warunki cieplne i umożliwiające bezpieczne zatrudnianie w tych warunkach pracowników. W literaturze obszernie jest omawiana problematyka oddziaływania środowiska gorącego na organizm ludzki, problematyka klimatyzowania wyrobisk poprzez stosowanie urządzeń chłodniczych przodkowych, grupowych, systemów centralnej klimatyzacji jak i klimatyzacji stanowiskowej. W mniejszym stopniu omawiane są zagadnienia dotyczące termoizolacji wyrobisk górniczych. W literaturze brak jest informacji na temat wpływu wielkości ciepła wypływającego ze zrobów na front eksploatacyjny oddziałów prowadzących eksploatację systemem komorowo-filarowym oraz wpływie szczelności tam izolujących zrobów na ciepło dopływające ze zrobów, a tym samym na temperaturę powietrza występującą w wyrobiskach eksploatacyjnych rud miedzi.

Zagadnienia rozptyłu powietrza, podstaw termodynamiki i aerologii szeroko omawiane są w literaturze technicznej (J.Waśławik i inni, 1998; A.Strumiński i inni, 1998).

W bilansie cieplnym oddziału eksploatacyjnego kopalni rudy miedzi przedstawionym w publikacji (J.Waśławik i inni, 2000) uwzględniono ciepło powstałe od następujących źródeł: ciepło od skał, ciepło wymienione na skutek parowania wilgoci z ociosów wyrobisk i ciepło od maszyn i urządzeń. Wyznaczenie bilansu ciepła odbyło się poprzez pomiary niezbędnych parametrów powietrza na wlocie i wylocie z oddziału górniczego niezbędnych do obliczenia entalpii. Określono również wielkość otwarcia (powierzchni) skał górotworu, moce mechaniczne maszyn i urządzeń pracujących w dniu pomiaru na oddziale górniczym. Autorzy w opracowaniu stwierdzają, że przypisanie pewnej części wzrostu temperatury konkretnemu źródłu ciepła wymaga wyspecjalizowanych pomiarów, zwykle niewykonalnych w warunkach ruchowych, względnie obliczeń opartych na teoriach lub wynikających z eksperymentów. W pracy, jako możliwość ograniczenia dopływu ciepła do wyrobisk, podano ograniczenie otwarcia oddziału eksploatacyjnego do 2 pasów, przez co uzyska się mniejszą powierzchnię odstąpienia skał górotworu,

a tym samym w przyszłości zmniejszy się zapotrzebowanie mocy chłodniczej do schładzania powietrza kopalnianego.

Bilans cieplny oddziałów górniczych, w tym rozpatrywanego w pracy doktorskiej oddziału G-61, zawarty jest w opracowaniu (*F.Rosiek i inni, 1994*). Twórcy poddają analizie dwa oddziały eksploatacyjne prowadzone systemem komorowo-filarowym z filarem zamykającym oraz jeden oddział bez filara ruchowego. Tutaj autorzy również prowadzili pomiary na wlocie i wylocie powietrza do i z oddziału górniczego. W przedstawionych obliczeniach ciepło wynoszone z oddziału pochodzi od ciepła skał górotworu, od ciepła parowania wody i od mocy maszyn w oddziale. Stwierdzono, że ilość ciepła wynoszonego z oddziału zależy od stopnia jego rozcięcia, ilości doprowadzanego do oddziału powietrza, stopnia zawilżenia wyrobisk oraz mocy dodatkowych źródeł ciepła. Jedną z możliwości ograniczenia dopływu ciepła do wyrobisk eksploatacyjnych jest wprowadzenie systemów eksploatacji z mniejszym odstonięciem skał górotworu. Drugą z możliwości jest wprowadzenie maszyn górniczych z napędem elektrycznym zamiast spalinowego.

Podczas prowadzenia robót górniczych najważniejsze jest zapewnienie bezpieczeństwa pracowników. Jednym z czynników mogących wpłynąć na zagrożenie bezpieczeństwa pracowników jest temperatura powietrza. Zgodnie z obowiązującymi przepisami w kopalniach temperatura sucha powietrza nie może przekraczać 33 °C (nie dotyczy zatrudniania ratowników w sytuacjach awaryjnych) lub przy stosowaniu temperatury zastępczej klimatu – temperatura powietrza mierzona termometrem suchym nie może przekroczyć 35 °C. W kopalniach KGHM „Polska Miedź” S.A. prowadzone są badania medyczne określające wpływ środowiska gorącego na organizm człowieka. W opracowaniach (L.Borodulin-Nadzieja, i inni, 2001; L.Borodulin-Nadzieja i inni, 2002) autorzy po seriach badań medycznych przeprowadzanych podczas zmiany roboczej stwierdzają, że zatrudnianie pracowników w środowisku gorącym jest możliwe, gdy pracownik na danym stanowisku przechodzi proces aklimatyzacji, prowadzi higieniczny tryb życia i posiada indywidualne cechy wydolnościowe. Bardzo ważne jest to, aby temperatura wewnętrzna ciała nie przekraczała 38 °C. Badania przeprowadzane były w środowisku, w którym temperatura maksymalna osiągała 35 °C. Badania wykazały, że przy wysokich temperaturach należy stosować dłuższe przerwy, wskazane jest organizowanie komór wypoczynkowych (najlepiej klimatyzowanych), w których

pracownik mógłby zregenerować siły. Dłuższy czas pracy w podwyższonej temperaturze powoduje spadek wydajności pracownika i jego koncentracji, co może wpłynąć na bezpieczeństwo pracowników.

W opracowaniu (J.Knechtel, 2004; J.Knechtel, 2007) autor dokonuje oceny warunków cieplnych pracy. Opiera się na bilansie ciepła organizmu ludzkiego, niedopuszczenia do nadmiernego odwodnienia organizmu, wskaźnika WBGT oraz nawiązujące do wskaźnika WBGT_p i temperatury zastępczej klimatu. Autor stwierdza, że kryterium bilansu ciepła na organizm ludzki najlepiej oddaje reakcje organizmu człowieka na warunki cieplne.

Również w publikacjach (J.Waławik i inni, 2002, J.Waławik i inni, 2004, J.Waławik i inni, 2005) autorzy szeroko omawiają zagadnienia wpływu środowiska gorącego na organizm człowieka. Przedstawiają mechanizmy wymiany ciepła organizmu człowieka z otoczeniem. Porównują nasze przepisy dotyczące zatrudniania człowieka w środowisku gorącym z normami i przepisami obowiązującymi w światowym górnictwie.

W opracowaniu (S.Nawrat, 2003) autor dowodzi, że warunki cieplne w kopalni mają wpływ na wypadkowość i należy podejmować wszelkie starania prawne i techniczne zmierzające do zapewnienia pracownikom odpowiednich temperatur powietrza w miejscach pracy.

W literaturze bardzo dobrze opisane są systemy i sposoby schładzania powietrza za pomocą urządzeń chłodniczych (A.Frycz, 1981; J.Waławik, 1999). Omawiane są całe systemy klimatyzacji centralnej, grupowej i przodkowej. Rozpatrywane są lokalizacje poszczególnych elementów systemów klimatyzacji, które powodują optymalne schłodzenie powietrza.

Autorzy w publikacji (N.Szlązak i inni, 2000) przedstawiają pierwszą w Polsce centralną klimatyzację, jej potrzebę budowy i uruchomienia w celu umożliwienia eksploatacji złoża węgla na poziomie, gdzie temperatura pierwotna skał górotworu dochodzi do 45 °C.

Autorzy (J.Sułkowski i inni, 2000) omawiają warunki panujące w oddziale eksploatacyjnym i przedstawiają koncepcję projektu klimatyzacji sektorowej frontu eksploatacyjnego. Takie sposób schładzania zapewni najsukuteczniejsze schładzanie powietrza przy zminimalizowaniu wartości użytej mocy chłodniczej.

Opracowania (A.Frycz i inni, 1990; A.Frycz i inni, 1989) przedstawiają praktyczne informacje o danych typach urządzeń, ich pracy oraz prawidłowym umiejscowieniu zapewniających najszybsze schładzanie powietrza.

Oprócz rozwiązań technicznych, niezbędnego zapotrzebowania na moc chłodniczą przedstawianych w innych publikacjach, autorzy (S.Nawrat i inni, 2002) przedstawiają koszty, jakie ponosi kopalnia, gdy stosuje urządzenia chłodnicze. Natomiast w opracowaniu (S.Nawrat i inni, 2003) autorzy przedstawiają rozwiązanie, które umożliwi uzyskanie większej sprawności przy wytwarzaniu chłodu i równocześnie powoduje osuszenie powietrza.

W publikacji (S.Nawrat i inni, 2007) autorzy nakreślają perspektywy rozwoju kopalń polskich, zagrożenia temperaturowe jakie będą w nich panować i niezbędne moce chłodnicze potrzebne do opanowania zagrożenia termicznego.

Podczas tworzenia modeli cyfrowych odwzorowujących wentylacyjną sieć kopalnianą niezbędna jest znajomość oporów aerodynamicznych tam wentylacyjnych. W publikacji (F.Rosiek i inni, 1993; F.Rosiek i inni, 1998) autorzy dokonali pomiarów oporów aerodynamicznych tam wentylacyjnych: pełnych batonikowych, pełnych z przejściem dla ludzi, tam podsypanych w 40% i 50% oraz tam przejazdowych. Na podstawie tych pomiarów stworzyli klasyfikację szczelności tam wentylacyjnych dla kopalń LGOM.

Dalsza eksploatacja złoża rudy miedzi na większych głębokościach będzie możliwa wówczas, gdy zapewnione zostaną zatrudnionym pracownikom odpowiednie warunki cieplne bezpieczne dla zdrowia i życia. Liberalizacja przepisów nie powinna iść w stronę zwiększania dopuszczalnych górnych wartości temperatury powietrza, powinna uwzględniać indywidualne predyspozycje pracownika do pracy w trudnych warunkach cieplnych. Wentylacyjne metody zapewnienia odpowiednich temperatur powietrza są już niewystarczające. Należy poszukiwać rozwiązania techniczne, które przyczynią się do zapewnienia odpowiednich warunków cieplnych. Przed stosowaniem kosztownego schładzania powietrza poprzez różne układy klimatyzacji można jeszcze zastosować odpowiednie izolowanie zrobów za pomocą odpowiednich tam wentylacyjnych. Taki zabieg techniczny umożliwi przesunięcie terminu wprowadzenia termoizolacji wyrobisk i klimatyzacji wyrobisk lub przy jej stosowaniu umożliwi zmniejszenie zapotrzebowania na moc chłodniczą, a tym samym obniży koszty wydobycia.

3. Cel i tezy pracy

Celem pracy jest zbadanie możliwości poprawy warunków cieplnych na froncie eksploatacyjnym wpływających na warunki pracy i wyniki ekonomiczne oddziału górniczego oraz wskazanie, że są dostępne środki techniczne, które można wykorzystać na budowę tam izolujących zroby od wyrobisk stanowiących drogę przepływu powietrza, zapewniających ograniczenie emisji ciepła ze zrobów na front eksploatacyjny. Konstrukcja tam o większych oporach aerodynamicznych zapewnia obniżenie temperatury powietrza na froncie eksploatacyjnym poprzez ograniczenie wypływu ciepła ze zrobów.

Tezy pracy:

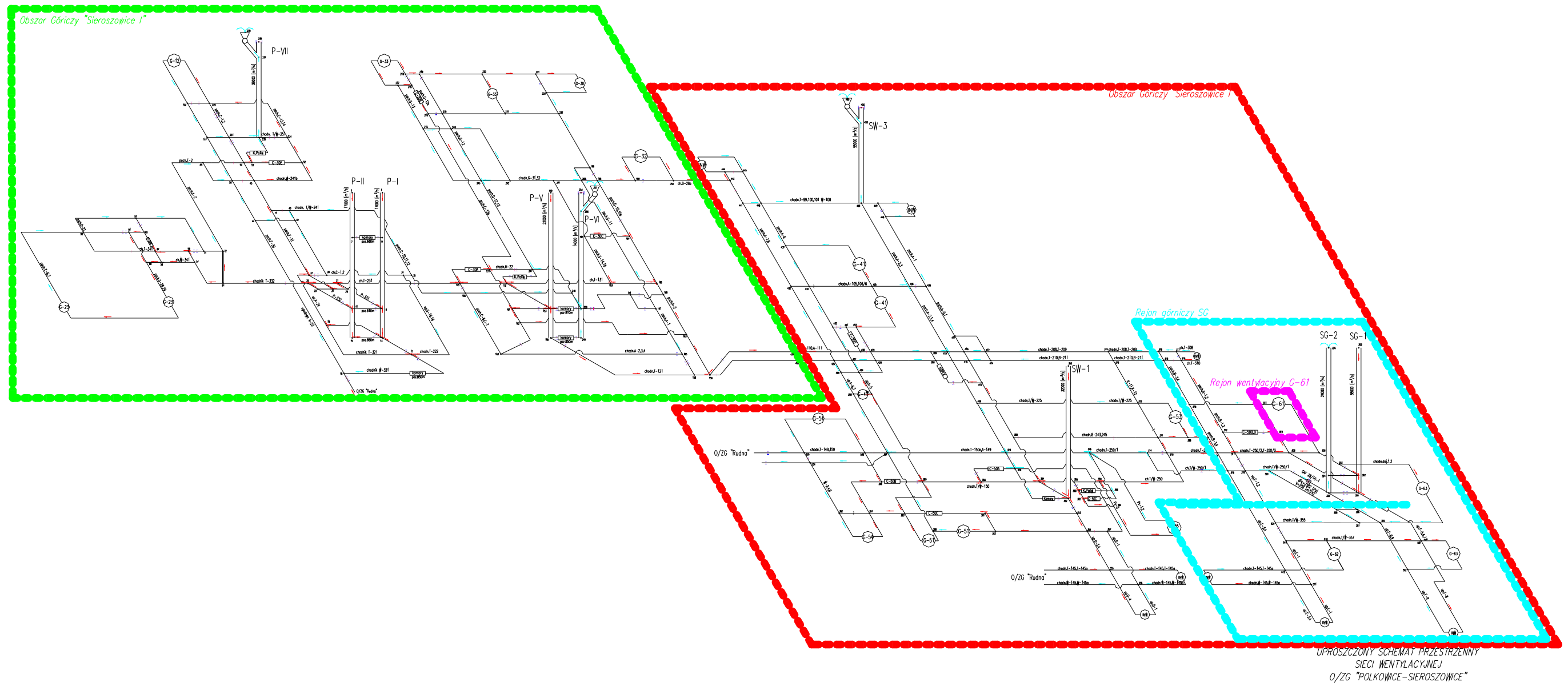
- I. *Emisja ciepła ze zrobów jest jednym z czynników pogarszających cieplne warunki pracy w oddziale górniczym.*
- II. *Ograniczenie emisji ciepła ze zrobów poprzez odpowiednią izolację umożliwi poprawę warunków cieplnych na froncie eksploatacyjnym oddziału górniczego.*
- III. *Istnieją środki techniczne i technologiczne umożliwiające wykonanie szczelnej izolacji zrobów w oddziale górniczym.*

4. Badania eksperymentalne w kopalni

Złoże rudy miedzi eksploatowane przez kopalnię „Polkowice-Sieroszowice” udostępnione jest 9 szymbami, z których 5 pełni funkcję szymbów wdechowych: (P-I, P-II, P-V, SW-1 i SG-1) oraz 4 szymbami pełniącymi funkcję wentylacyjną: P-IV, P-VII, SW-3 i SG-2. Obecnie gębiony jest szymb wdechowy SW-4, którego połączenie wyrobiskami kopalni nastąpi w 2016r. Łącznie szymbami wentylacyjnymi odprowadzane jest powietrze z kopalni o wydatku wynoszącym 150 000 m³/min.

Kopalnię „Polkowice-Sieroszowice” stanowią dwa obszary górnice: „Sieroszowice I” i „Polkowice II”. Eksploatację prowadzi 11 oddziałów górnicezych eksploatujących złoże rudy miedzi oraz jeden oddział górnicezy prowadzący eksploatację w złożu soli kamiennej.

Rejon górnicezy SG (Sieroszowice Główne) należący do obszaru górnicezego „Sieroszowice I” jest rejonem, w którym udostępnione złoże zalega najgębiej i w porównaniu do innych rejonów kopalni występują w nim najtrudniejsze warunki wentylacyjno-klimatyczne. Dlatego do przeprowadzenia badań eksperymentalnych wybrano rejon wentylacyjny - oddział górnicezy G-61 blok C-II, w którym przeprowadzono niezbędne badania.



Rys. 4.1. Uproszczony schemat wentylacyjny kopni „Polkowice-Sierszowice”

4.1. Charakterystyka rejonu wentylacyjnego oddziału G-61

Dla przeprowadzenia badań wybrano oddział eksploatacyjny G-61 blok C-II, ponieważ jest on oddziałem najtrudniejszym pod względem panujących w nim warunków cieplnych. Położony jest na poziomie 850 m, gdzie temperatura pierwotna skał górotworu dochodzi do 37 °C. Podczas badań eksperymentalnych eksploatację w oddziale G-61 prowadzono w bloku C-II. Powietrze dolotowe do rejonu wykonywanych robót górniczych doprowadzane było od szybu SG-1 z poziomu 1027m. Wydatek strumienia powietrza dopływający do rejonu wentylacyjnego G-61 wynosił 7550 m³/min. Po przewietrzeniu robót eksploatacyjny powietrze odprowadzane było do szybu wentylacyjnego SW-3.

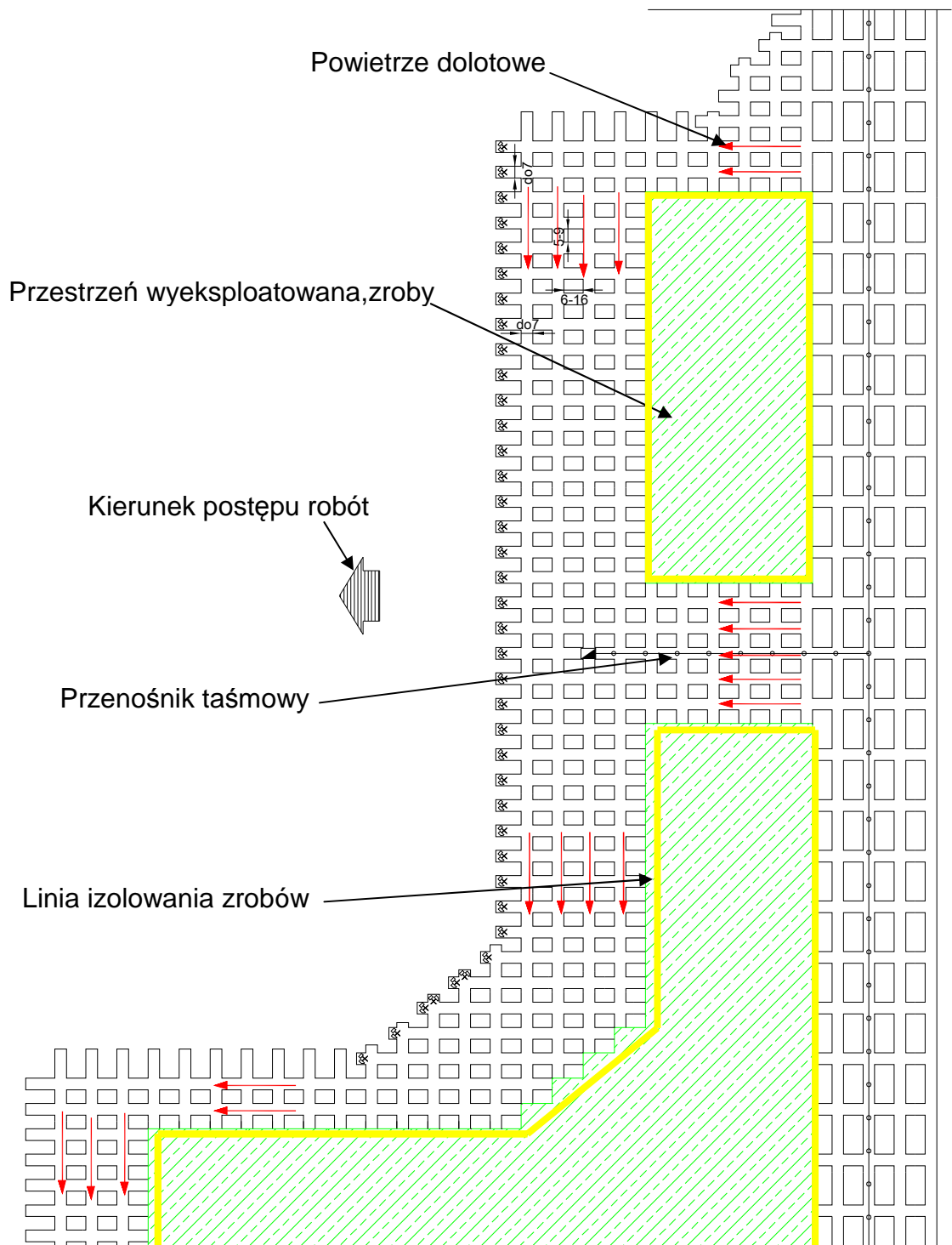
Uproszczony schemat rejonu górniczego SG i rejonu wentylacyjnego oddziału G-61 blok C-II przedstawia rys. 4.2.

Pole wybierkowe przewidziane do wybierania nie wymaga uprzedniego pełnego okonturowania złoża za pomocą wyrobisk przygotowawczych. Uruchomienie eksploatacji uwarunkowane jest wykonaniem niewielkiego zakresu robót przygotowawczych tj.: wiązki wyrobisk, z których uruchomiony zostanie front eksploatacyjny. Wiązkę wyrobisk wykonuje się z wydzieleniem filarów pracujących w zakresie wytrzymałości pozniszczeniowej.

Złoże rozcina się komorami i pasami z wydzieleniem filarów technologicznych o podstawowej geometrii $9\text{ m} \times 11\text{ m}$, usytuowanych dłuższą krawędzią prostopadle do linii frontu. Filary te zabezpieczają strop nad przestrzenią roboczą.

Minimalna wielkość otwarcia frontu eksploatacyjnego jest równa sumie szerokości dwóch pasów i długości dwóch rzędów filarów oraz wciniek komorami w caliznę. W miarę postępu frontu eksploatacyjnego filary technologiczne z ostatniego rzędu przed zrobami przybiera się lub rozcina na mniejsze wcinkami. Filary podporowe powstałe po wykonaniu wciniek przybiera się do wymiarów reszkowych w parcelach elementarnych, a następnie pozostawia w zrobach, gdzie spełniają rolę podpór łagodzących krzywiznę uginających się warstw stropowych.

Sposób prowadzenia wyrobisk na froncie eksploatacyjnym przedstawiono na rys. 4.3.



Rys. 4.3. Schemat przewietrzania i prowadzenia robót eksploatacji systemem komorowo-filarowym z ugięciem stropu i ruchowym filarem zamykającym J-UGR-PS

4.2. Stan wentylacji rejonu wentylacyjnego – oddział G-61 blok C-II

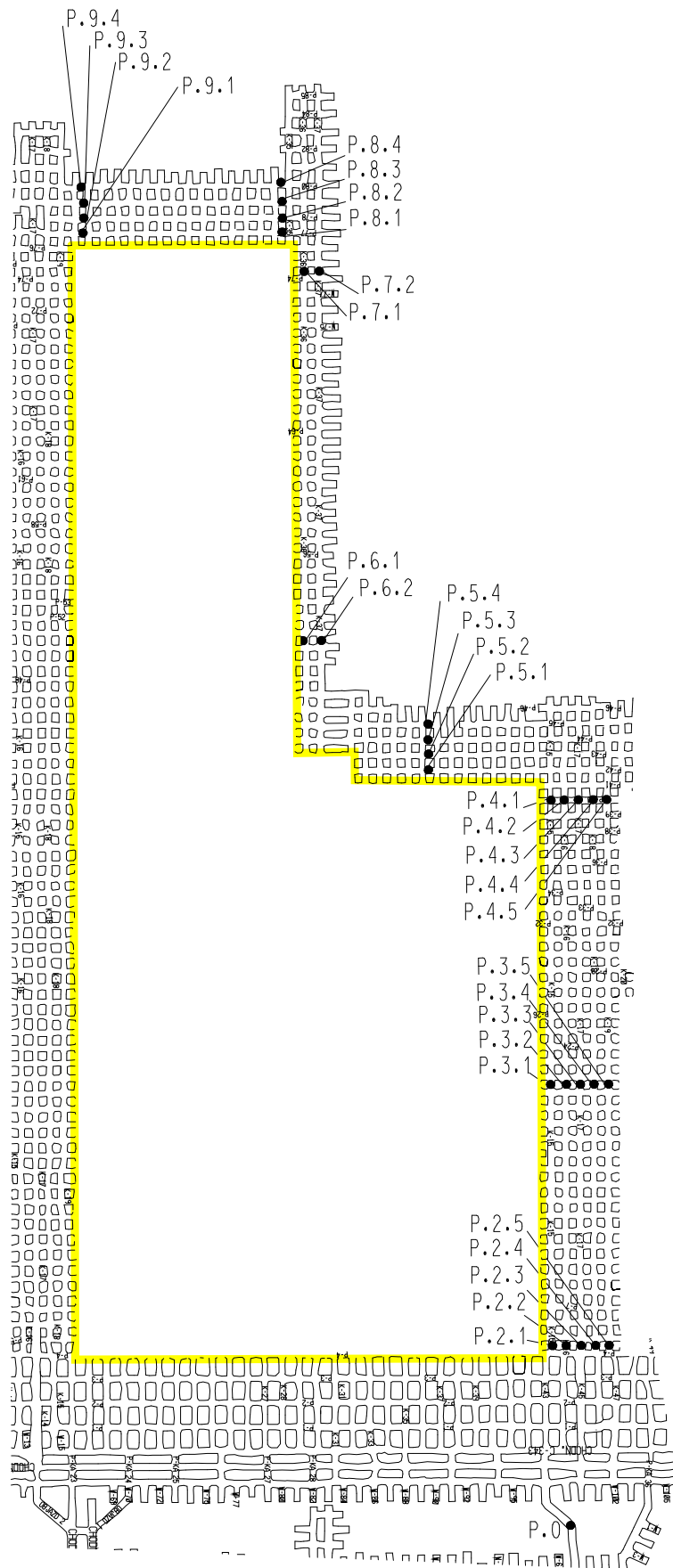
Do oddziału eksploatacyjnego powietrze doprowadzane było od szybu SG-1 o wydatku strumienia $7550 \text{ m}^3/\text{min}$. Następnie powietrze prowadzone było filarem ruchowym bloku C-III. Dalej komorami K-36 i K-36 bloku C-II (w którym jest prowadzona eksploatacja) dopływało na front eksploatacyjny bloku C-II. Komory K-36 i K-37 od zrobów odizolowane było tamami usypanymi z kamienia w likwidowanych pasach. Wraz z postępowaniem frontu eksploatacyjnego komory były sukcesywnie oddzielane od zrobów. Tamowanie zrobów zaznaczone jest na rys.4.3. linią koloru żółtego. Takie wykonanie tam nie gwarantuje szczelnego oddzielenia wyrobisk stanowiących dopływ powietrza dolotowego w rejon robót eksploatacyjnych. W tych miejscach występują straty powietrza. Powietrze przepływa przez nieszczelne tamy w kierunku zrobów, podgrzewa się i ogrzane wypływa na front eksploatacyjny. Jest to zjawisko niepożądane, które powoduje podwyższenie temperatury powietrza na froncie eksploatacyjnym.

4.3. Pomiary wentylacyjne

Dla przeprowadzenia badań warunków cieplnych w rejonie oddziału G-61 wykonane zostały pomiary wentylacyjne na wyznaczonych stanowiskach pomiarowych obejmujące:

- ✓ pomiary prędkości powietrza,
- ✓ pomiary temperatury suchej i wilgotnej powietrza,
- ✓ pomiary ciśnienia powietrza.

Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych przedstawia rys.4.4. Usytuowanie stanowisk pomiarowych umożliwia przeprowadzenie bilansu cieplnego dla całego rejonu.



Rys. 4.4. Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych

4.3.1. Obiekt pomiarów

Obiektem pomiarów był rejon wentylacyjny – oddział górniczy G-61 blok C-II, w którym prowadzona była eksploatacja.

4.3.2. Metoda pomiarów

Pomiary były wykonywane na stanowiskach pomiarowych według schematu zamieszczonego na rys.4.4. Pomiary zostały przeprowadzone na I zmianie roboczej w dniu 07.10.2007r. Podczas prowadzenia pomiarów nie prowadzono eksploatacji w oddziale G-61 bloku C-II. Dzięki takiej sytuacji wyeliminowano wpływ ciepła wytwarzanego przez maszyny górnicze na podwyższenie temperatury powietrza. W trakcie przeprowadzanych pomiarów w wyrobisku stanowiącym wlot powietrza na oddział G-61 blok C-II, jak również w wyrobisku stanowiącym wylot powietrza z oddziału, co 20 minut odbywały się pomiary wydatku powietrza, które zapewniały kontrolę stabilności przewietrzania oddziału. Przed wykonywaniem pomiarów wentylacyjnych przygotowano stacje pomiarowe, które opisano na ociosach, zaznaczono na mapach i wyznaczono przekroje poprzeczne. Pomiaru przekroju poprzecznego wyrobisk dokonali pracownicy działu mierniczego z dokładnością 0,1 m². Zabiegi te umożliwiły skrócenie czasu wykonywania pomiarów. Na każdym stanowisku pomiarowym wykonano pomiary ciśnienia bezwzględnego, temperatury suchej i wilgotnej powietrza oraz prędkości przepływu strumienia powietrza.

4.3.3. Przyrządy pomiarowe

Do pomiarów wentylacyjnych używano następujące przyrządy pomiarowe zestawione w tablicy 4.1.

Tablica 4.1. Przyrządy pomiarowe

Przyrząd pomiarowy	Mierzona wielkość	Podstawowe dane
anemometr skrzydełkowy TESTO	prędkość strumienia powietrza	- dokładność pomiaru 0,1 m/s, - zakres pomiarowy 0,3-20 m/s, - zakres stosowania 0-50 ⁰ C.
cyfrowy miernik ciśnienia bezwzględnego μBAR	ciśnienie bezwzględne	Cyfrowy miernik ciśnienia bezwzględnego przeznaczony do pomiarów ciśnienia bezwzględnego powietrza, głównie w wyrobiskach kopalń głębinowych. Przyrząd realizuje pomiar i rejestrację ciśnienia z dużą dokładnością. Może być stosowany zarówno do bieżących pomiarów, wykonywanych przez służby wentylacyjne kopalni, jak i do badawczych eksperymentów pomiarowych. Podstawowe parametry techniczne: <ul style="list-style-type: none"> - zakres pomiarowy od 800 do 1300 hPa/mbar, - rozdzielczość pomiaru 0,01 hPa, - częstotliwość pomiarów: 1 pomiar/sekundę, - zasilanie przyrządu: z baterii akumulatorów, - warunki pracy: <ul style="list-style-type: none"> • temperatura +5÷ +40C, • wilgotność względna do 95%
psychrometr Assmana	temperatura sucha i wilgotna powietrza kopalnianego	dokładność pomiaru ±0,2 °C
tachimetr TCR 802 Leica	przekrój wyrobiska	dokładność pomiaru ±0,1m ²

4.3.4. Analiza wyników

Wyniki pomiarów uzyskane podczas pomiarów w dniu 07.10.2007r. na zmianie I zestawiono w tablicy 4.2.

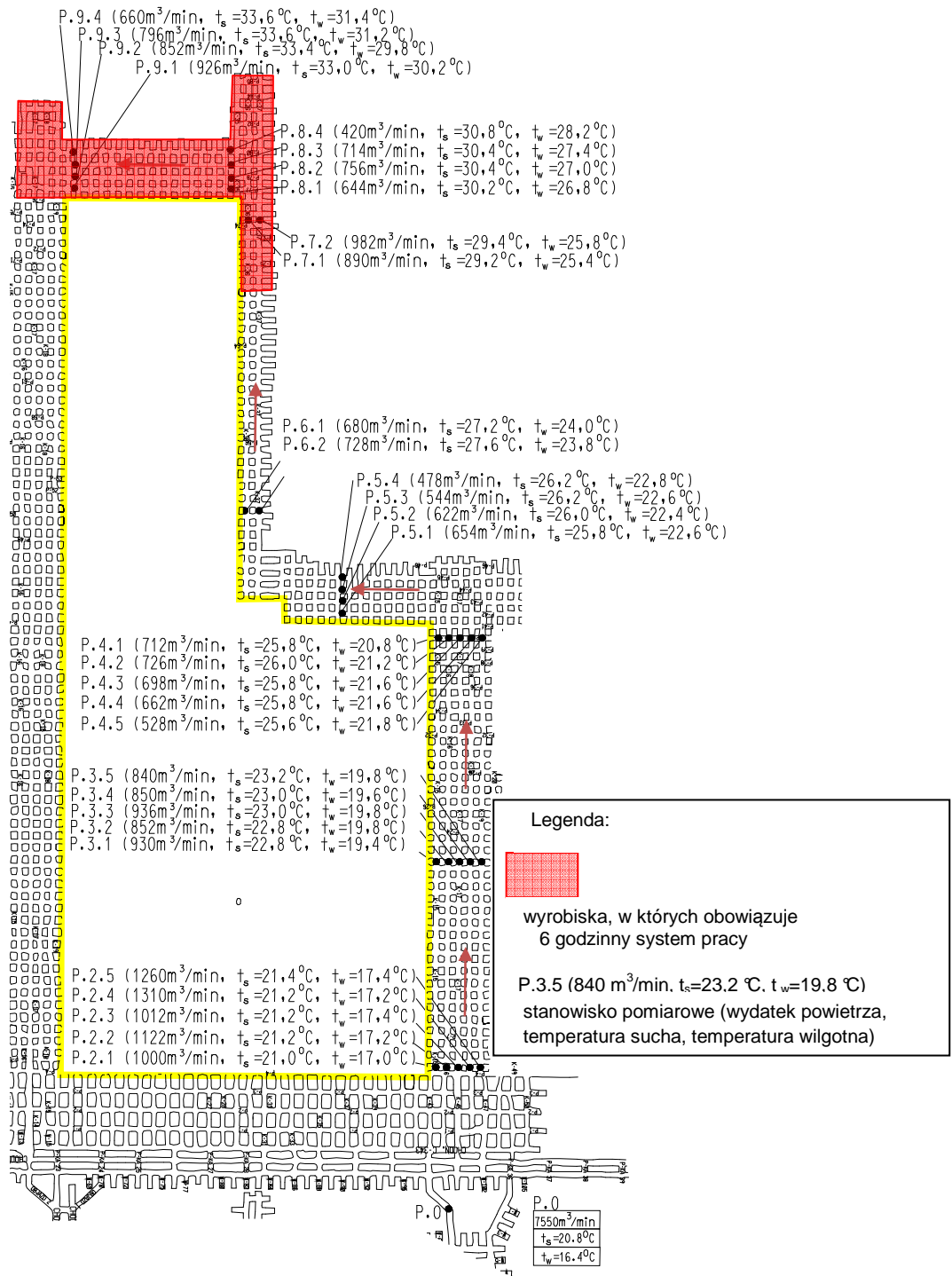
Tablica 4.2. Wyniki dołowych pomiarów wentylacyjnych w oddziale G-61 blok C-II na stanowiskach pomiarowych

Stanowisko	Lokalizacja	A	v	Q	t _s	t _w	P
		m ²	m/s	m ³ /min	°C	°C	Pa
P.0	Chodnik wentylacyjny W-1	18,0	6,99	7550	20,8	16,4	109886
	Razem			7550	20,8	16,4	
P.1.1	Chodnik C-343	14,6	0,57	500	21,0	16,4	109886
P.1.2	Chodnik C-344	14,5	0,56	488	21,0	16,6	109886
P.1.3	Chodnik C-345	14,8	0,54	480	21,0	16,6	109886
	Razem			1468			
P.2.1	Blok B-III komora K-15 powyżej pasa P-3	16,5	1,01	1000	21,0	17,0	109725
P.2.2	Blok B-III komora K-16 powyżej pasa P-3	16,4	1,14	1122	21,2	17,2	109725
P.2.3	Blok B-III komora K-17 powyżej pasa P-3	15,9	1,06	1012	21,2	17,4	109725
P.2.4	Blok B-III komora K-18 powyżej pasa P-3	15,7	1,39	1310	21,2	17,2	109725
P.2.5	Blok B-III komora K-19 powyżej pasa P-3	15,0	1,4	1260	21,4	17,4	109725
	Razem			5704			
P.3.1	Blok B-III komora K-15 powyżej pasa P-21	15,5	1,00	930	22,8	19,4	109702
P.3.2	Blok B-III komora K-16 powyżej pasa P-21	15,1	0,94	852	22,8	19,8	109702
P.3.3	Blok B-III komora K-17 powyżej pasa P-21	15,0	1,04	936	23,0	19,8	109702
P.3.4	Blok B-III komora K-18 powyżej pasa P-21	15,9	0,89	850	23,0	19,6	109702
P.3.5	Blok B-III komora K-19 powyżej pasa P-21	15,9	0,88	840	23,2	19,8	109702
	Razem			4408			
P.4.1	Blok B-III komora K-15 powyżej pasa P-41	15,2	0,78	712	25,8	20,8	109699
P.4.2	Blok B-III komora K-15 powyżej pasa P-41	15,3	0,79	726	26,0	21,2	109699
P.4.3	Blok B-III komora K-15 powyżej pasa P-41	15,1	0,77	698	25,8	21,6	109699

cdn tablica 4.2.

Stanowisko	Lokalizacja	A	v	Q	t _s	t _w	P
		m ²	m/s	m ³ /min	°C	°C	Pa
P.4.4	Blok B-III komora K-15 powyżej pasa P-41	15,1	0,73	662	25,8	21,6	109699
P.4.5	Blok B-III komora K-15 powyżej pasa P-41	14,9	0,59	528	25,6	21,8	109699
Razem				3326			
P.5.1	Blok B-III komora pas P-42 przy komorze K-9	16,5	0,66	654	25,8	22,6	109699
P.5.2	Blok B-III komora pas P-43 przy komorze K-9	14,8	0,70	622	26,0	22,4	109699
P.5.3	Blok B-III komora pas P-44 przy komorze K-9	14,6	0,62	544	26,2	22,6	109699
P.5.4	Blok B-III komora pas P-45 przy komorze K-9	15,3	0,52	478	26,2	22,8	109699
Razem				2298			
P.6.1	Blok B-II komora K-36 powyżej pasa P-47	14,7	0,77	680	27,2	24,0	109691
P.6.2	Blok B-II komora K-37 powyżej pasa P-47	12,0	1,01	728	27,6	23,8	109691
Razem				1408			
P.7.1	Blok B-II komora K-36 powyżej pasa P-75	15,6	0,95	890	29,2	25,4	109691
P.7.2	Blok B-II komora K-37 powyżej pasa P-75	16,2	1,01	982	29,4	25,8	109691
Razem				1872			
P.8.1	Blok B-II pas P-77 przy komorze K-35	14,9	0,72	644	30,2	26,8	109685
P.8.2	Blok B-II pas P-78 przy komorze K-35	15,0	0,84	756	30,4	27	109685
P.8.3	Blok B-II pas P-79 przy komorze K-35	16,3	0,73	714	30,4	27,4	109685
P.8.4	Blok B-II pas P-80 przy komorze K-35	15,2	0,46	420	30,8	28,2	109685
Razem				2534			
P.9.1	Blok B-II pas P-77 przy komorze K-20	13,9	1,11	926	33,0	30,2	109683
P.9.2	Blok B-II pas P-78 przy komorze K-20	15,1	0,94	852	33,4	29,8	109683
P.9.3	Blok B-II pas P-79 przy komorze K-20	14,9	0,89	796	33,6	31,2	109683
P.9.4	Blok B-II pas P-80 przy komorze K-20	16,4	0,67	660	33,6	31,4	109683
Razem				3234			

Wyniki pomiarów wentylacyjnych na stanowiskach pomiarowych przedstawiono na rys.4.5. z zaznaczeniem wyrobisk, w których obowiązuje 6-godzinny czas pracy.



Rys. 4.5. Pomiary wentylacyjne w rejonie oddziału G-61 blok C-II wraz z rozmieszczeniem stanowisk pomiarowych z dnia 07.10.2007r.

4.3.5. Stwierdzenia do badań dołowych

Podczas badań dołowych stwierdzono:

- do rejonu wentylacyjnego oddziału G-61 doprowadzane jest powietrze o wydatku powietrza $7550 \text{ m}^3/\text{min}$ i temperaturze t_s/t_w wynoszącej $20,8/16,4 \text{ }^\circ\text{C}$ – linia pomiarowa P.0,
- w wyniku regulacji do oddziału G-61 kierowany jest strumień powietrza o wydatku $5700 \text{ m}^3/\text{min}$, które wydzielone jest z grupowego prądu powietrza o wydatku $7550 \text{ m}^3/\text{min}$ – linia pomiarowa P.2,
- do wyrobisk frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II doprowadzane jest powietrze o wydatku $2534 \text{ m}^3/\text{min}$ i o temperaturach t_s/t_w wynoszących $30,8/28,2 \text{ }^\circ\text{C}$ – linia pomiarowa P.7,
- z frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II wypływa powietrze o wydatku $3234 \text{ m}^3/\text{min}$ i temperaturze t_s/t_w wynoszącej $33,6/31,4 \text{ }^\circ\text{C}$ – linia pomiarowa P.9,
- na całym froncie eksploatacyjnym oddziału G-61 blok C-II jest przekroczona dopuszczalna wartość temperatury mierzonej termometrem suchym wynosząca $28 \text{ }^\circ\text{C}$ i dlatego pracownicy zatrudniani są w 6 godzinnym systemie pracy – zgodnie z obowiązującymi przepisami górniczymi.

5. Badania modelowe

Przeprowadzenie badań eksperymentalnych w warunkach występujących w rejonach wentylacyjnych kopalni jest bardzo trudne. Występują tam różnego typu zaburzenia, takie jak: jazda ciężkich maszyn górniczych, wentylacja lokalna oraz trudności występujące podczas pomiarów wentylacyjnych np. brak jednoczesności pomiarów. Jeszcze trudniejsze jest przeprowadzenie badań polegających na wykonywaniu różnego rodzaju tam. Niedostępność zrobów to dodatkowe trudności w badaniach eksperymentalnych. Jednak przeprowadzenie badań eksperymentalnych jest korzystne, ponieważ wyniki badań mogą spowodować wzrost bezpieczeństwa prowadzenia robót górniczych dzięki znajomości parametrów fizykochemicznych np. powietrza kopalnianego, temperatur i wydatków powietrza. W związku z tym powszechnie przeprowadza się badania modelowe przy wykorzystaniu komputerowej techniki obliczeniowej. Dla przeprowadzenia obliczeń budowane są modele matematyczne, które umożliwiają przeprowadzenie badań, poprzez zmianę poszczególnych parametrów, np. wydatków strumienia powietrza dolotowego, oporu aerodynamicznego tam izolujących, temperatury powietrza dolotowego.

Określenie wpływu zastosowania różnych rodzajów tam wentylacyjnych (stosowanych w wyrobiskach dołowych kopalni), oddzielających zroby od dróg dolotowych powietrza, jest w warunkach rzeczywistych niemożliwe do wykonania i przeanalizowania w takim zakresie jakim przedstawiono w pracy. Niemożliwe jest również stworzenie modelu oddziały górniczego z systemem komorowo-filarowym w warunkach laboratoryjnych. Dlatego w pracy posłużono się modelem cyfrowym, stworzonym w programie komputerowym, służącym do analizy rozptyłu powietrza i rozkładu parametrów fizycznych powietrza kopalnianego.

5.1. Model matematyczny oddziału górniczego G-61 blok C-II

W celu zbadania rozkładu wartości strumieni powietrza i jego temperatury w oddziale eksploatacyjnym stworzono cyfrowy model oddziału górniczego. Poszczególne elementy oraz niezbędne wielkości wprowadzono zgodnie ze schematem blokowym przedstawionym na rys. 5.1. do systemu AutoWENT (F.Rosiek i inni, 1995), który posłużył do przeprowadzenia niezbędnych obliczeń rozptywu powietrza.

W pracy do przeprowadzenia prognozy warunków cieplnych wykorzystano program AutoWENT, który jest stosowany w dziale wentylacji O/ZG „Polkowice-Sieroszowice” do przeprowadzania symulacyjnych obliczeń wentylacyjnych. Autorami oprogramowania są: Jacek Urbański, Marek Sikora, Franciszek Rosiek i Janusz Wach – pracownicy Politechniki Wrocławskiej.

Oprogramowanie AutoWENT wymaga środowiska Windows. Interfejs programu wzorowany jest na programach typu CAD i każda osoba zapoznana z obsługą programów takich jak np. AutoCAD lub Microstation i posiadająca wiedzę z zakresu wentylacji, jest w stanie wykonywać schematy i obliczenia w tym środowisku.

AutoWENT umożliwia:

- tworzenie, usuwanie oraz edycję danych i rysunku bocznic,
- tworzenie, usuwanie oraz edycję danych i rysunku węzłów,
- tworzenie, usuwanie oraz edycję danych wentylatorów, tam, maszyn klimatyzacyjnych,
- wyszukiwanie węzła oraz bocznic na podstawie nazwy lub numeru,
- wykonywanie obliczeń sieci (rozptyw powietrza, rozkład temperatur),
- automatyczne tworzenie schematu kanonicznego i potencjalnego,
- aktualizację danych na podstawie wyliczonych parametrów,
- zarządzanie warstwami i kolorami,
- ułatwia korektę elementów (usuwanie, przesuwanie, kopiowanie, lustrzane odbicie),
- ułatwia rysowanie i tworzenie bibliotek symboli, np. wentylatorów, tam wentylacyjnych, lutniociągów,

- obliczenia rozpyływu powietrza dla sieci pasywnej i aktywnej,
- prognozowanie temperatur i rozpyływów.

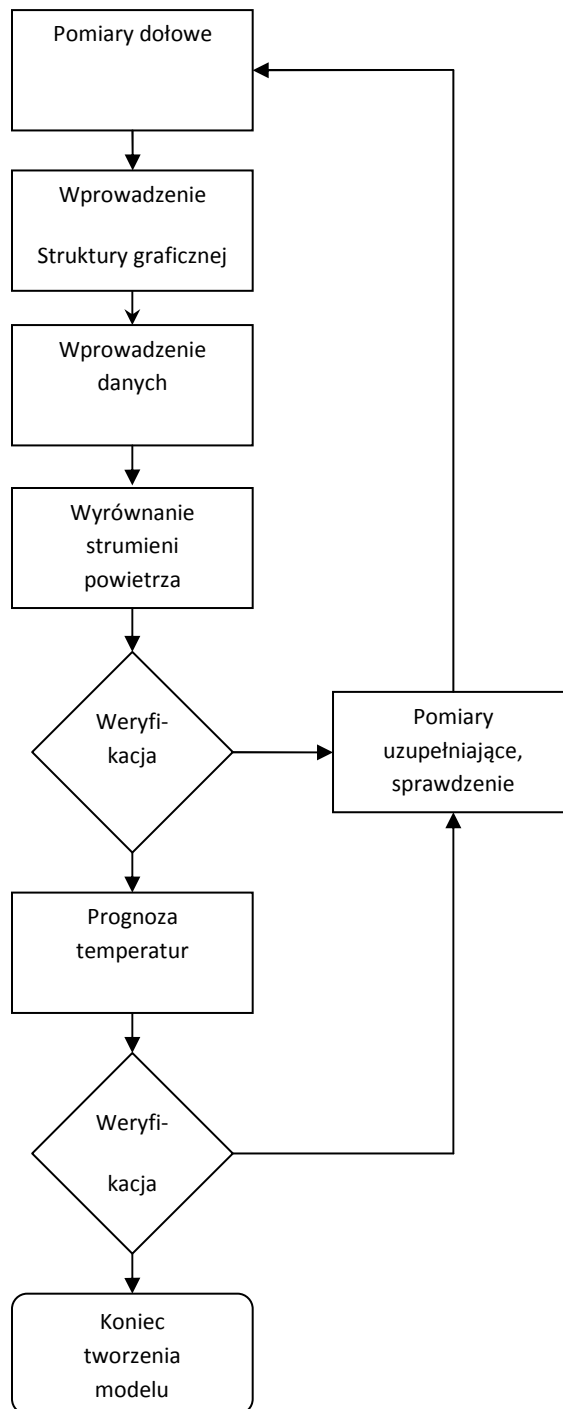
Obliczenia

W pracy z możliwości zastosowań AutoWENT-a wykorzystano wyznaczenie wartości wydatku powietrza i prognozowania temperatur powietrza kopalnianego.

Przy wyznaczeniu rozpyływu powietrza program AutoWENT wykorzystuje metodę H.Crossa, która służy do obliczeń rozpyływu powietrza w dowolnie złożonych sieciach wentylacyjnych.

Metodą prognozowania temperatury suchej i wilgotnej powietrza, która znajduje zastosowanie w polskich kopalniach rud miedzi, jest metoda J. Vossa (F.Rosiek i inni, 1988). Metoda ta jest stosowana w programie AutoWENT do prognozowania temperatury.

Przy tworzeniu W programie AutoWENT przy tworzeniu cyfrowego modelu sieci korzysta się ze schematu blokowego przedstawionego na rys. 5.1.

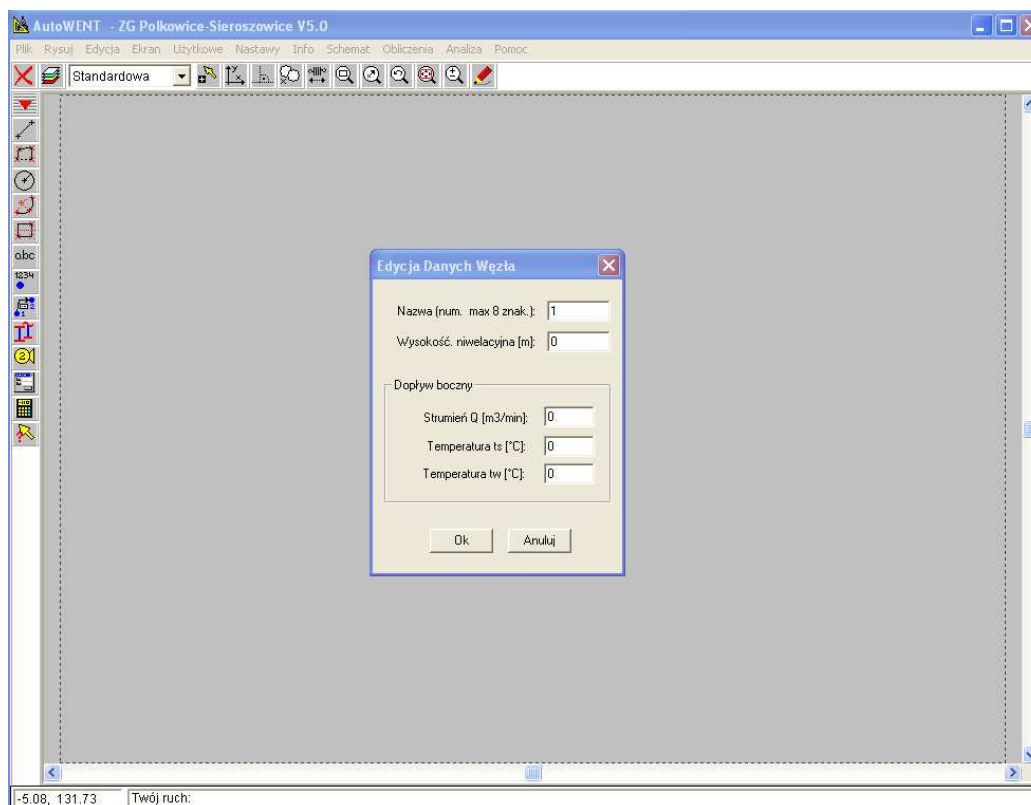


Rys. 5.1. Schemat blokowy tworzenia modelu matematycznego

Wprowadzanie struktury graficznej w AutoWENT

a) wstawianie węzłów:

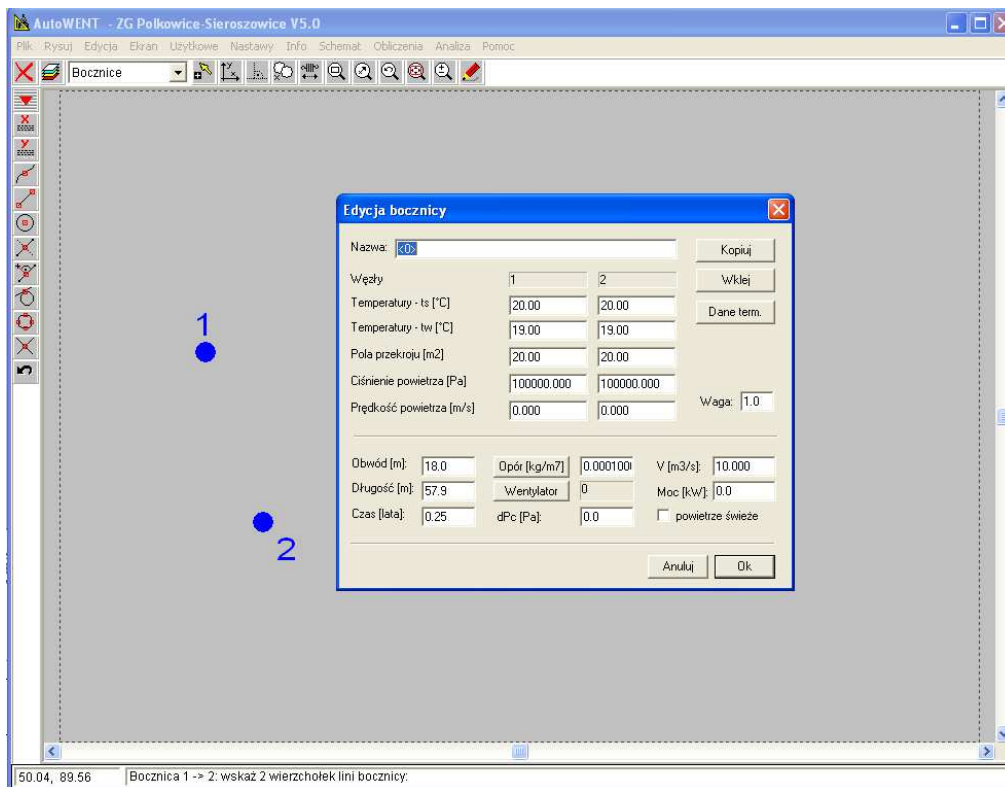
z menu bocznego/górnego wybieramy „wstaw węzeł”



Rys. 5.2. Program AutoWENT – widok ogólny programu wraz z aktywną formatką „Dane węzła”

W polu „Dane węzła” środowisko autouzupełnia numerację węzłów, natomiast uzupełniamy tylko pole wysokość niwelacyjna, na podstawie której zostanie określona automatycznie temperatura pierwotna skał górotworu.

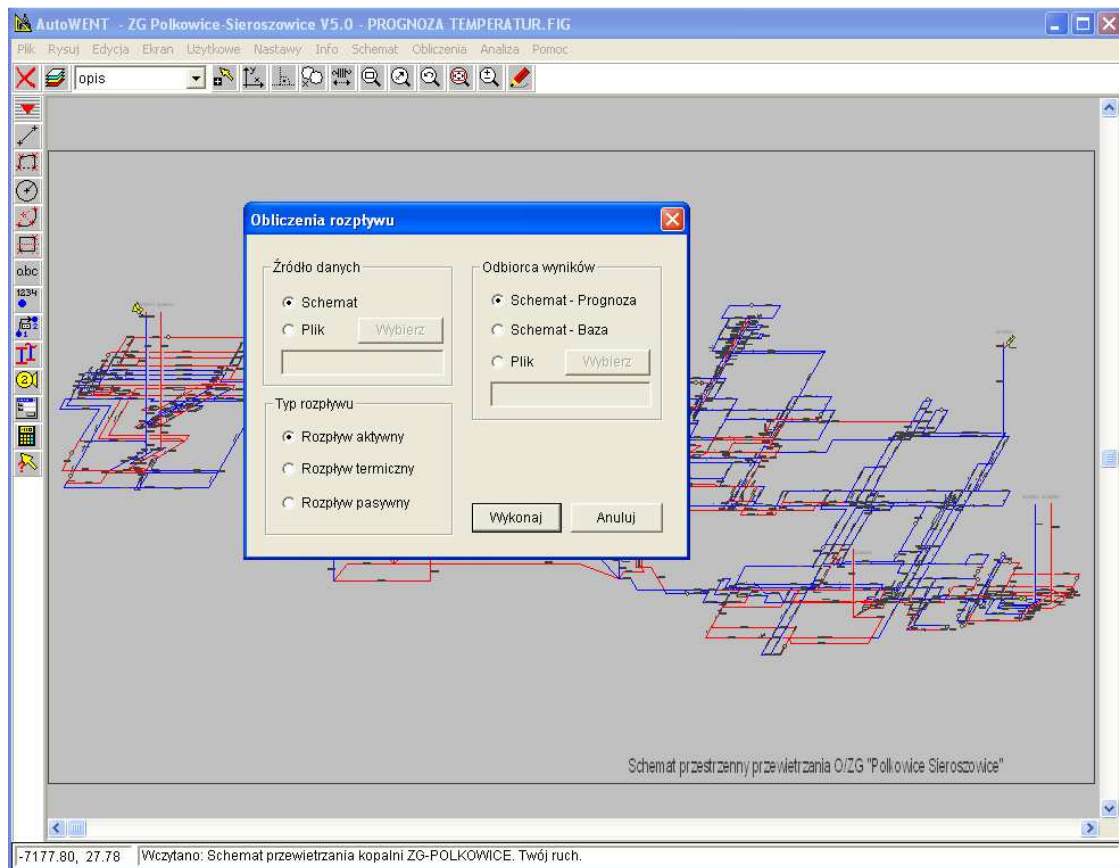
b) wstawianie bocznicy



Rys. 5.3. Program AutoWENT – widok ogólny programu wraz z aktywną formatką „Edycja bocznicy”

Przy modelowaniu bocznicy podajemy następujące dane: obwód wyrobiska, długość wyrobiska, opór aerodynamiczny wyrobiska (z katalogu), czas istnienia wyrobiska.

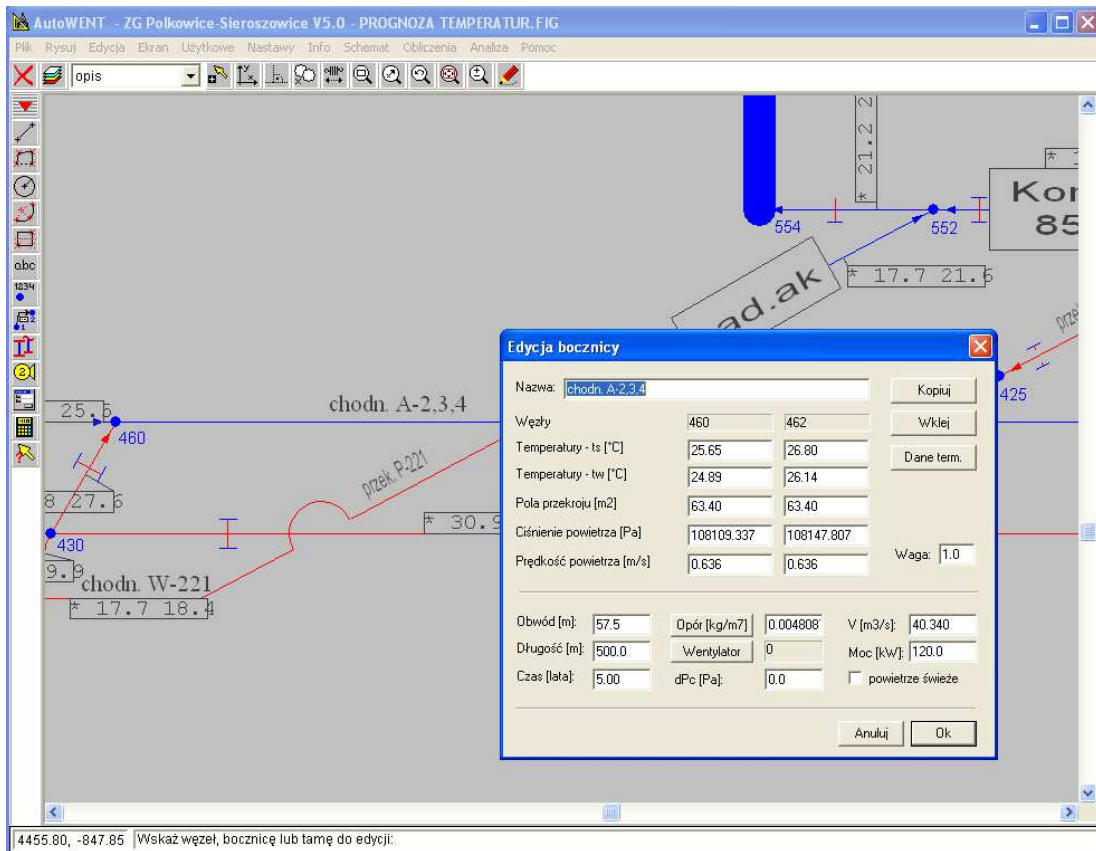
c) w stworzeniu schematu wybieramy opcję „oblicz” i przystępujemy do obliczeń.



Rys. 5.4. Program AutoWENT – widok ogólny programu wraz z aktywną formatką „Obliczanie rozptyłu”

Wykonujemy rozptyw aktywny, a następnie rozptyw termiczny.

d) sprawdzamy otrzymane wyniki



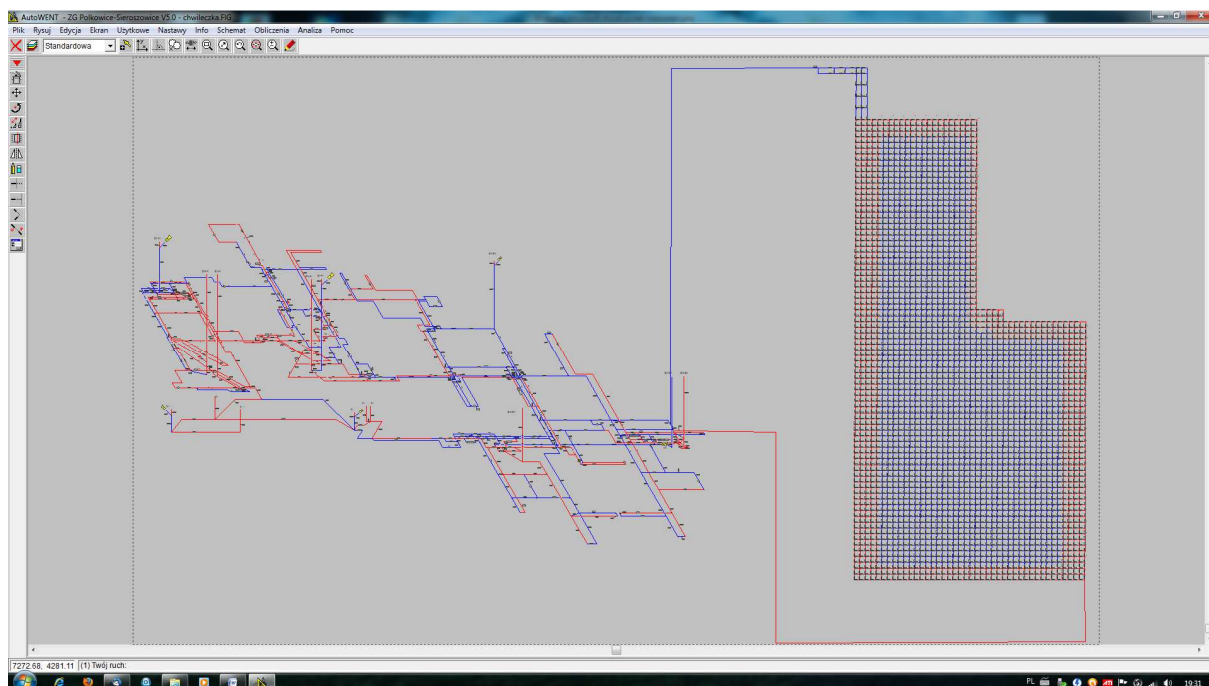
Rys. 5.5. Program AutoWENT – widok ogólny programu wraz z aktywną formatką „Edycja bocznicy”

Jeżeli wyniki obliczeń przeprowadzone programem AutoWENT nie są zgodne z wykonanymi pomiarami, to należy przejrzeć strukturę graficzną i wprowadzone dane. Jeżeli wyniki uzyskane za pomocą programu są zgodne z pomiarowymi, to możemy przyjąć, że model kopalni/rejonu został prawidłowo wprowadzony do AutoWent-a.

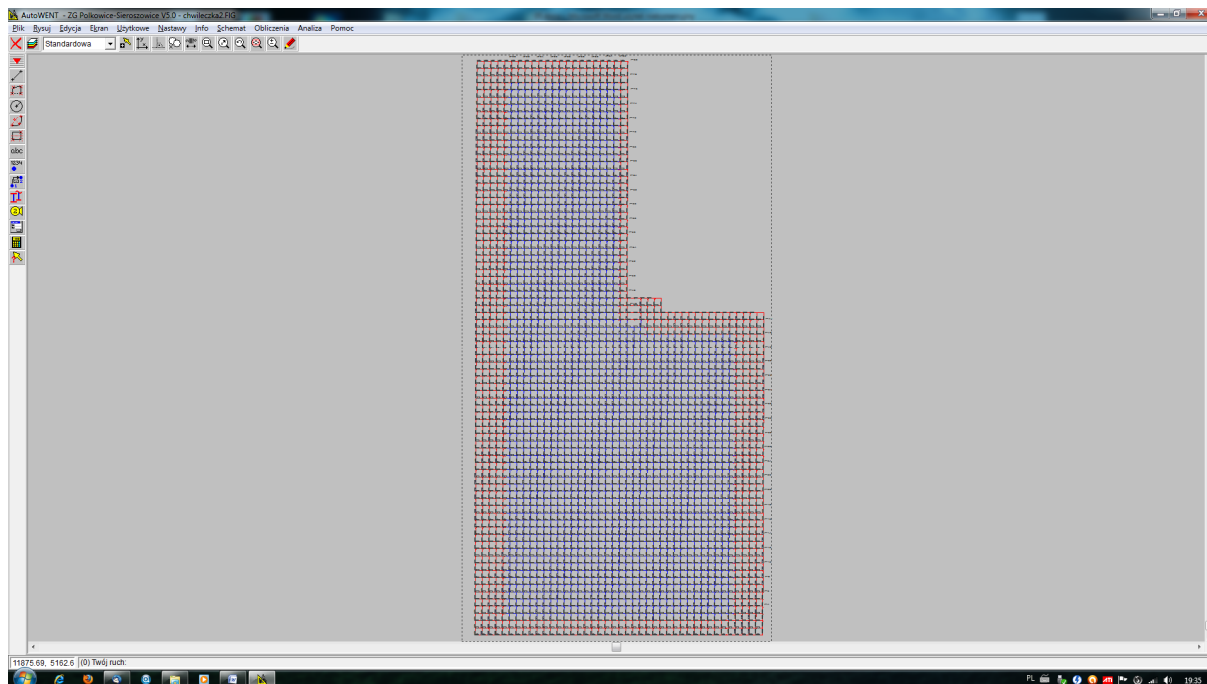
Następnie przystępujemy do przeprowadzania prognoz/symulacji według aktualnych potrzeb. Tworzymy np. nową bocznicę i sprawdzamy rozptywy, wstawiamy regulatory ujemne lub dodatnie i również sprawdzamy rozkład strumieni objętościowych powietrza i temperatur.

W celu przeprowadzenia badań symulacyjnych, stworzono w systemie AutoWENT model cyfrowy uproszczonej wentylacyjnej sieci kopalnianej (rys. 5.6) z rozbudowanym oddziałem górniczym G-61 blok C-II. Model cyfrowy składa się

z 3079 węzłów oraz 5888 bocznic. Długości bocznic, wysokości niwelacyjne i przekroje poprzeczne wyrobisk przyjęto na podstawie danych zawartych w projekcie technicznym eksploatacji oddziału górniczego G-61. Opory aerodynamiczne bocznic wyznaczono na podstawie dostępnego w systemie AutoWENT modułu, który umożliwia określenie oporu aerodynamicznego bocznicy na podstawie danych projektowych (długość, przekrój, rodzaj obudowy).



Rys. 5.6. Model numeryczny wentylacyjnej sieci kopalnianej w systemie AutoWENT



Rys. 5.7. Model numeryczny oddziału G-61 w systemie AutoWENT

Podczas budowy modelu numerycznego przyjęto:

- ✓ koty wysokościowe węzłów wprowadzone zostały na podstawie kot wysokościowych z map mierniczych,
- ✓ długości i przekroje bocznic odpowiadają rzeczywistym długościom i przekrojom wyrobisk,
- ✓ temperatura pierwotna skał górotworu została przyjęta na podstawie kot wysokościowych,
- ✓ ciśnienie bezwzględne wprowadzono na podstawie dołowych pomiarów wentylacyjnych przeprowadzonych w dniu 07.10.2007r.,
- ✓ do programu wprowadzono niezbędne dane charakteryzujące każdą bocznicę (długość, przekrój poprzeczny, obudowę, rodzaj wyrobiska: eksploatacyjny, zrobowy, doprowadzający powietrze świeże lub zużyte, stanowiące drogę transportu oponowego lub przenośnikiem taśmowym), na podstawie których wyliczany jest opór aerodynamiczny wyrobiska,
- ✓ temperaturę powietrza, prędkość oraz strumień masy powietrza podano zgodnie z pomiarami przeprowadzonymi w dniu 07.10.2007r.

5.2. Weryfikacja modelu, analiza wyników i błędów

Otrzymane za pomocą modelu cyfrowego oddziału G-61 blok C-II w systemie obliczeniowym AutoWENT wyniki rozplywu powietrza wraz z rozkładem temperatur powietrza porównano z wynikami pomiarów.

Porównanie zawiera tablica 5.1.

Tablica 5.1. Wyniki pomiarów z badań i wyniki obliczeń z modelu cyfrowego

St. pom.	Pomiar rzeczywisty				Wyniki obliczeń „wariant podstawowy”				Odchylenie procentowe wyniku obliczeń od pomiarów rzeczywistych		
	Q	t _s	t _w	P	Q	t _s	t _w	P	Q	t _s	t _w
	[m ³ /min]	°C	°C	[Pa]	[m ³ /min]	°C	°C	[Pa]	[%]	[%]	[%]
P.0	7550	20,8	16,4	109886	7300	20,13	16,16	109884,935	3,3	3,2	1,4
Razem	7550				7300				3,3		
P.1.1	500	21,0	16,4	109886	331	20,32	16,91	109718,018	33,8	3,2	-3,1
P.1.2	488	21,0	16,6	109886	586	20,47	17,06	109717,814	-20,0	2,5	-2,8
P.1.3	480	21,0	16,6	109886	516	20,60	17,22	109177,860	-7,5	1,9	-3,7
Razem	1468				1433				2,4		
P.2.1	1000	21,0	17	109725	942	20,44	17,13	109716,832	5,8	2,7	-0,8
P.2.2	1122	21,2	17,2	109725	996	20,40	17,00	109716,830	11,2	3,8	1,2
P.2.3	1012	21,2	17,4	109725	1084	20,32	16,91	109716,832	-7,1	4,1	2,8
P.2.4	1310	21,2	17,2	109725	1158	20,24	16,83	109716,834	11,6	4,5	2,1
P.2.5	1260	21,4	17,4	109725	1183	20,16	16,74	109716,838	6,1	5,8	3,8
Razem	5704				5363				6,0		
P.3.1	930	22,8	19,4	109702	768	22,36	18,92	109714,091	17,4	1,9	2,5
P.3.2	852	22,8	19,8	109702	769	22,25	18,79	109714,090	9,7	2,4	5,1
P.3.3	936	23,0	19,8	109702	768	22,09	18,65	109714,093	17,9	3,9	5,8
P.3.4	850	23,0	19,6	109702	767	21,87	18,43	109714,095	9,8	4,9	6,0
P.3.5	840	23,2	19,8	109702	767	21,43	18,01	109714,095	8,7	7,6	9,0
Razem	4408				3839				12,9		
P.4.1	712	25,8	20,8	109699	567	24,74	21,04	109712,470	20,4	4,1	-1,1
P.4.2	726	26,0	21,2	109699	546	24,55	20,87	109712,471	24,8	5,6	1,5
P.4.3	698	25,8	21,6	109699	525	24,29	20,65	109712,470	24,8	5,8	4,4
P.4.4	662	25,8	21,6	109699	514	23,91	20,32	109712,474	22,3	7,3	5,9
P.4.5	528	25,6	21,8	109699	510	23,22	19,80	109712,475	3,4	9,3	9,2
Razem	3326				2662				20,0		
P.5.1	654	25,8	22,6	109699	581	25,55	21,73	109711,721	11,2	1,0	3,8
P.5.2	622	26,0	22,4	109699	581	25,59	21,77	109711,719	6,6	1,6	2,8
P.5.3	544	26,2	22,6	109699	581	25,62	21,79	109711,722	-6,8	2,2	3,6
P.5.4	478	26,2	22,8	109699	581	25,68	21,83	109711,721	-21,5	2,0	4,2
Razem	2298				2324				-1,1		

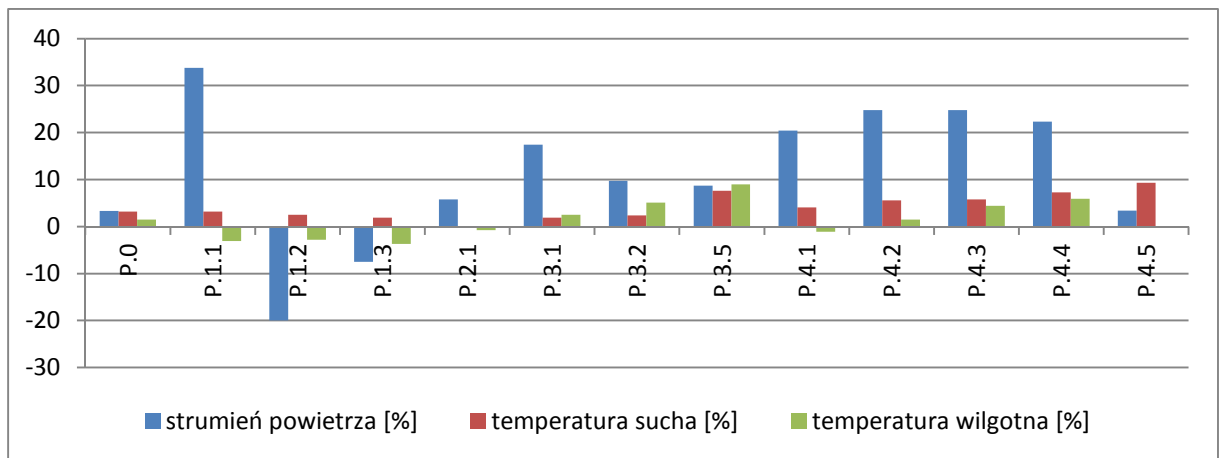
cdn Tablica 5.1.

St. pom.	Pomiar rzeczywisty				Wyniki obliczeń „wariant podstawowy”				Odchylenie procentowe wyniku obliczeń od pomiarów rzeczywistych		
	Q	t _s	t _w	P	Q	t _s	t _w	P	Q	t _s	t _w
	[m ³ /min]	°C	°C	[Pa]	[m ³ /min]	°C	°C	[Pa]	[%]	[%]	[%]
P.6.1	680	27,2	24,0	109691	803	27,20	23,15	109710,834	-18,1	0,0	3,5
P.6.2	728	27,6	23,8	109691	851	27,07	23,01	109710,834	-16,9	1,9	3,3
Razem	1408				1654				-17,5		
P.7.1	890	29,2	25,4	109691	1015	30,69	27,05	109707,252	-14,0	-5,1	-6,5
P.7.2	982	29,4	25,8	109691	1013	29,25	24,92	109707,252	-3,1	0,5	3,4
Razem	1872				2028				-8,3		
P.8.1	644	30,2	26,8	109685	567	31,20	27,61	109706,957	11,9	-3,3	-3,0
P.8.2	756	30,4	27,0	109685	559	30,76	26,89	109706,950	26,0	-1,2	0,4
P.8.3	714	30,4	27,4	109685	552	30,55	26,47	109706,948	22,7	-0,5	3,4
P.8.4	420	30,8	28,2	109685	549	30,41	26,09	109706,955	-30,7	1,3	7,5
Razem	2534				2227				12,1		
P.9.1	926	33,0	30,2	109683	737	34,00	31,21	109705,716	20,4	-3,0	-3,3
P.9.2	852	33,4	29,8	109683	783	32,82	29,40	109705,711	8,1	1,7	1,3
P.9.3	796	33,6	31,2	109683	824	31,96	27,95	109705,717	-3,5	4,9	10,4
P.9.4	660	33,6	31,4	109683	837	31,45	26,99	109705,719	-26,8	6,4	14,0
Razem	3234				3181				1,6		
P.10.1	500	24,2	20,8	109887	469	24,75	21,05	109709,964	6,2	-2,3	-1,2
P.10.2	478	24,4	21,0	109887	474	25,33	21,62	109709,964	0,8	-3,8	-3,0
P.10.3	450	24,4	21,0	109887	478	26,18	23,05	109709,936	-6,2	-7,3	-9,8
Razem	1428				1421				0,5		

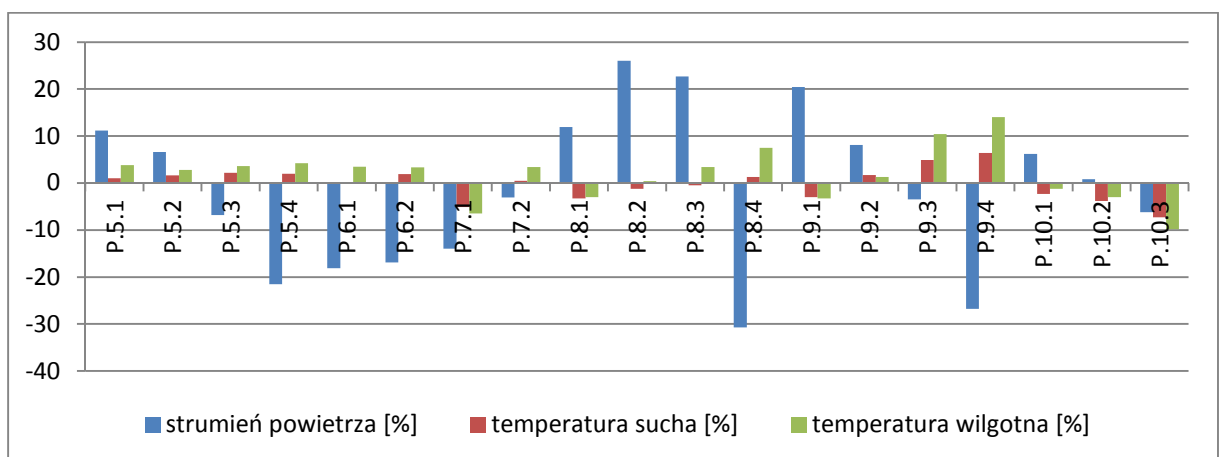
Analizę porównawczą wyników przeprowadzono dla dwóch stanów: wyników pomiarów przeprowadzonych w warunkach rzeczywistych oraz wyników otrzymanych za pomocą symulacji komputerowej przeprowadzonej na modelu cyfrowym. Porównaniu poddano 41 stanowisk pomiarowych na których wykonano pomiary rzeczywiste z wynikami obliczeń. Porównując odchylenia wyników (przeprowadzone w rzeczywistości i symulacyjne) odchylenie bezwzględne dla wartości temperatury suchej powietrza kopalnianego wynosi od 0% do 9,3%. Mierzone i uzyskane w wyniku przeprowadzonej symulacji wartości temperatury wilgotnej powietrza różnią się od siebie od 0,4% do 14%. Odchylenie dla wartości wydatku powietrza zawiera się w granicach od 0,8% do 33%. Wartości odchylenia dla poszczególnych stanowisk pomiarowych przedstawiono na wykresie 5.1 i 5.2. Porównano również odchyłki wartości wydatku powietrza jako suma wartości w poszczególnych przekrojach na stanowiskach pomiarowych. W tym

przypadku odchyłka kształtowała się w granicach od 0,5% do 17,5%. Określenie odchylenia wartości wydatku powietrza w ten sposób jest bardziej prawidłowe i przedstawiono je na wykresie 5.3.

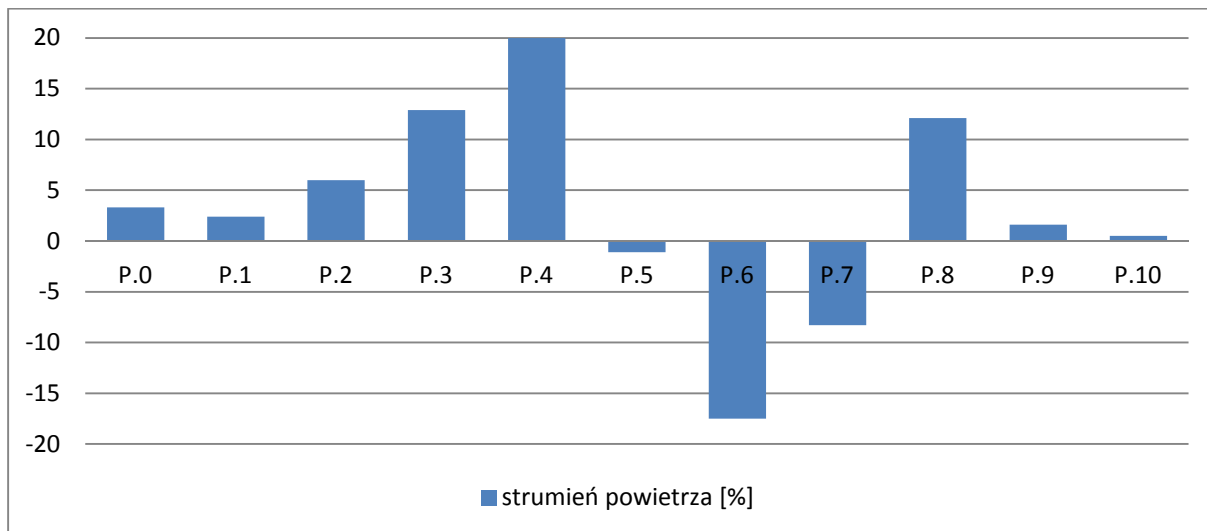
Na podstawie wyników z pomiarów rzeczywistych oraz wyników otrzymanych z symulacji numerycznej można przyjąć, że model cyfrowy oddziały eksploatacyjnego stworzony w programie AutoWENT z dużym prawdopodobieństwem odzwierciedla warunki rzeczywiste panujące w oddziel G-61 blok C-II i może być wykorzystany do dalszej symulacyjnej analizy.



Wykres 5.1. Odchylenia wartości temperatury suchej i wilgotnej oraz wydatku powietrza dla stanowisk pomiarowych od P.0 do P.4.5



Wykres 5.2. Odchylenia wartości temperatury suchej i wilgotnej oraz wydatku powietrza dla stanowisk pomiarowych od P.5.1 do P.10.3



Wykres 5.3. Odchylenia wartości wydatku powietrza dla grupy stanowisk pomiarowych od P.0 do P.10

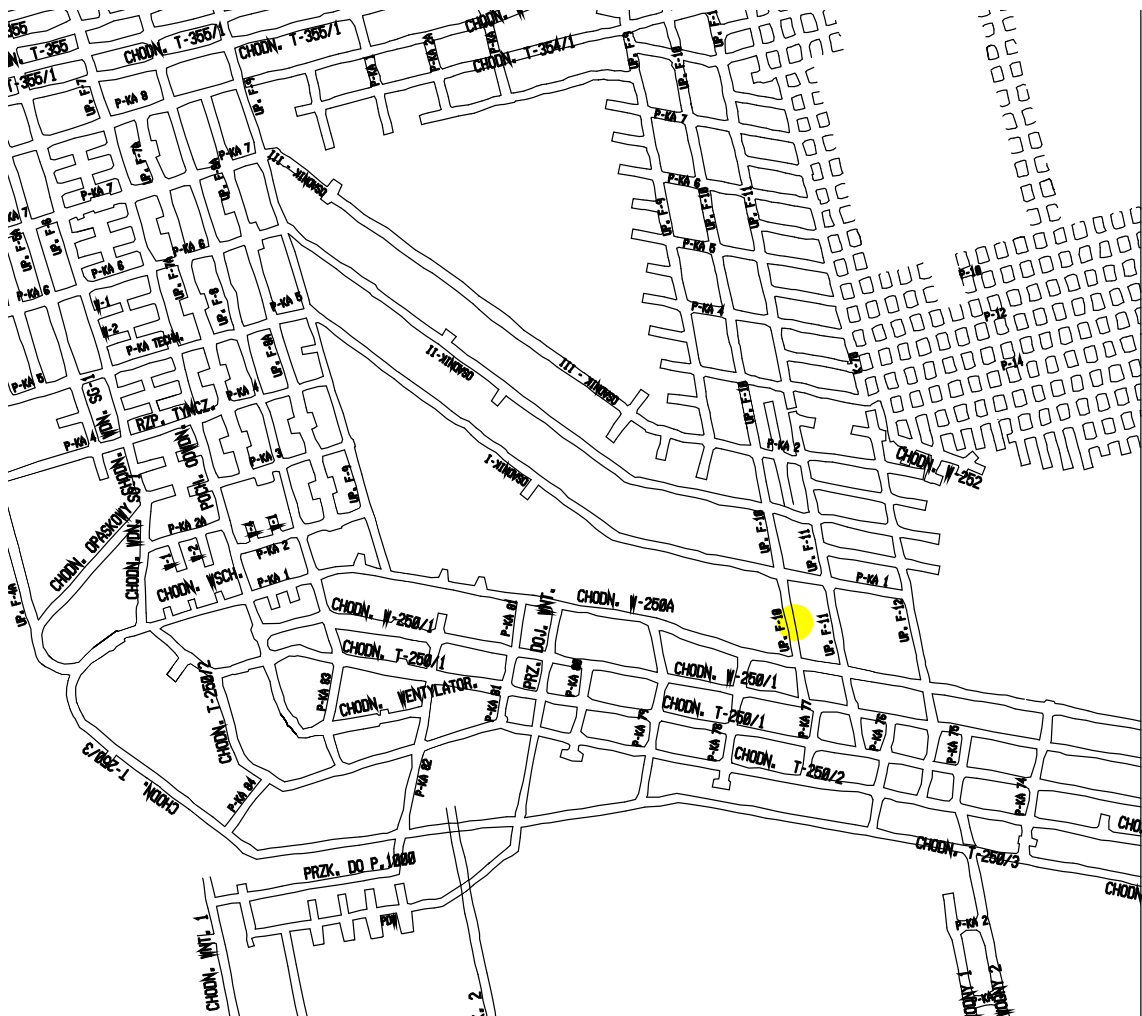
5.3. Wyznaczanie oporów aerodynamicznych tam wentylacyjnych

W literaturze nie są znane badania oporu aerodynamicznego tam wentylacyjnych w warunkach kopalń KGHM. Dla przeprowadzenia badań symulacyjnych zostały wykonane badania eksperymentalne mające na celu wyznaczenie oporu aerodynamicznego tam stosowanych w kopalniach rud miedzi. Znajomość oporów aerodynamicznych jest niezbędna do przeprowadzenia symulacyjnych badań numerycznych.

Do wygradzania przestrzeni wyeksploatowanej wykorzystywane są tamy usypywane z kamienia, bardzo rzadko tamy murowane na urobku i jeszcze rzadziej tamy murowane od spągu. W celu przeprowadzenia badania możliwości poprawy warunków cieplnych poprzez zwiększenie oporu aerodynamicznego izolacji zrobów przeprowadzono badania eksperymentalne. Przeprowadzone pomiary pozwoliły wyznaczyć opory aerodynamiczne, które zostały wykorzystane w modelu cyfrowego oddziału G-61 blok C-II.

5.3.1. Stanowisko pomiarowe

Jako miejsce badań oporów aerodynamicznych tam wentylacyjnych wybrano pochylnię F-10 zlokalizowaną w rejonie górniczym SG. Było to wyrobisko poziome, niezawadnione, występowały w nim stałe temperatury powietrza. Lokalizację miejsca zabudowy tam i stanowiska pomiarowego przedstawia rys. 5.8.

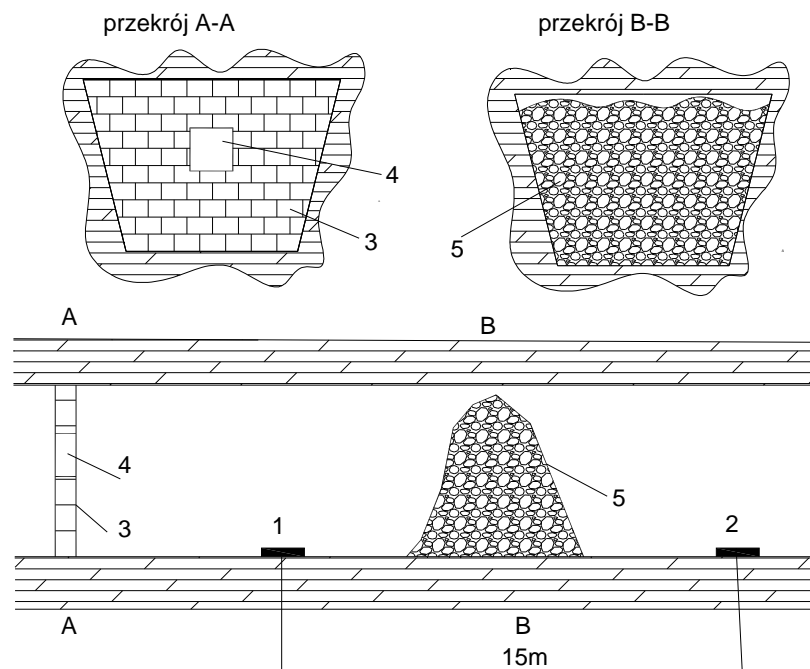


Rys. 5.8. Lokalizacja stanowiska pomiarowego do wyznaczenia oporu aerodynamicznego

Schemat stanowiska pomiarowego do wyznaczenia oporów aerodynamicznych tam przedstawia rys. 5.9. W celu zachowania powtarzalności wyników tamy zabudowywano w tym samym miejscu po uprzednim rozebraniu tamy poprzedniej. Przebadano 9 rodzajów tam wentylacyjnych.

Na spągu wyrobiska w odległości 15m od siebie wykonano wylewki betonu zbrojonego 0,5m na 0,5m, które stanowiły miejsca pomiarowe (1) i (2). W tych miejscach dokonywano ciągłego pomiaru ciśnienia bezwzględne powietrza kopalnianego. Dział mierniczy przeprowadził pomiary wysokościowe punktów pomiarowych (1) i (2), różnica w wysokości wynosiła 1 cm.

Na początku pochylni wykonano tamę murową (3) z betoników grubości 24 cm. Maksymalną możliwą do uzyskania szczelność tamy zapewniono poprzez dokładne wypełnienie spoiny zaprawą murarską. Przy ociosach dodatkowo tamę uszczelniono pianką monterską. Tamę dwustronnie pokryto środkiem doszczelniającym tekkflex. Do pomiarów wartości strumienia powietrza zabudowano w tamie okno regulacyjne (4) o wymiarach 100 cm x 100 cm. Przez okres 3 miesięcy w miejscu (B) pochylni F-10 zabudowywano kolejno 9 tam różnej konstrukcji i dokonywano pomiarów parametrów niezbędnych do wyznaczenia oporu aerodynamicznego tamy.



Rys. 5.9. Schemat pomiarowy (1,2 – miejsca pomiarowe w których dokonywano ciągłego pomiaru ciśnienia powietrza kopalnianego, 3 – tama murowa, 4 – okno regulacyjne o wymiarach 100cm x 100cm, w którym wykonywano pomiary prędkości strumienia powietrza, 5 – tama, której wyznaczano opór aerodynamiczny)

W miejscach pomiarowych (1) i (2), według rys.5.9 oraz przedstawionych na fotografiach 5.1 i 5.3, dokonywano ciągłego pomiaru ciśnienia powietrza kopalnianego za pomocą

dwóch cyfrowych mierników ciśnienia bezwzględnego μBAR . Pomiar ciśnienia był automatycznie zapisywany co 5 sekund. Do obliczeń przyjęto wartość średnią z poszczególnych pomiarów. Pomiarów wartości prędkości przepływu strumienia powietrza dokonywano w oknie regulacyjnym (4) zabudowanym w tamie murowej (3), pomiar prędkości przepływu powietrza przedstawiono na fotografii 5.2. Dokonywano 5-krotnego (co 10 minut) pomiaru wartości prędkości strumienia powietrza anemometrem skrzydełkowym. Do obliczeń przyjmowano wartość średnią prędkości powietrza z pięciokrotnych pomiarów.



Fot. 5.1. Miejsce pomiarowe ciśnienia powietrza kopalnianego (na rys.5.8 oznaczone 1), w tle widoczna osoba dokonująca pomiaru wartości prędkości powietrza w oknie regulacyjnym (4) tamy murowej (3)



Fot. 5.2. Pomiar wartości prędkości przepływu powietrza w oknie regulacyjnym (4) w tamie murowej (3)



Fot. 5.3. Pomiar wartości ciśnienia powietrza kopalnianego w miejscu pomiarowym (2), w tle widoczna tama murowa na urobku – na rys.5.8 oznaczona (5)

5.3.2. Rodzaje konstrukcji tam

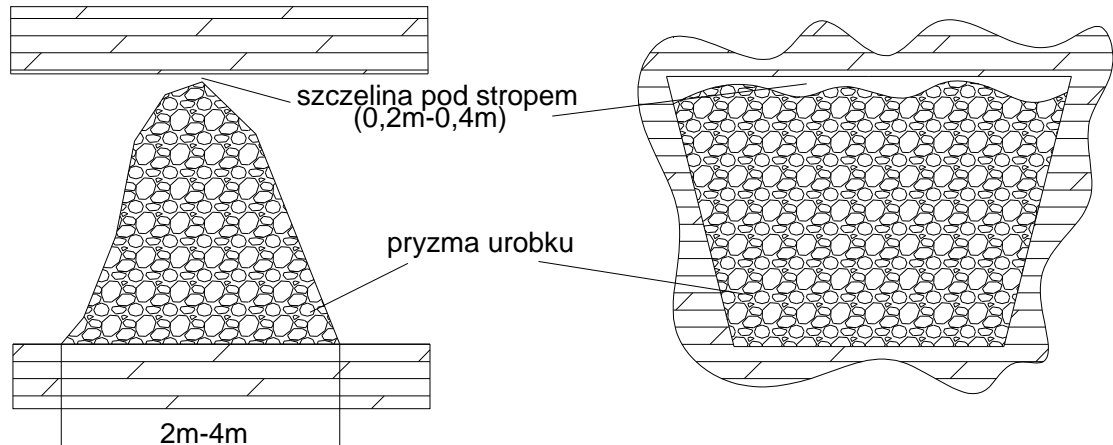
W celu wyznaczenia oporów aerodynamicznych tam i oceny ich szczelności przeprowadzono pomiary dołowe umożliwiające wyznaczenie ich oporu aerodynamicznego. Znajomość wartości oporów aerodynamicznych tam była niezbędna do przeprowadzenia obliczeń symulacyjnych na modelu cyfrowym oddziały górniczego.

Pomiary ciśnienia i przepływu powietrza przeprowadzono w pochylni F-10 przy chodniku W-250a, w której w celu zachowania powtarzalności wyników zabudowywano kolejno 9 rodzajów tam o różnej konstrukcji - w dalszej części pracy tamy są oznaczone T.01÷T.09:

- T.01 – tama z urobku,
- T.02 – tama murowa na urobku,
- T.03 – tama murowa na urobku doszczelniona piachem,
- T.04 – tama murowa o szerokości 24cm,
- T.05 – tama murowa o szerokości 24cm jednostronnie rapowana,
- T.06 – tama murowa o szerokości 24cm dwustronnie rapowana,
- T.07 – tama murowa o szerokości 60cm,
- T.08 – tama murowa o szerokości 60cm jednostronnie pokryta tekkflexem,
- T.09 – tama murowa o szerokości 60cm dwustronnie pokryta tekkflexem.

Tama T.01 – tama z urobku

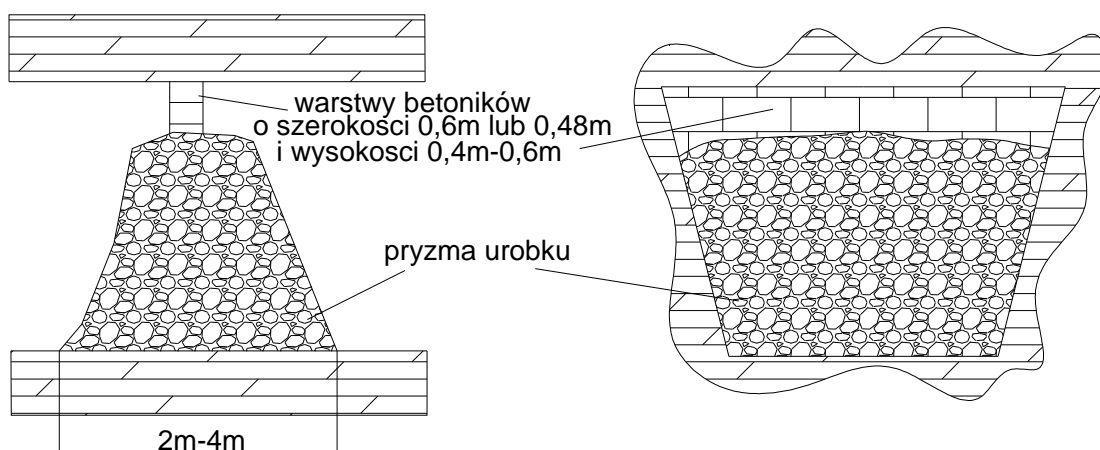
Najczęściej stosowana tama oddzielająca wyrobisko doprowadzające powietrze dolotowe od np. zrobów. Wykonuje się ją ze skały płonnej poprzez usypywanie ładowarką łyżkową i szczelnym jej podbiciem pod strop.



Rys. 5.10. Konstrukcja tamy T.01

Tama T.02 – tama murowa na urobku

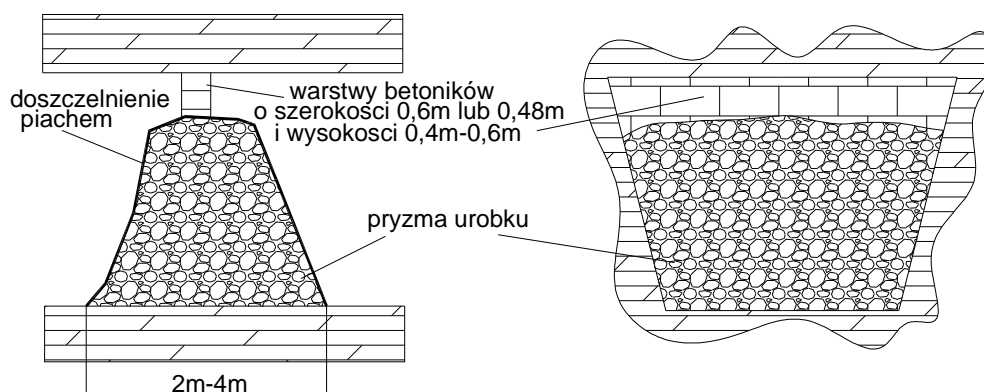
Tamę murową na urobku wykonuje się jak tamę z urobku, przy czym szczelinę między usypaną tamą a stropem dodatkowo muruje się dwoma lub trzema rzędami betoników.



Rys. 5.11. Konstrukcja tamy T.02

T.03 – tama murowana na urobku doszczelniona piachem

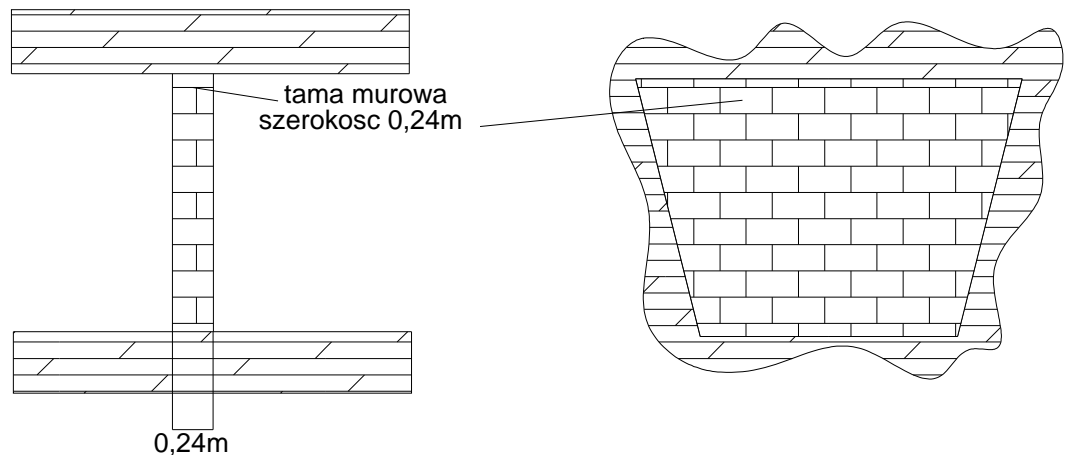
Wykonanie tamy w pierwszym etapie jest takie same jak podczas stawiania tamy murowanej na urobku. Dodatkowo na dolną część tamy wykonanej z urobku nasypuje się drobny piachu lub żwir, który wypełnia przestrzenie międzyskalne zapewniając większą szczelność tamy.



Rys. 5.12. Konstrukcja tamy T.03

T.04 – tama murowa o grubości 24 cm

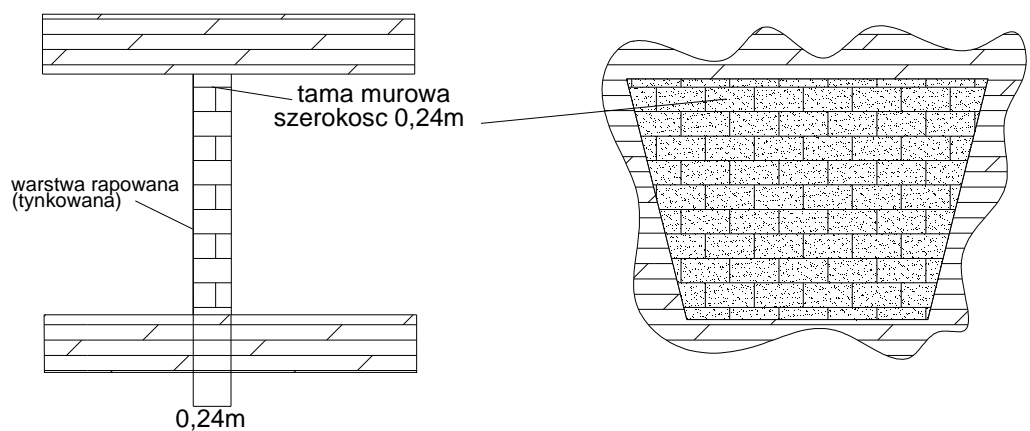
Tama wykonana jest z betoników, grubość muru wynosi 24 cm. Najpierw wykonuje się betonową wylewkę a następnie muruje się bloczkami betonowymi do samego stropu. Dodatkowo doszczelnia się tamę przy ociosach i stropie pianką montażową.



Rys. 5.13. Konstrukcja tamy T.04

T.05 – tama murowa o szerokości 24 cm jednostronnie rapowana

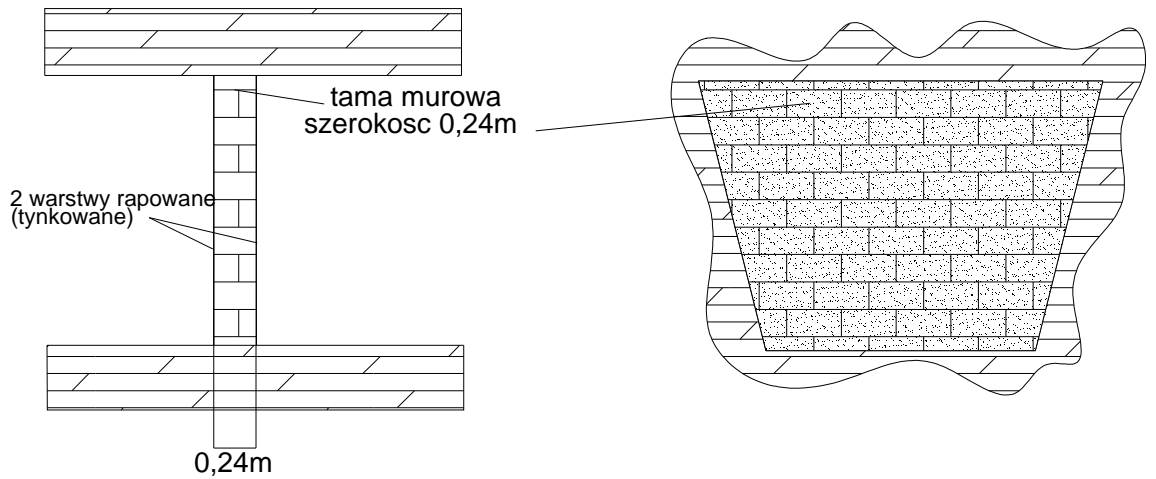
Tamę w pierwszym etapie wykonuje się jak tamę T.04, a następnie po jednej stronie wykonuje się rapowanie, przez co uzyskuje się większą szczelność.



Rys. 5.14. Konstrukcja tamy T.05

T.06 – tama murowa o szerokości 24 cm dwustronnie rapowana

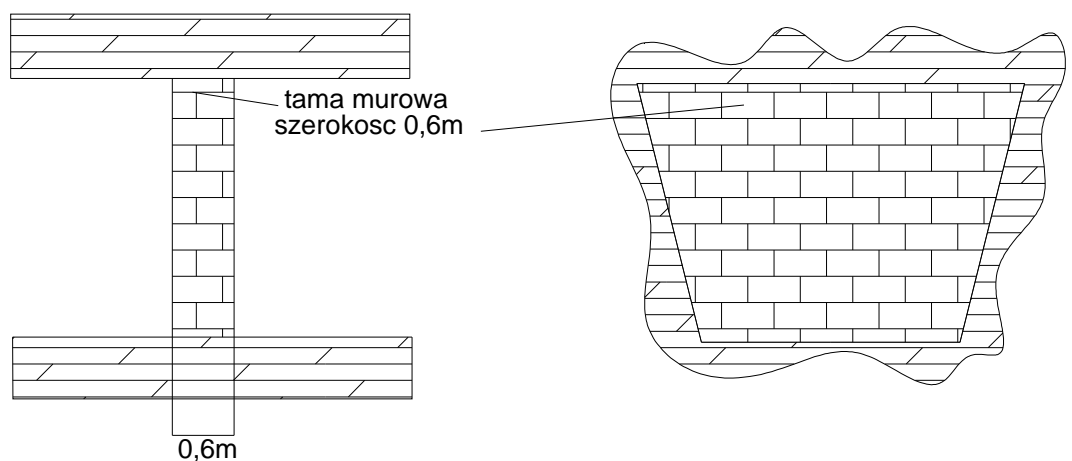
Tama wykonywana jest jak tama T.04 a następnie obustronnie rapowana zaprawą murarską.



Rys. 5.15. Konstrukcja tamy T.06

T.07 – tama murowa o szerokości 60 cm

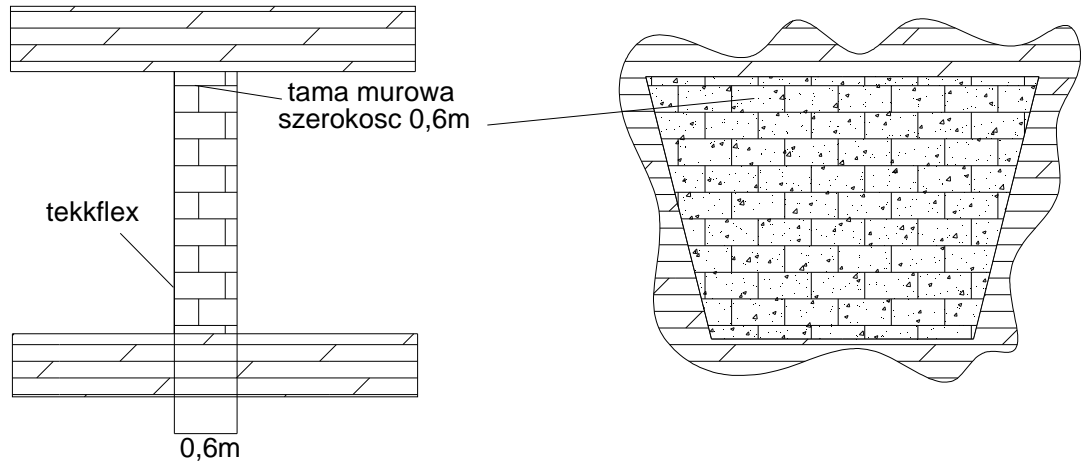
Tama wykonywana jest jak tama T.04, jedną różnicą jest to, że grubość muru wynosi 60 cm.



Rys. 5.16. Konstrukcja tamy T.07

T.08 – tama murowa o szerokości 60 cm jednostronnie pokryta tekkflexem

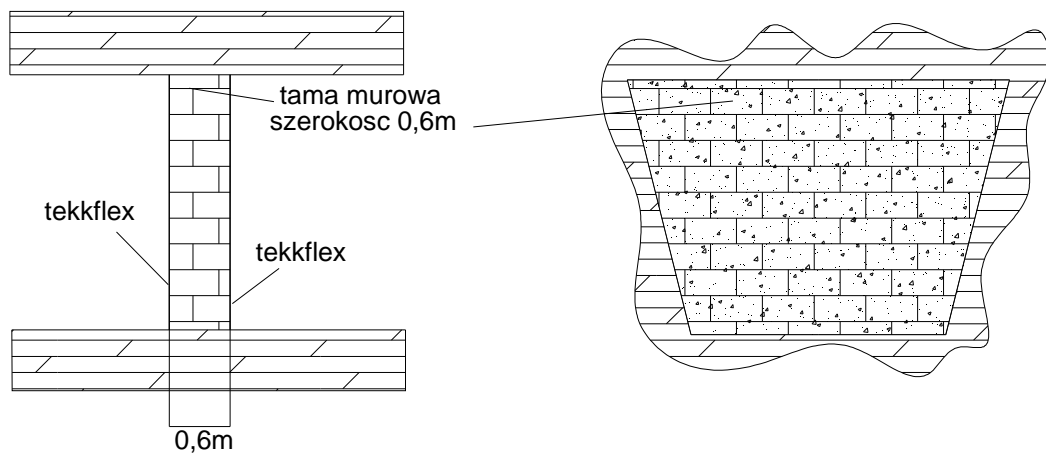
Pierwszy etap tamy wykonywany jest jak T.07 a następnie jedna strona muru pokrywana jest tekkflexem – substancją zapewniającą zwiększenie szczelności tamy.



Rys. 5.17. Konstrukcja tamy T.08

T.09 – tama murowa o szerokości 60 cm dwustronnie pokryta tekkflexem

Wykonanie tamy takie jak tamy T.07, a następnie dwustronne pokrycie substancją chemiczną tekkflex zwiększającą szczelność tamy.



Rys. 5.18. Konstrukcja tamy T.09

5.3.3. Wyznaczanie oporów aerodynamicznych tam

Opór aerodynamiczny tamy wyznaczono na podstawie wzoru:

$$R = \frac{\Delta P}{\dot{V}}$$

gdzie:

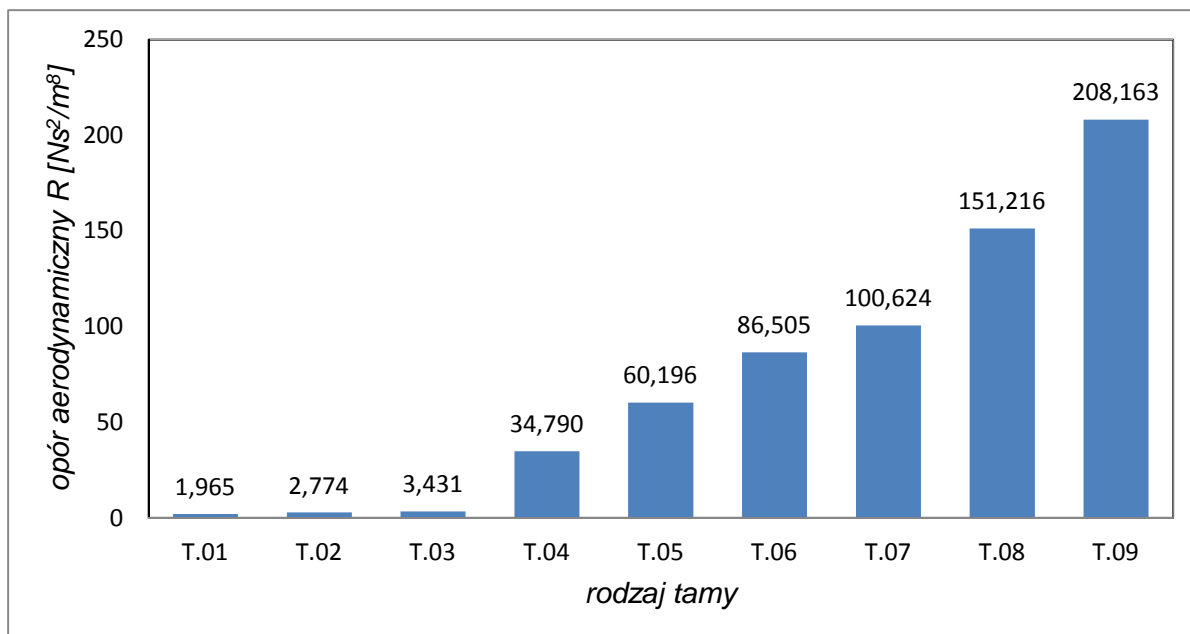
R – opór aerodynamiczny tamy, Ns^2/m^8 ,

ΔP – różnica ciśnień bezwzględnych przed i za tamą, Pa,

\dot{V} – strumień powietrza, m^3/s

Tablica 5.2. Wartości oporów aerodynamicznych tam izolacyjnych

Tama	ΔP	\dot{V}	R
	[Pa]	[m^3/s]	[Ns^2/m^8]
T.01	9	2,14	1,965
T.02	12	2,08	2,774
T.03	14	2,02	3,431
T.04	57	1,28	34,790
T.05	81	1,16	60,196
T.06	90	1,02	86,505
T.07	71	0,84	100,624
T.08	92	0,78	151,216
T.09	102	0,70	208,163



Wykres 5.4. Wartości oporów aerodynamicznych tam T.01÷T.09

5.4. Badania symulacyjne

Wyznaczenie wartości oporów aerodynamicznych tam oddzielających było niezbędne do przeprowadzenia badań symulacyjnych na stworzonym modelu cyfrowym oddziału górniczego. W modelu część wyeksploatowaną wygradzano kolejno tamami, których opór aerodynamiczny jest znany (wcześniej wyznaczony). Przeprowadzono 10 symulacji dla tam d T.01 do T.09 – przy czym model z tamami T.01 stanowi odzwierciedlenie stanu rzeczywistego. Dodatkowo przeprowadzono symulacyjne obliczenia dla tamy T.10, której założono nieskończony opór aerodynamiczny, co w rzeczywistości odpowiada 100% podsadzeniem wyeksploatowanej przestrzeni.

W celu określenia wpływu rodzaju tam użytych do izolowania zrobów na temperatury powietrza kopalnianego na froncie eksploatacyjnym, wprowadzano następujące rodzaje tam o zmiennych oporach aerodynamicznych zgodnych z tablicą 5.2:

- T.01 – tama z urobku,
- T.02 – tama murowa na urobku,

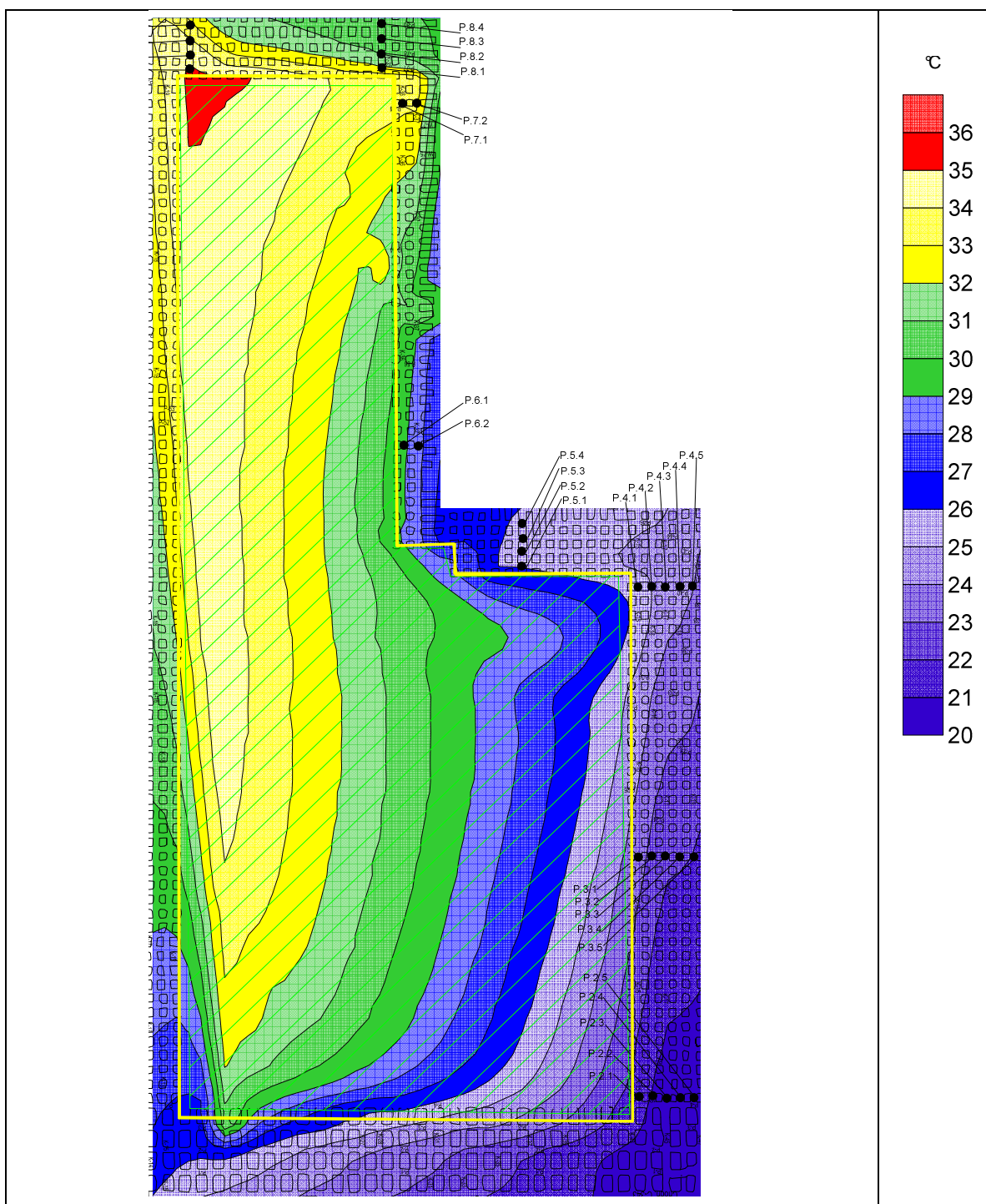
- T.03 – tama murowa na urobku doszczelniona piachem,
- T.04 – tama murowa o szerokości 24cm,
- T.05 – tama murowa o szerokości 24cm jednostronnie rapowana,
- T.06 – tama murowa o szerokości 24cm dwustronnie rapowana,
- T.07 – tama murowa o szerokości 60cm,
- T.08 – tama murowa o szerokości 60cm jednostronnie pokryta tekkflexem,
- T.09 – tama murowa o szerokości 60cm dwustronnie pokryta tekkflexem,
- T.10 – pełne podsadzenie wyrobisk.

Dla każdego przeprowadzonego wariantu obliczeń otrzymano następujące parametry:

- wartości strumienia powietrza na poszczególnych stanowiskach pomiarowych,
- wartości temperatury suchej na stanowiskach pomiarowych,
- wartości temperatury suchej na pasach eksploatacyjnych oddziału górniczego,
- wartość entalpii właściwej.

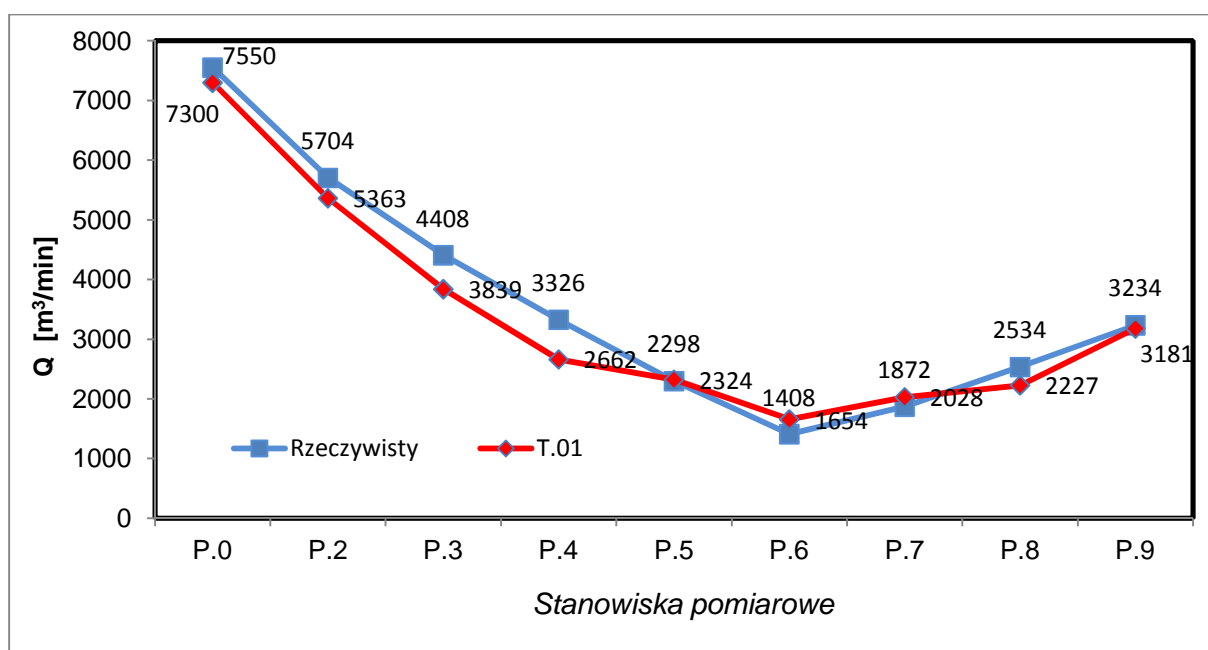
5.4.1. Wariant symulacyjny T.01

W wariantcie T.01 badania symulacyjne polegały na tym, że zrobio oddzielono od wyrobisk doprowadzających powietrze w rejon eksploatacji za pomocą tam z urobku - typ tamy T.01 - o oporze aerodynamicznym wynoszącym $1,965 \text{ N s}^2/\text{m}^8$. Model ten odzwierciedla sytuację rzeczywistą.



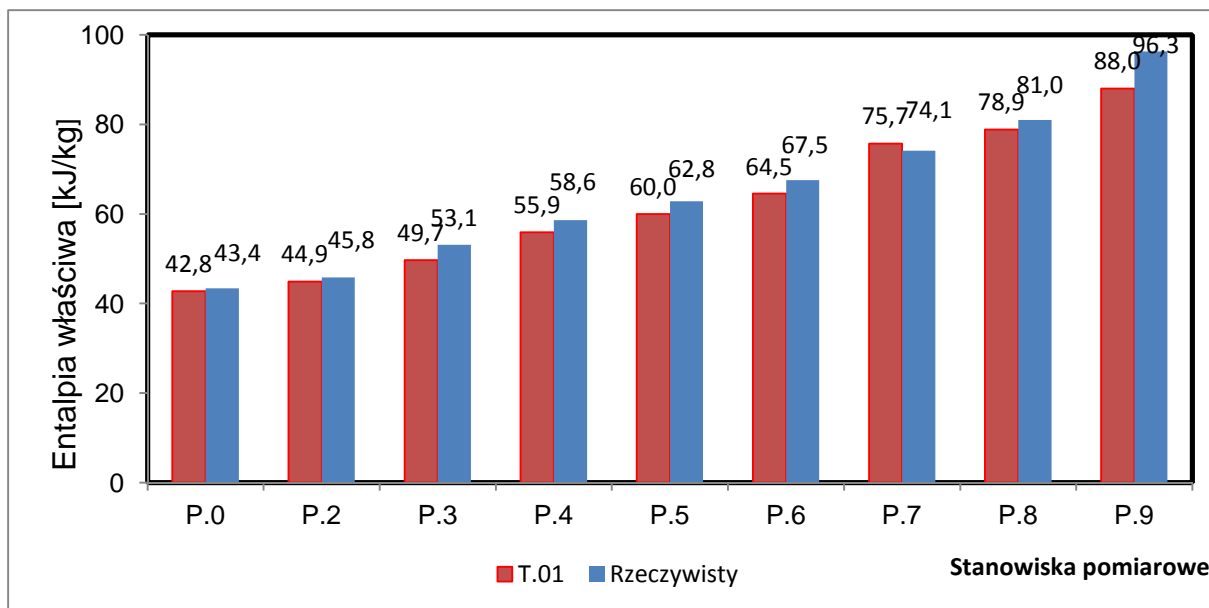
Rys. 5.19. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.01

Z rozkładu temperatur przedstawionego na rysunku 5.19 wynika, że chłodne powietrze dolotowe przedostaje się do zrobów i wychładza je. Wzdłuż drogi przepływu powietrza, od linii pomiarowej P.2 do P.7, następuje wzrost temperatury powietrza. Przed wlotem na front eksploatacyjny oddziału G-61 blok C-II - linia pomiarowa P.7 - temperatura powietrza osiąga wartość 31 °C. Temperatura na froncie eksploatacyjnym osiąga wartość do 35 °C.



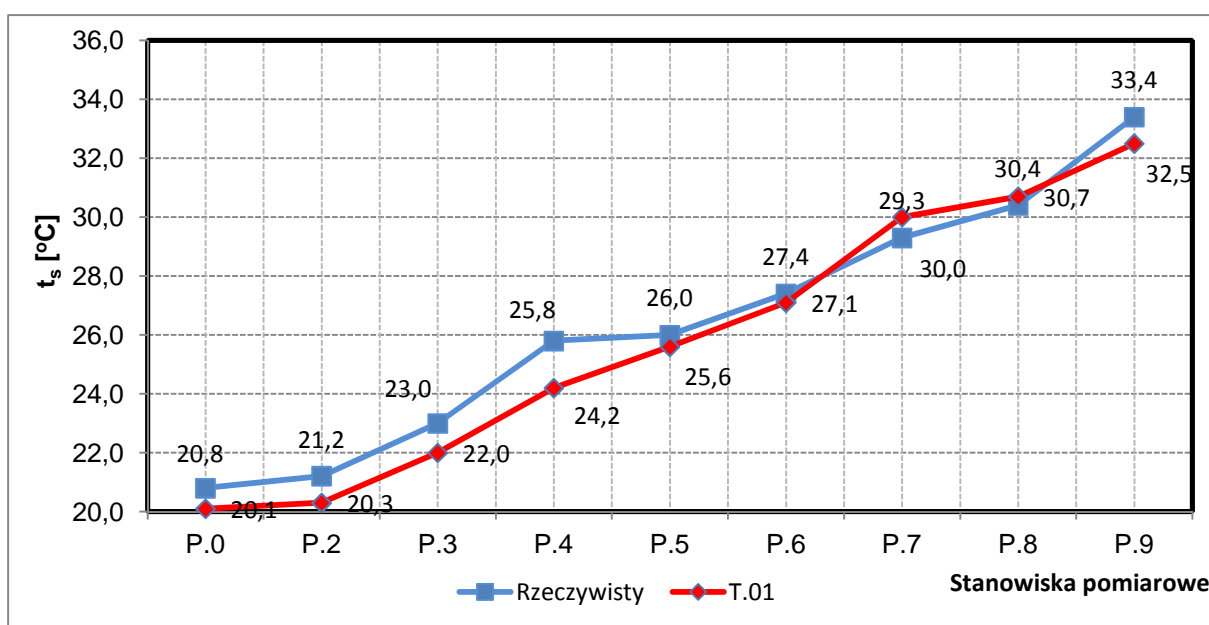
Wykres 5.5. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.01

Z wykresu 5.5 można odczytać, że wydatek powietrza, dla wariantu T.01, na poszczególnych stanowiskach pomiarowych jest zbliżony do rozplywu uzyskanego z pomiarów.



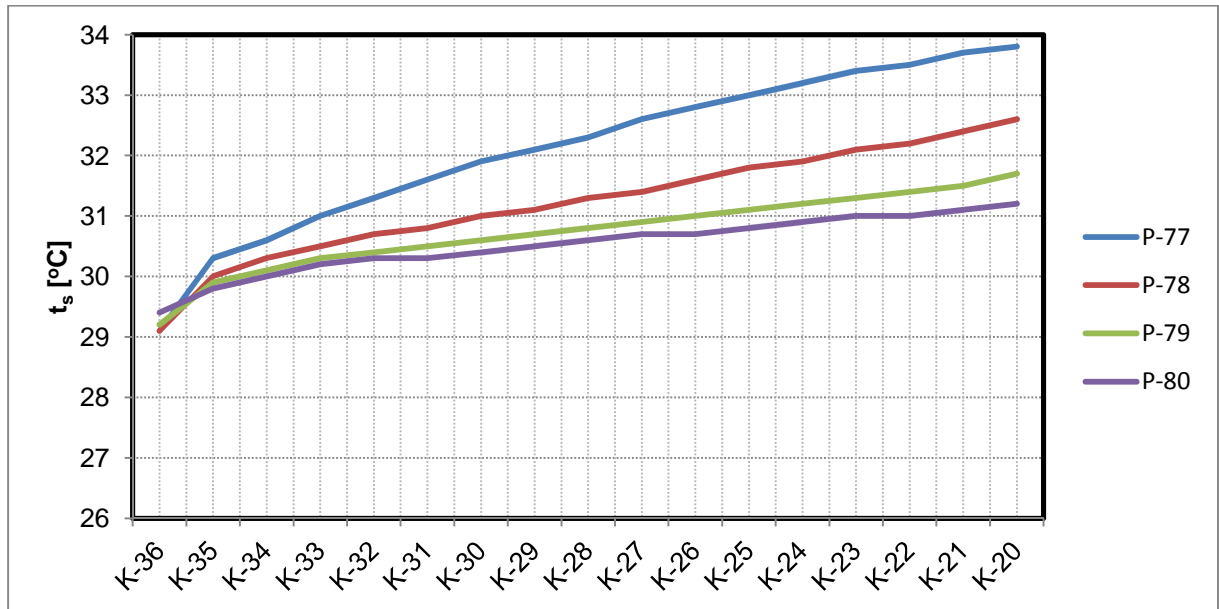
Wykres 5.6. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.01

Wykres 5.6 przedstawia wartości entalpii właściwej powietrza. Na poszczególnych stanowiskach pomiarowych entalpia właściwa powietrza jest zbliżona do wartości entalpii powietrza przy rozplywie rzeczywistym.



Wykres 5.7. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.01

Na drodze przepływu powietrza, na poszczególnych stanowiskach pomiarowych, następuje spadek wartości temperatury. Zmiany temperatury powietrza na poszczególnych stanowiskach pomiarowych przedstawia wykres 5.7. Różnica między temperaturą powietrza na wlocie i wylocie z oddziału wynosi 22,4 °C.

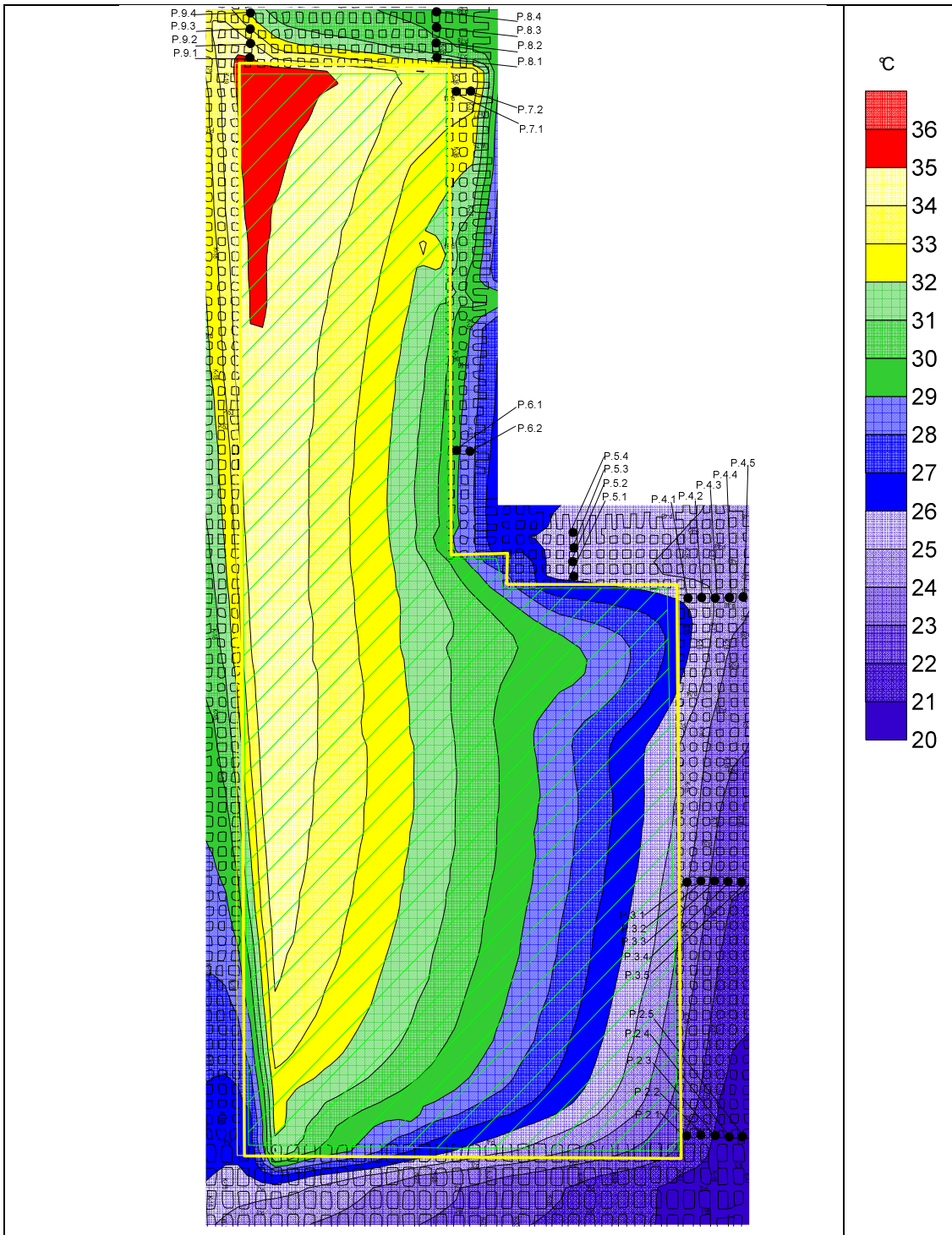


Wykres 5.8. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.01

Wykres 5.8 przedstawia rozkład temperatur na pasach eksploatacyjnych od komory K-36 do komory K-20 oddziału G-61 blok C-II. Pas P-77 to pas położony najbliżej zrobów, bezpośrednio graniczący z linią zrobów, pas P-78 jest pasem technicznym (zasilanie w wodę, energię), natomiast pas P-79 jest pasem transportowym, którym odbywa się odstawa wozami odstawczymi rudy miedzi. Z pasa P-80 rozcinane są komory. Pasem tym przepływa powietrze o najkorzystniejszych parametrach cieplnych, zapewniających bezpieczną pracę zatrudnionym tam górnikom. Na pasach P-78, P-79 i P-80 wartość temperatury suchej zawiera się w przedziale od 29 °C do 33 °C, natomiast na pasie P-77 temperatura podchodzi pod wartość 34 °C. Są to temperatury zbliżone do wartości temperatury maksymalnej określonej obowiązującymi przepisami górnictwa.

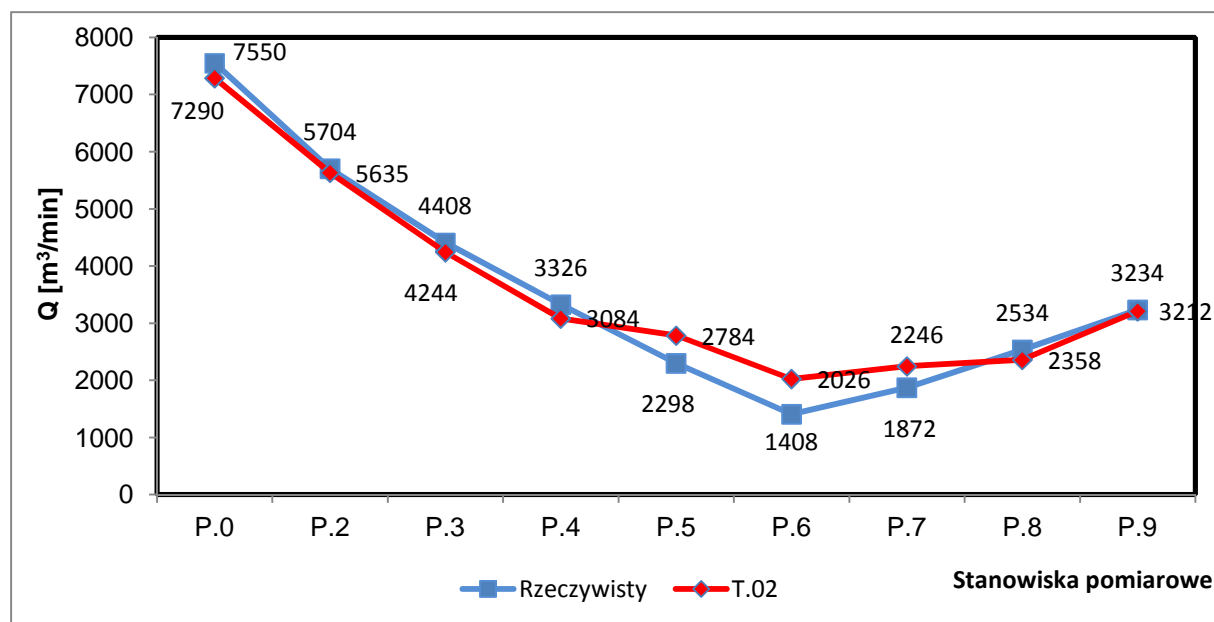
5.4.2. Wariant symulacyjny T.02

W wariantcie tamowania T.02 badania symulacyjne polegały na tym, że zrobry oddzielono od wyrobisk za pomocą tam murowych na urobku - typ tamy T.02 o oporze aerodynamicznym wynoszącym $2,774 \text{ N s}^2/\text{m}^8$.



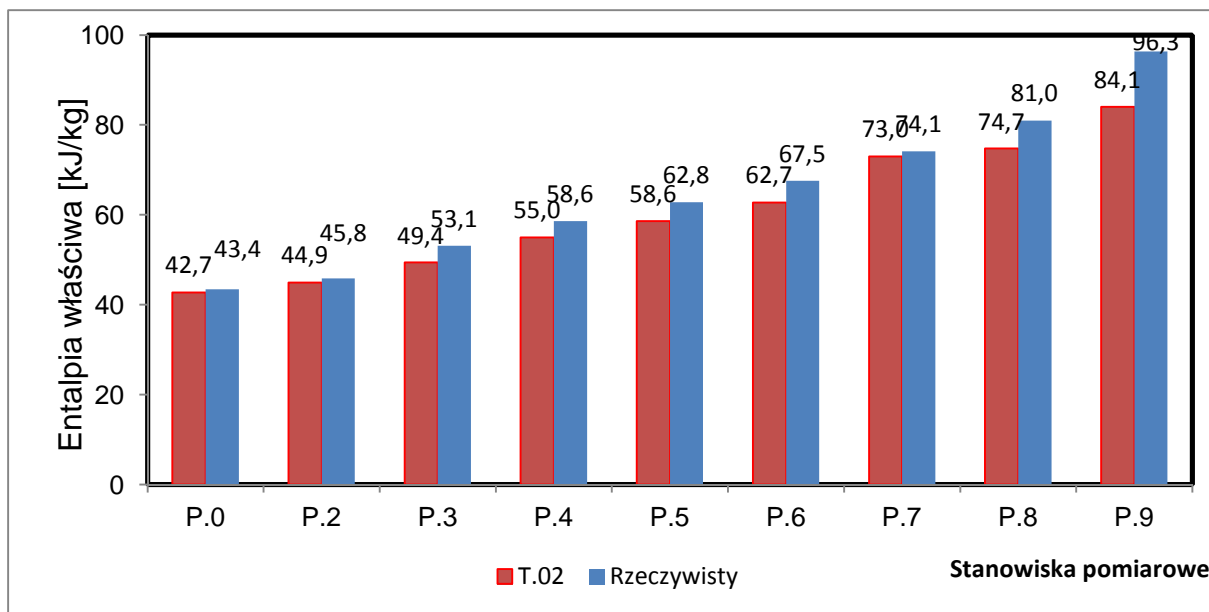
Rys. 5.20. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.02

Z rysunku 5.20 rozkładu temperatur można odczytać, że tak jak poprzednio, chłodne powietrze od strony wlotowej wpływa przez nieszczelne tamy do zrobów i wychładza je. Natomiast temperatura sucha szybko wzrasta, powietrze nagrzewa się od dużej powierzchni odsłoniętego górotworu i od ciepła wypływającego ze źle wyizolowanych zrobów. Temperatura na froncie eksploatacyjnym osiąga wartość poniżej 35 °C.



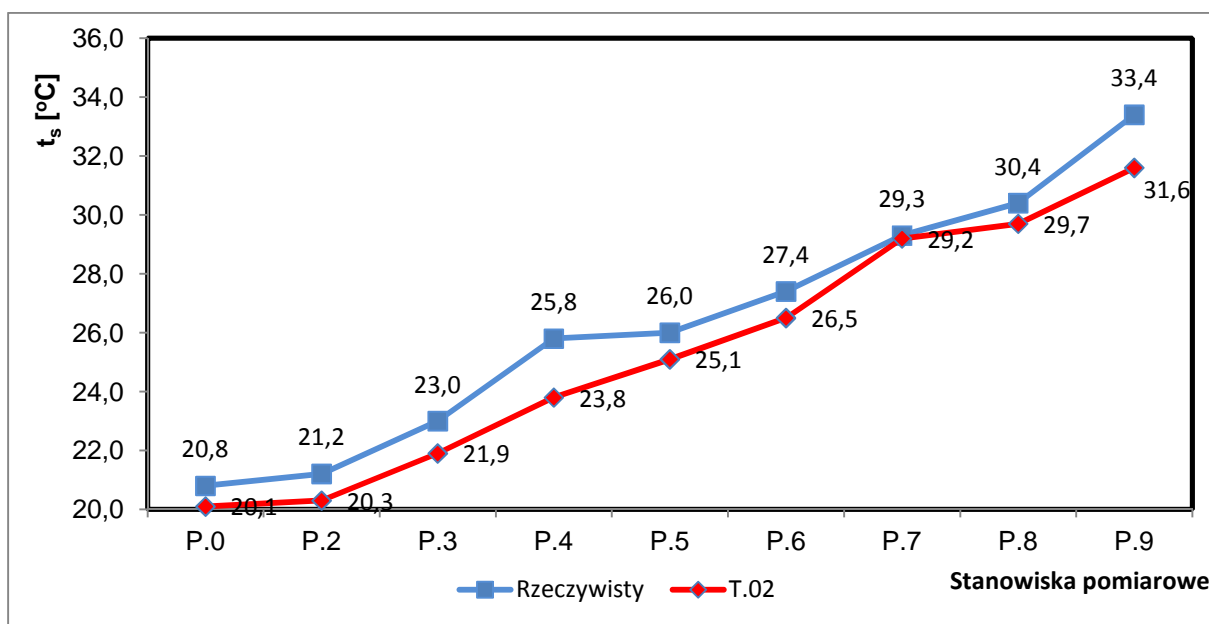
Wykres 5.9. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.02

Z wykresu 5.9 można odczytać, że wartość wydatku powietrza na poszczególnych stanowiskach pomiarowych jest zbliżona tamowania T.01 i wyników wydatków powietrza otrzymanych z pomiarów. W tym wariantcie tamowania na wlocie oddziału G-61 blok C-II wpływa powietrze o wydatku o 176 m³/min mniejszym niż przy rozplywie rzeczywistym.



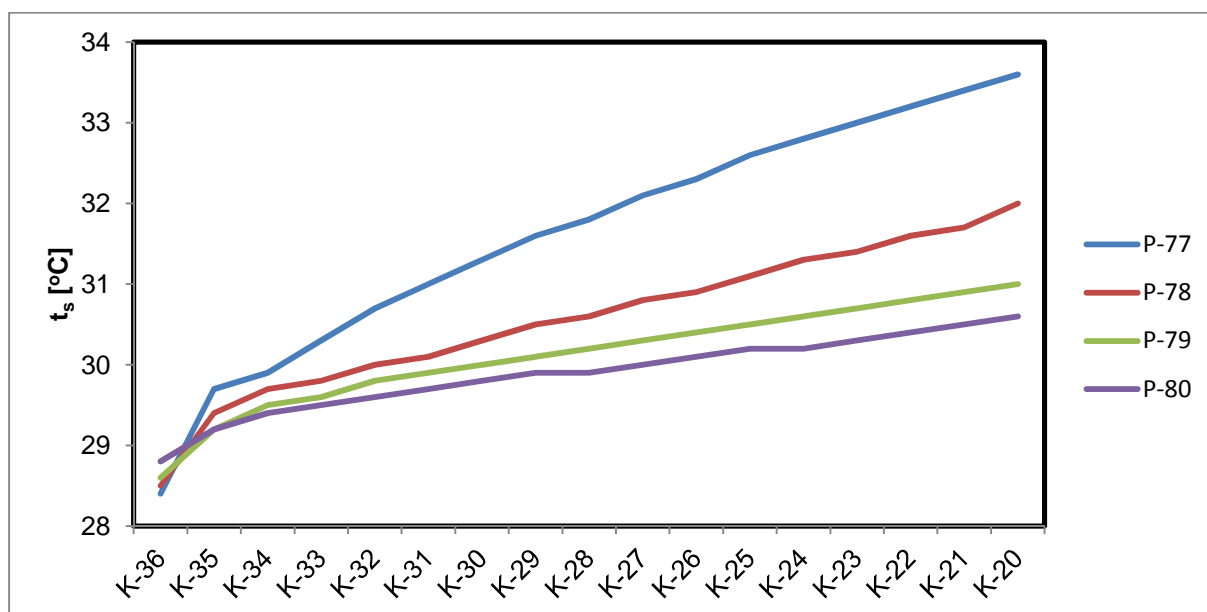
Wykres 5.10. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.02

Wykres 5.10 przedstawia zmiany wartości entalpii właściwej powietrza na stanowiskach pomiarowych. W porównaniu do tamowania zastosowanego w rozplywie rzeczywistym nastąpił spadek entalpii o 12,2 kJ/kg na wylocie z frontu eksploatacyjnego.



Wykres 5.11. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.02

Na wykresie 5.11 przedstawiono zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych. Następuje spadek temperatury w porównaniu do temperatur uzyskanych z pomiarów. Różnica między temperaturą na wlocie i wylocie powietrza wynosi 11,5 °C. Różnica na wlocie do frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II jest mniejsza, w porównaniu do tamowania rzeczywistego o 0,9 °C.

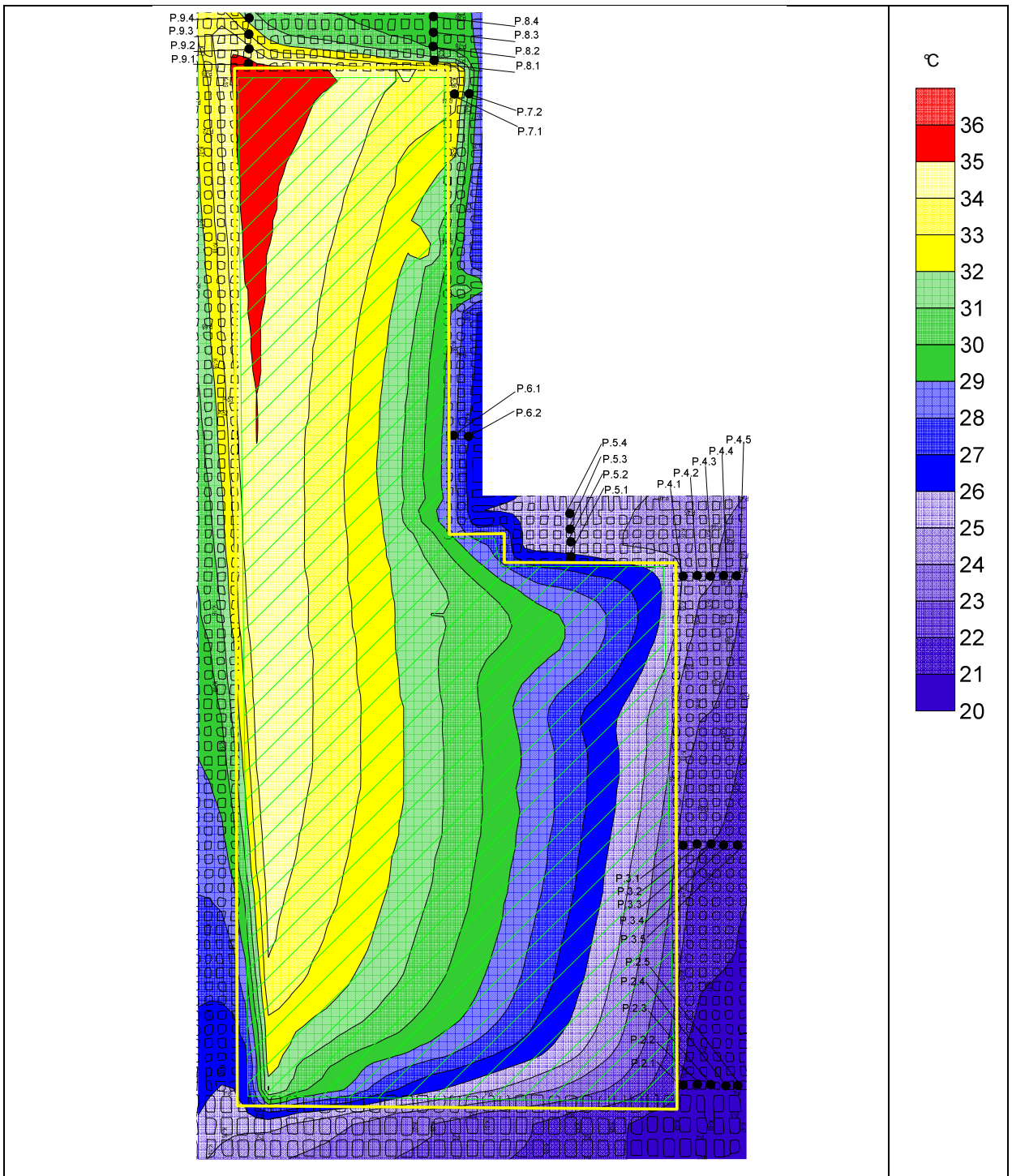


Wykres 5.12. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.02

Wykres 5.12 przedstawia rozkład temperatur na pasach eksploatacyjnych oddziału G-61 blok C-II. Na pasach P-78, P-79 i P-80 wartość temperatury suchej zawiera się w granicach od 28 °C do 32 °C. Natomiast na pasie P-77 temperatura sucha powietrza osiąga wartość do 34 °C. Są to temperatury zbliżające się do maksymalnej temperatury określonej obowiązującymi przepisami górnictwa. W porównaniu do tamowania T.01 nie ma wyraźnej poprawy rozkładu temperatury suchej powietrza kopalnianego na pasach eksploatacyjnych.

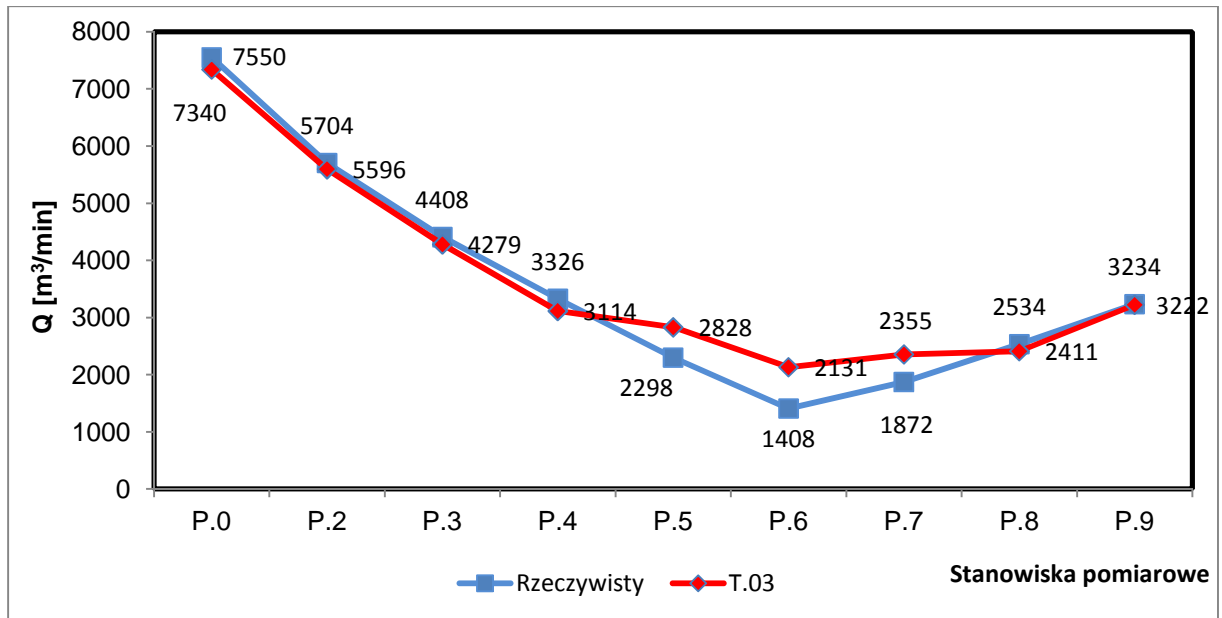
5.4.3. Wariant symulacyjny T.03

W wariantcie symulacyjnym T.03 badania polegały na tym, że zrobio oddzielono od wyrobisk doprowadzających powietrze za pomocą tam murowych na urobku doszczelnionych piachem - typ tamy T.03 - o oporze aerodynamicznym wynoszącym $3,431 \text{ N s}^2/\text{m}^8$.



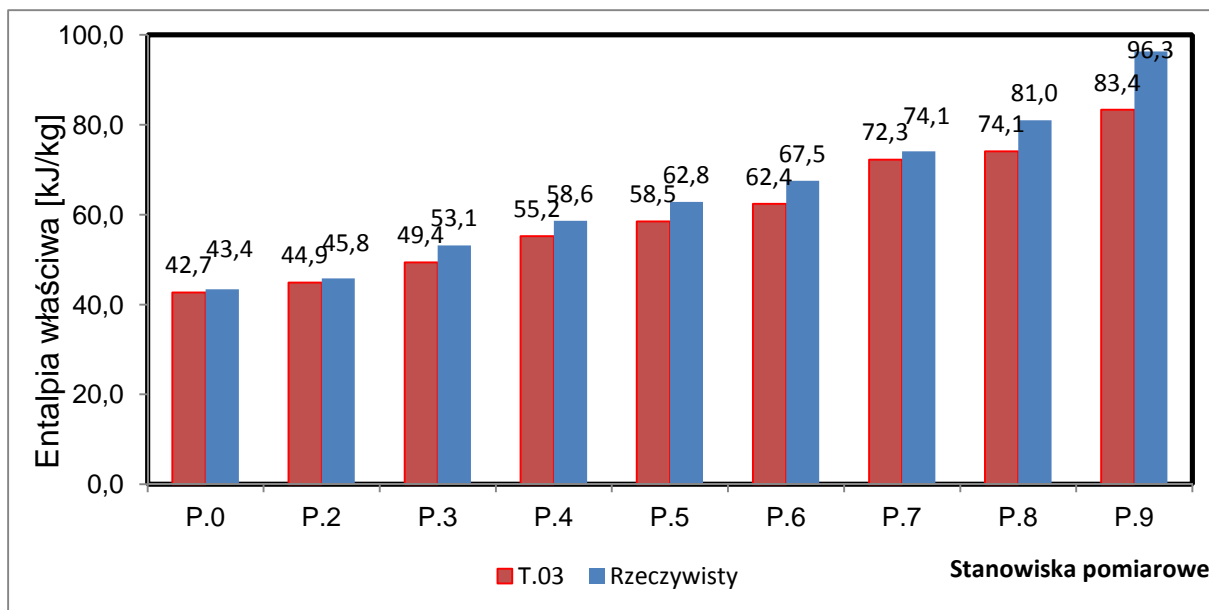
Rys. 5.21. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.03

Rysunek 5.21 przedstawiający rozkład temperatur pokazuje, że tak jak w poprzednich wariantach symulacyjnych T.01 i T.02, chłodne powietrze od strony wlotowej przedostaje się do zrobów i wychładza je. Natomiast temperatura powietrza na drodze jego przepływu osiąga na froncie eksploatacyjnym do 34 °C.



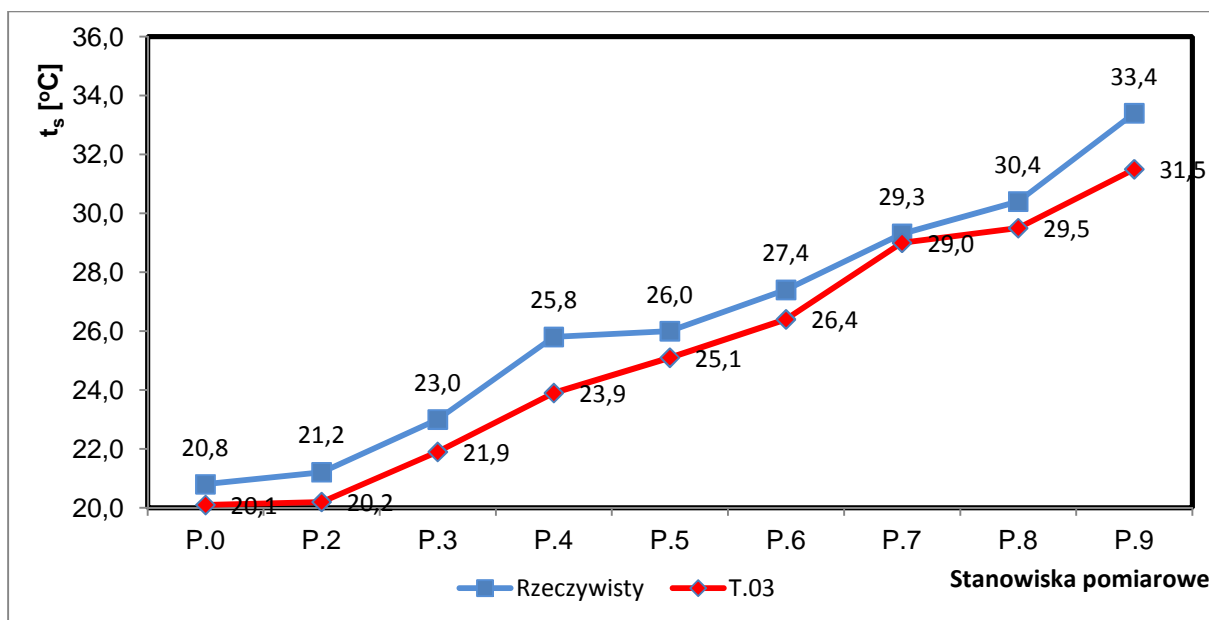
Wykres 5.13. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.03

Na wykresie 5.13 przedstawiającym zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych. Wynika, że na poszczególnych stanowiskach pomiarowych wydatek powietrza jest zbliżony do rozplywu rzeczywistego.



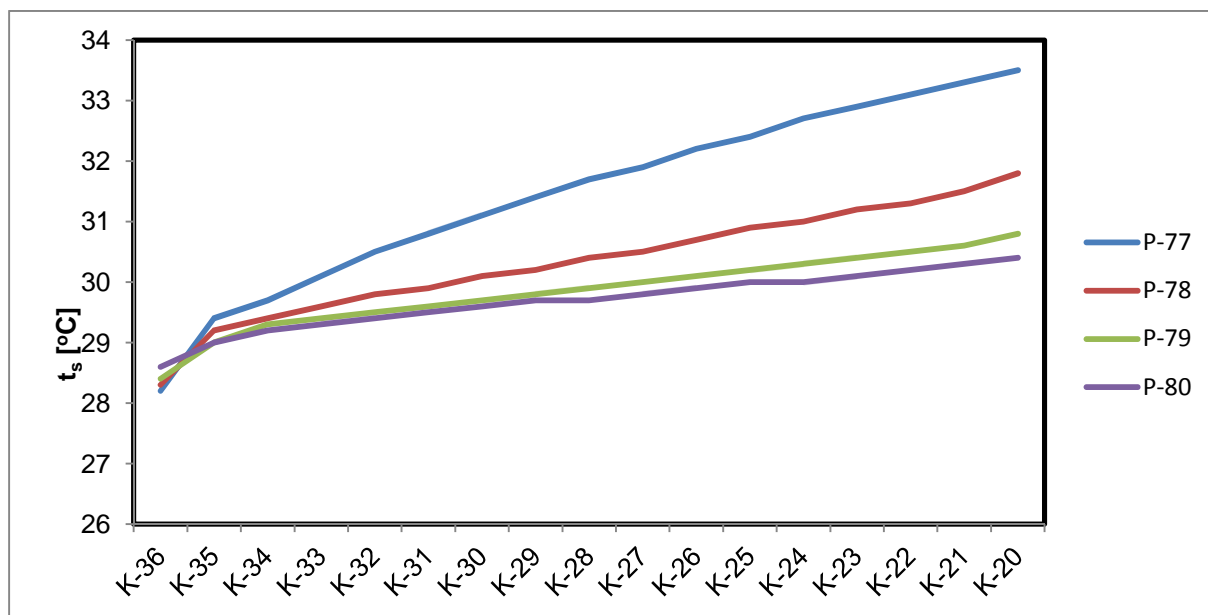
Wykres 5.14. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.03

Wykres 5.14 przedstawia zmiany wartości entalpii właściwej powietrza na stanowiskach pomiarowych. W porównaniu do tamowania zastosowanego w rozplynie rzeczywistym nastąpił spadek entalpii o 12,9 kJ/kg na wylocie z frontu eksploatacyjnego.



Wykres 5.15. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.03

Z wykresu 5.15 wynika, że na stanowiskach pomiarowych temperatura sucha jest mniejsza niż temperatura powietrza przy rozplywie rzeczywistym. Różnica między temperaturą na początku drogi i na końcu wynosi 11,4 °C. W porównaniu do rozplywu rzeczywistego na wlocie do frontu eksploatacyjnego temperatura sucha jest niższa o 0,9 °C.

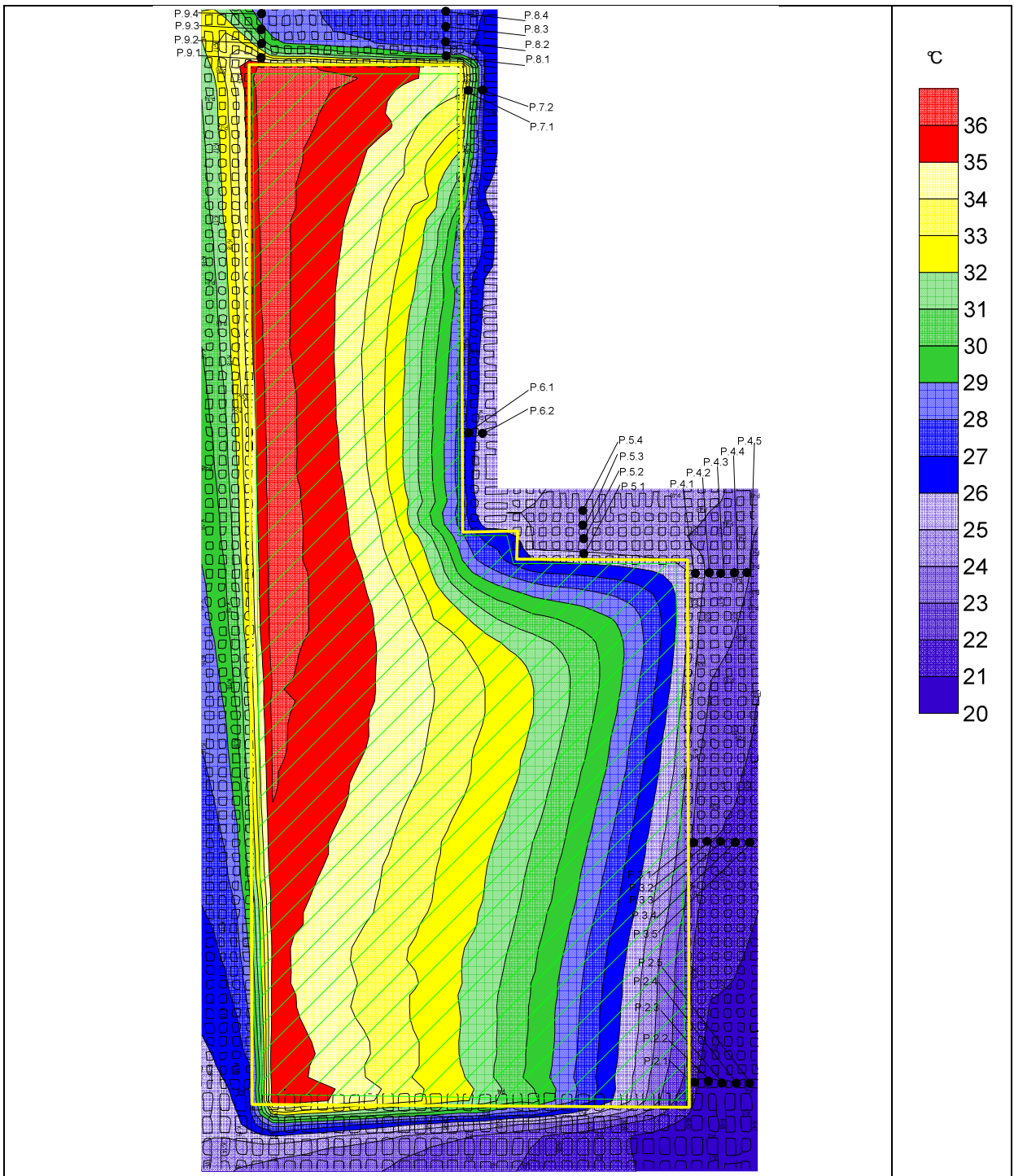


Wykres 5.16. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.03

Wykres 5.16 przedstawia rozkład temperatur na pasach eksploatacyjnych oddziału G-61 blok C-II. Na pasach P-78, P-79 i P-80 wartość temperatury suchej zawiera się w granicach od 28 °C do 32 °C. Natomiast na pasie P -77 temperatura zbliżona jest do wartości 34 °C. W porównaniu do systemu tamowania T.01 i T.02 nie ma wyraźnej poprawy rozkładu temperatury suchej powietrza kopalnianego na pasach eksploatacyjnych.

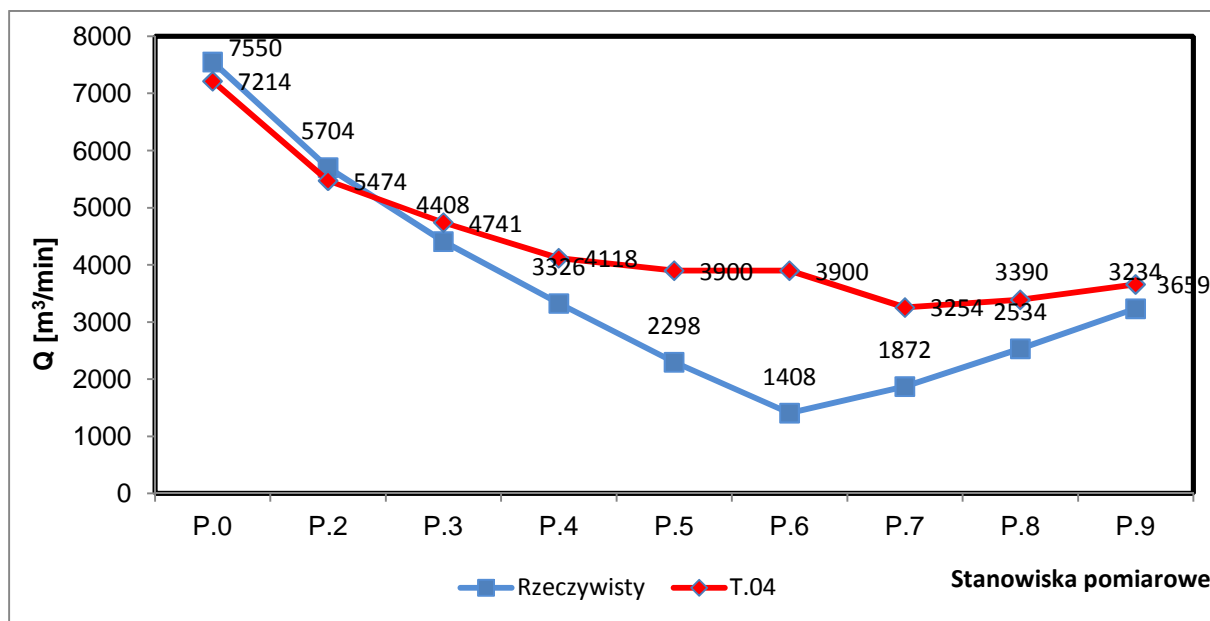
5.4.4. Wariant symulacyjny T.04

W wariantcie symulacyjnym T.04 badania polegały na tym, że zrobio oddzielono od wyrobisk doprowadzających powietrze w rejon robót eksploatacyjnych bloku C-II za pomocą tam murowych o szerokości 24 cm - typ tany T.04 - o oporze aerodynamicznym wynoszącym $34,790 \text{ N s}^2/\text{m}^8$.



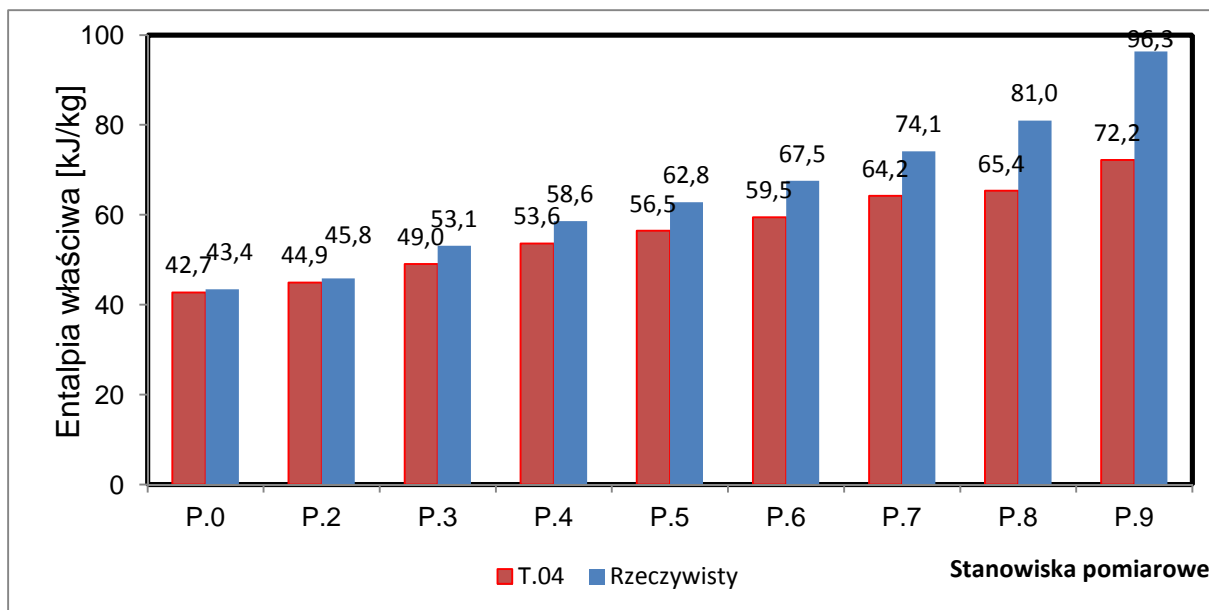
Rys. 5.22. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.04

Z rysunku 5.22 przedstawiającego przebieg izolinii temperatur wynika, że w porównaniu do poprzednich wariantów tamowania, chłodne powietrze od strony wlotowej w mniejszym stopniu przedostaje się przez nieszczelne tamy do zrobów. Do połowy drogi powietrza dolotowego następuję mniejszy przyrost temperatury suchej powietrza niż w poprzednich wariantach.



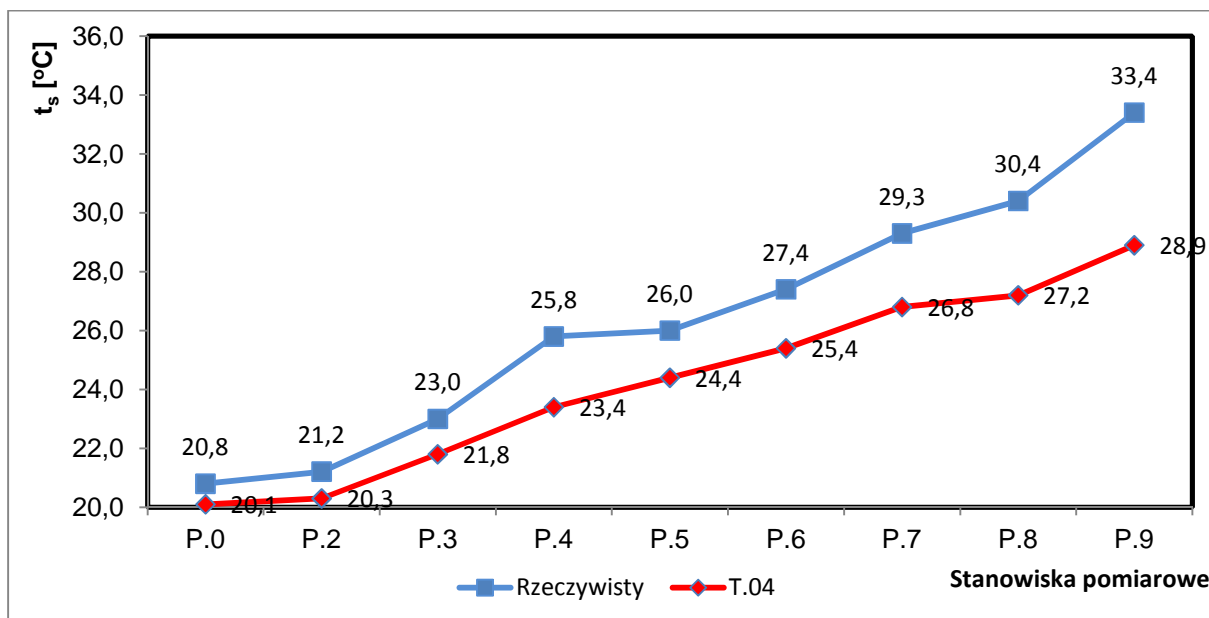
Wykres 5.17. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.04

Z wykresu 5.17 można odczytać, że wartość wydatku powietrza na poszczególnych stanowiskach pomiarowych ulega zwiększeniu w porównaniu do wydatków powietrza przy tamowaniu rzeczywistym. W porównaniu do tamowania rzeczywistego na wlocie do oddziału G-61 blok C-II wydatek powietrza jest większy o 856 m³/min.



Wykres 5.18. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.04

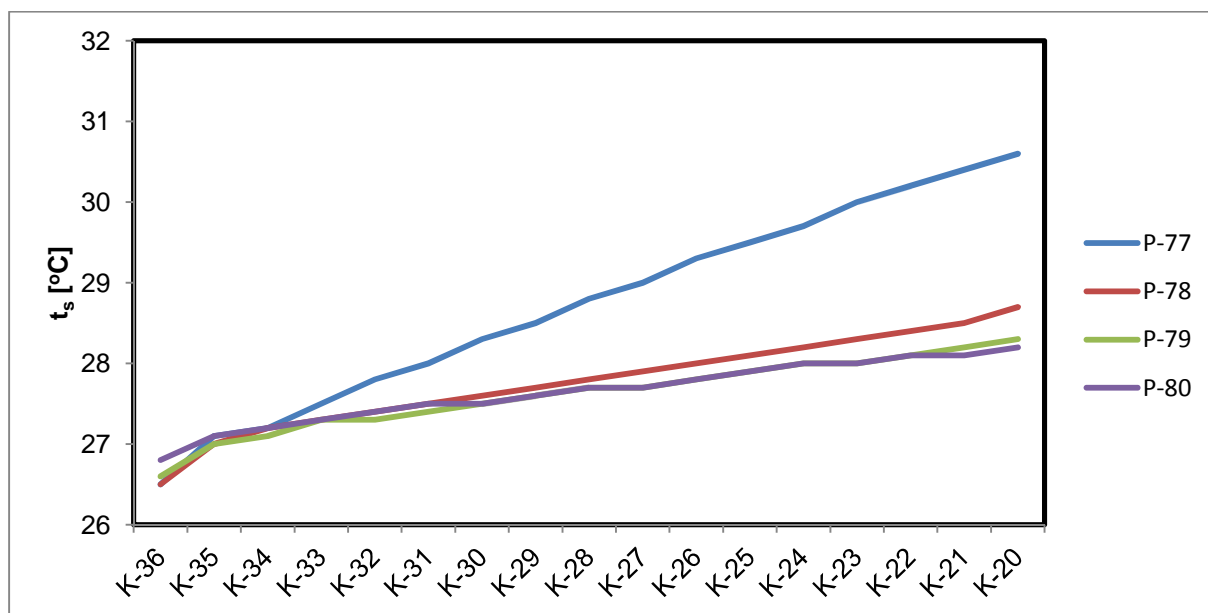
Wykres 5.18 przedstawia zmiany wartości entalpii właściwej powietrza na stanowiskach pomiarowych. W porównaniu do tamowania zastosowanego w rozplynie rzeczywistym nastąpił spadek entalpii o 24,1 kJ/kg na wylocie z frontu eksploatacyjnego.



Wykres 5.19. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.04

Z wykresu 5.19 wynika, że na stanowiskach pomiarowych wartość temperatury suchej ulega zmniejszeniu w porównaniu do temperatur występujących przy

tamowaniu rzeczywistym. Różnica między temperaturą na początku drogi i na końcu wynosi 7,8 °C. W porównaniu do tamowania rzeczywistego temperatura sucha powietrza na wlocie do frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II jest niższa o 4,5 °C.

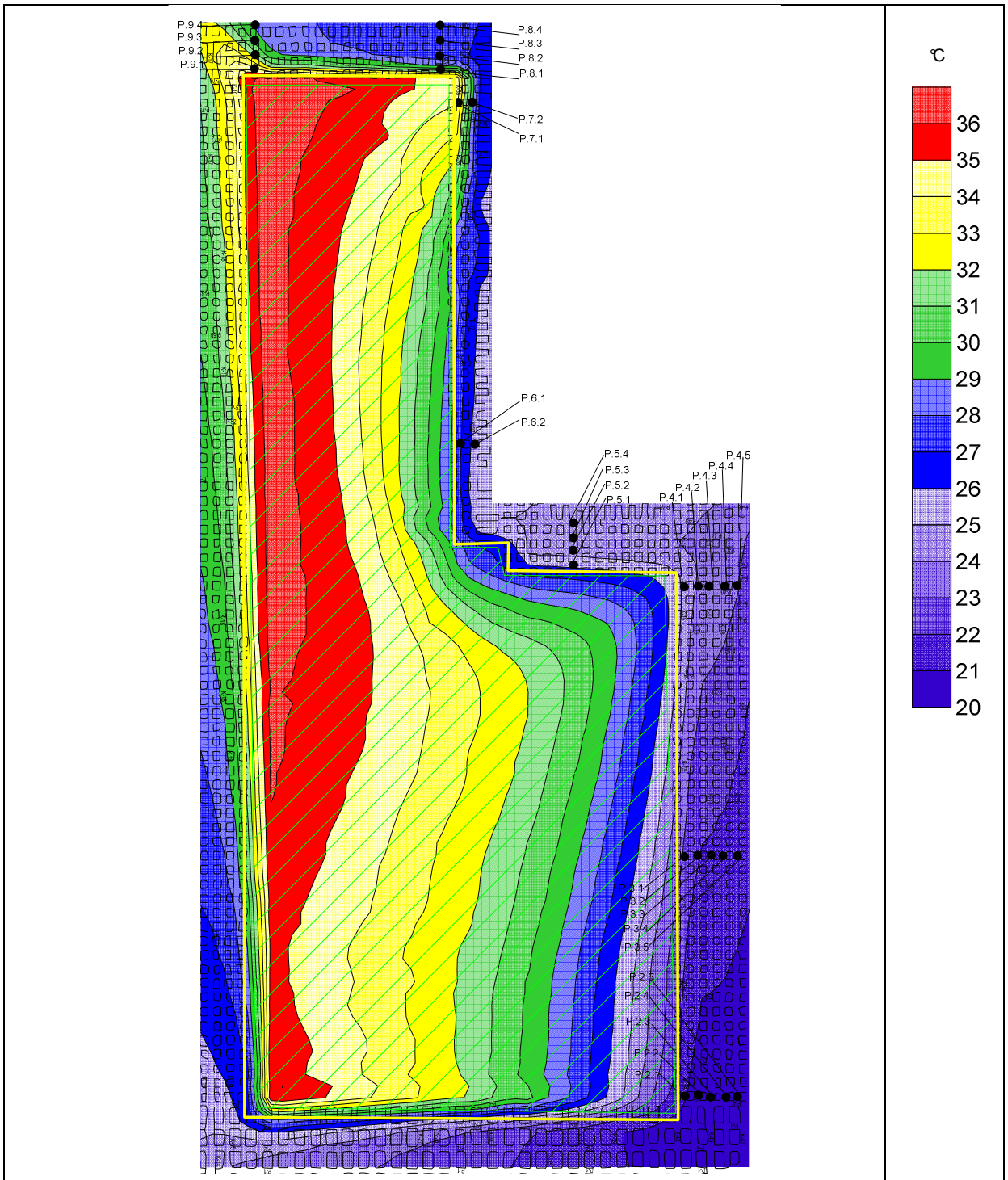


Wykres 5.20. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.04

Wykres 5.20 przedstawia rozkład temperatur na pasach eksploatacyjnych oddziału G-61 blok C-II. Na pasach P-78, P-79 i P-80 wartość temperatury suchej zawiera się w granicach od 26 °C do 29 °C. Natomiast na pasie P -77 temperatura osiąga wartość zbliżoną do 31 °C. W porównaniu do poprzednich systemów tamowań nastąpiła poprawa rozkładu temperatury suchej powietrza kopalnianego na pasach eksploatacyjnych.

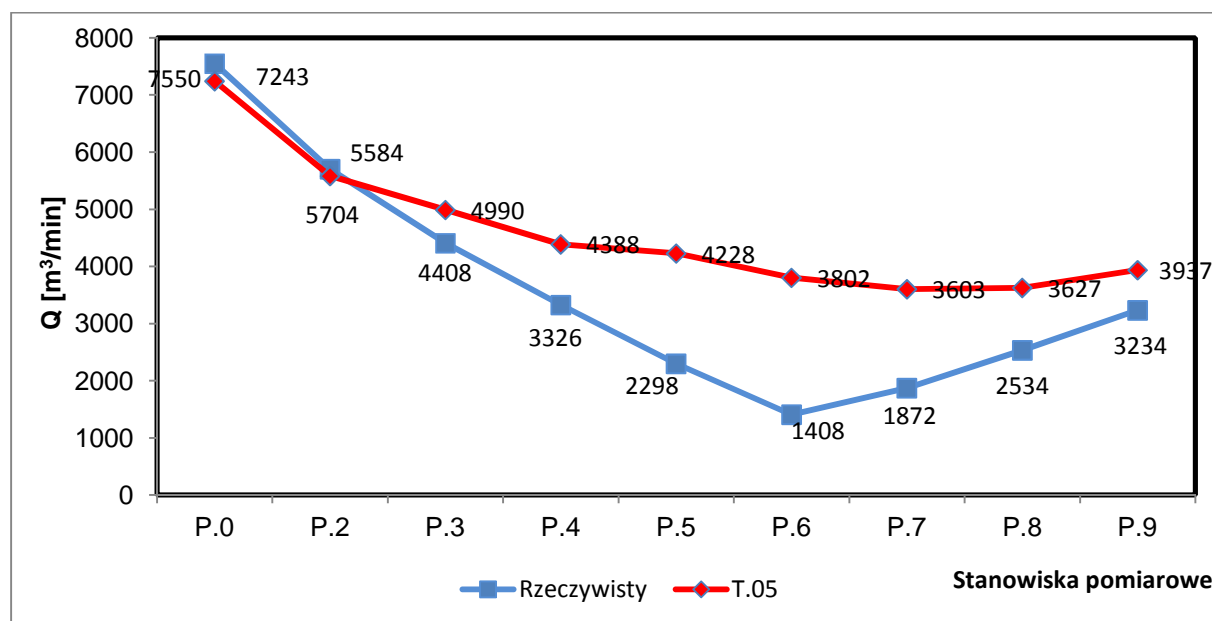
5.4.5. Wariant symulacyjny T.05

W wariantcie symulacyjnym T.05 badania polegały na tym, że zrobio oddzielono od wyrobisk z dolotowym prądem powietrza tamami murowymi o szerokości 24 cm jednostronnie rapowanymi o oporze aerodynamicznym wynoszącym $60,196 \text{ N s}^2/\text{m}^8$.



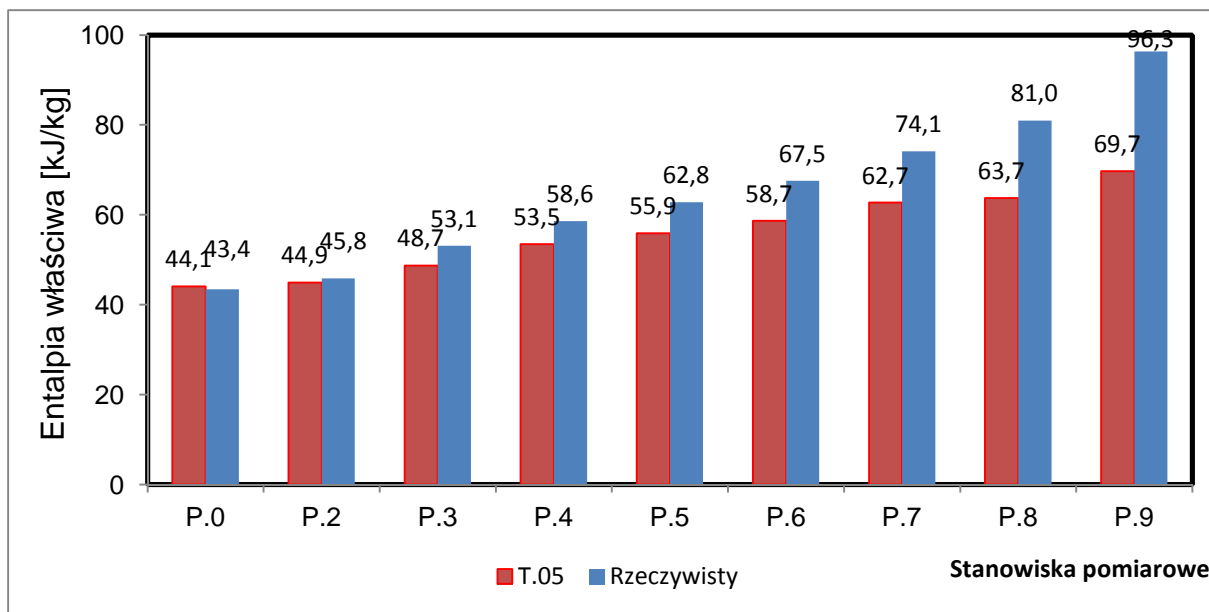
Rys. 5.23. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.05

Wykres 5.25 izolinii temperatur wskazuje, że w porównaniu do poprzednich wariantów tamowania, chłodne powietrze od strony wlotowej w mniejszym stopniu przepływa przez zroby. Do około $\frac{3}{4}$ długości frontu następuje mniejszy przyrost temperatury suchej powietrza kopalnianego niż w poprzednich wariantach symulacyjnych.



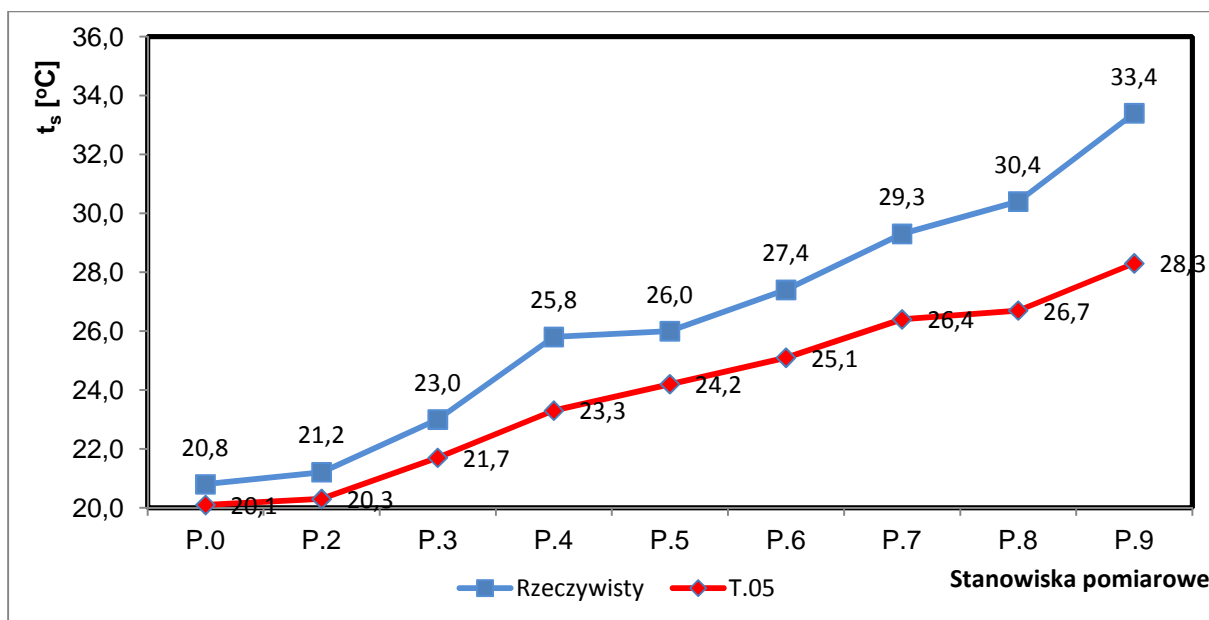
Wykres 5.21. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.05

Z wykresu 5.21 można odczytać, że wydatek powietrza na poszczególnych stanowiskach pomiarowych ulega zwiększeniu w porównaniu do wydatków powietrza występujących przy rozplywie rzeczywistym. W porównaniu do tamowania rzeczywistego na wlocie do bloku C-II wydatek powietrza jest większy o $1073 \text{ m}^3/\text{min}$.



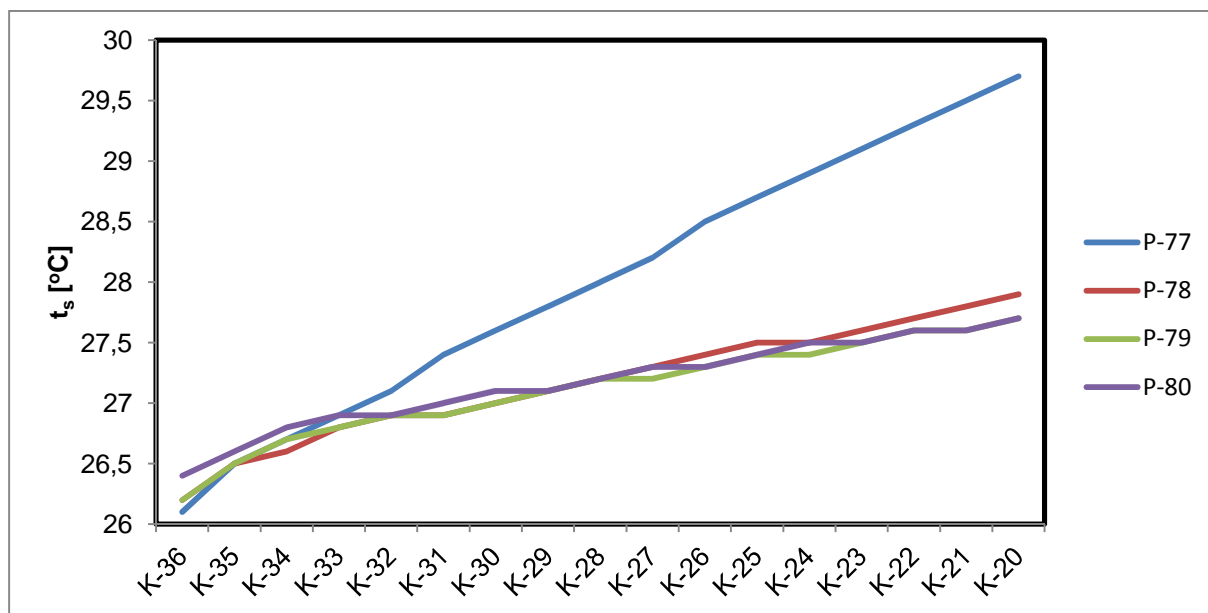
Wykres 5.22. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.05

Wykres 5.22 przedstawia zmiany wartości entalpii właściwej powietrza na stanowiskach pomiarowych. W porównaniu do tamowania zastosowanego w rozplywie rzeczywistym nastąpił spadek entalpii o 26,6 kJ/kg na wylocie z frontu eksploatacyjnego.



Wykres 5.23. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.05

Z wykresu 5.23 wynika, że na stanowiskach pomiarowych następuje spadek temperatury suchej w porównaniu do temperatur występujących przy rozplywie rzeczywistym. Różnica między temperaturą na początku drogi i na końcu wynosi 8,2 °C. W porównaniu do tamowania rzeczywistego temperatura sucha na wlocie do oddziału G-61 blok C-II jest mniejsza o 3,7 °C.

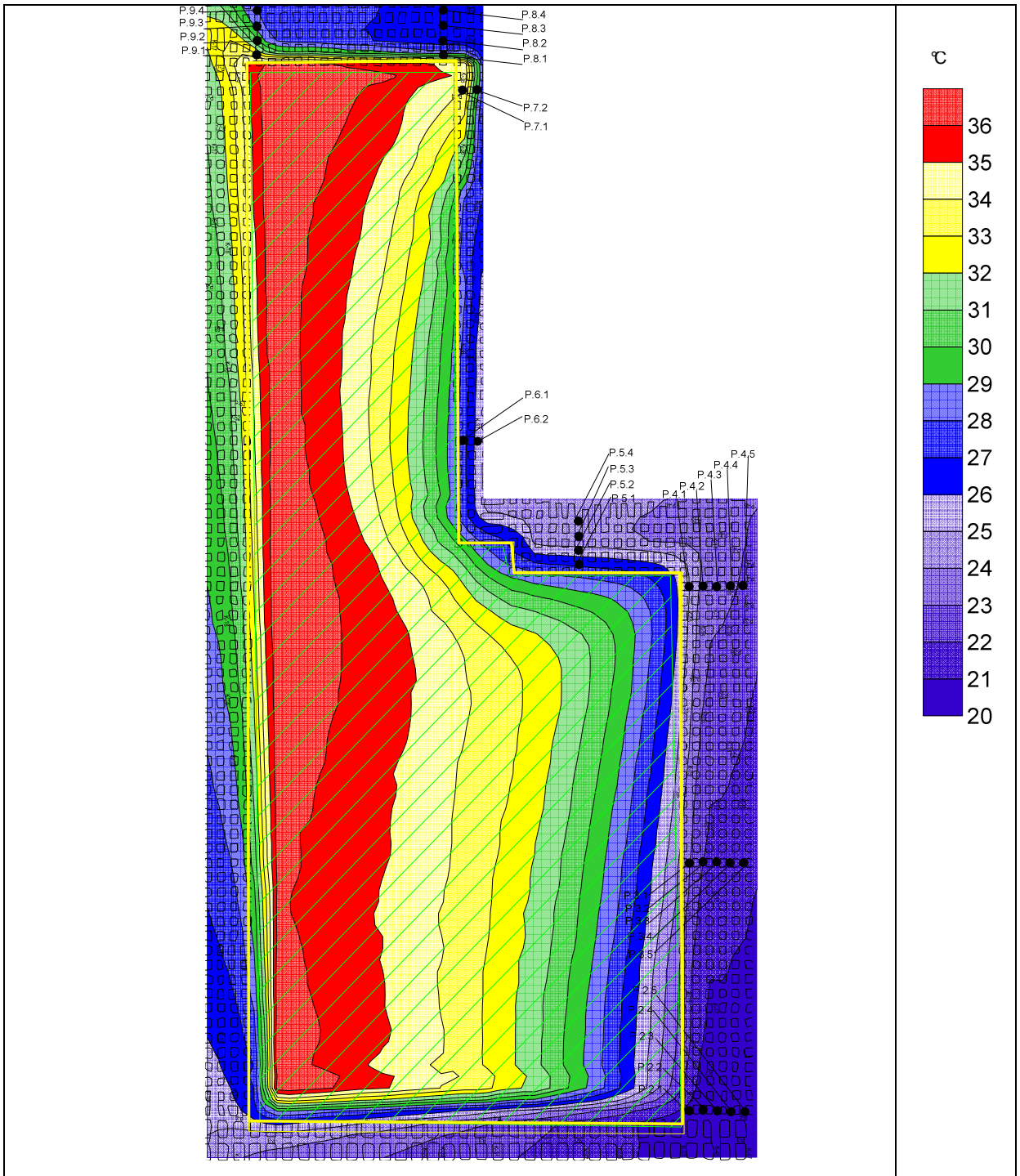


Wykres 5.24. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.05

Wykres 5.24 przedstawia rozkład temperatur na pasach eksploatacyjnych oddziału G-61 blok C-II. Na pasach P-78, P-79 i P-80 wartość temperatury suchej zawiera się w granicach od 26 °C do 28 °C i na tych pasach temperatura powietrza kopalnianego pozwala na zatrudnianie pracowników w systemie 8-godzinnym. Natomiast na pasie P-77 temperatura podchodzi pod wartość 30 °C. W porównaniu do poprzednich wariantów symulacyjnych nastąpiła poprawa rozkładu temperatury suchej powietrza na pasach eksploatacyjnych.

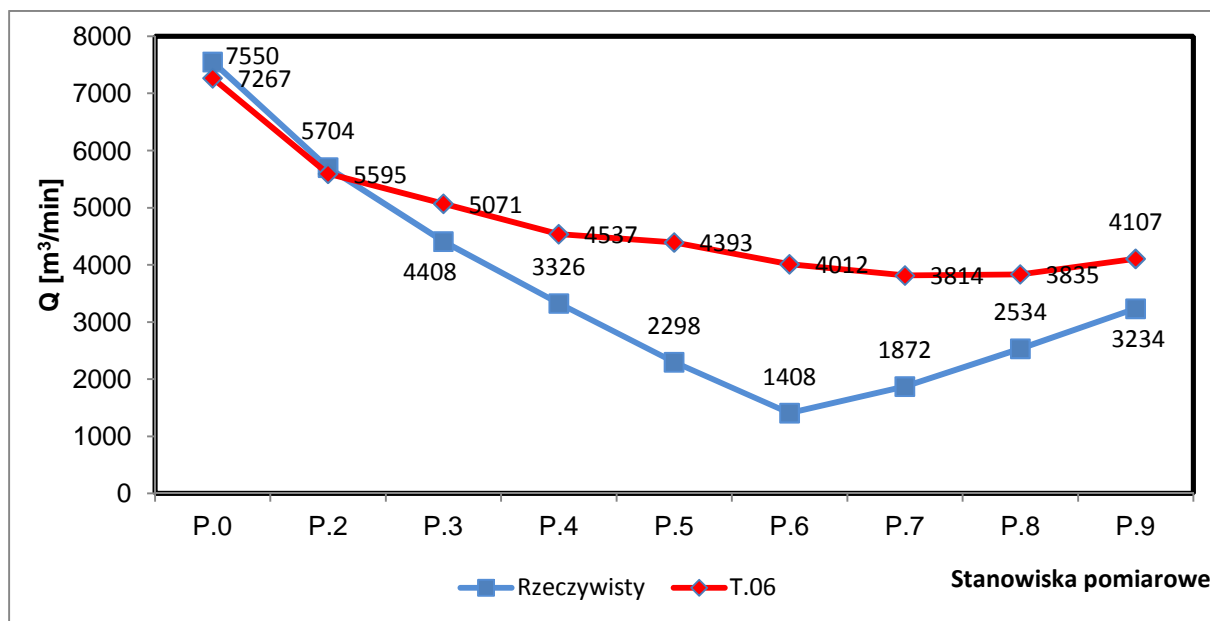
5.4.6. Wariant symulacyjny T.06

W wariacie symulacyjnym T.06 badania polegały na tym, że zrobio oddzielono od wyrobisk transportujących powietrze za pomocą tam murowych o szerokości 24 cm dwustronnie rapowanych – typ tamy T.06 – o oporze aerodynamicznym $86,505 \text{ N s}^2/\text{m}^8$.



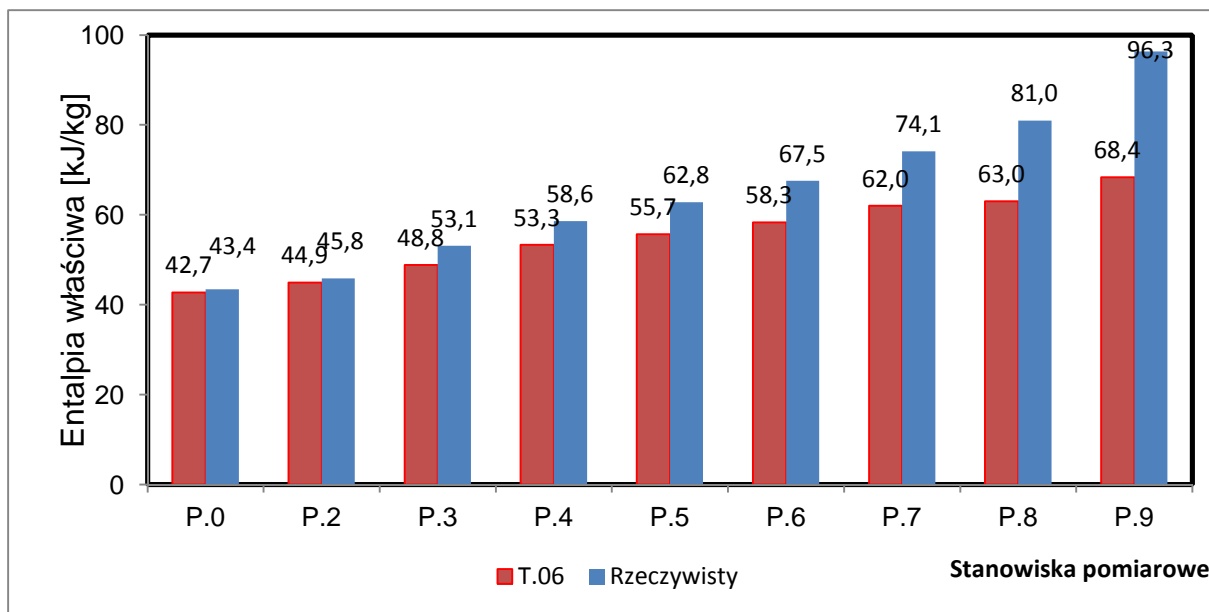
Rys. 5.24. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.06

Rys. 5.24 przedstawiający izolinie temperatur pokazuje, że w porównaniu do poprzednich wariantów tamowania, chłodne powietrze dolotowe w coraz mniejszym stopniu przepływa w stronę zrobów. Temperatur powietrza suchego o wartości 25 °C utrzymuje się do wlotu na blok C-II.



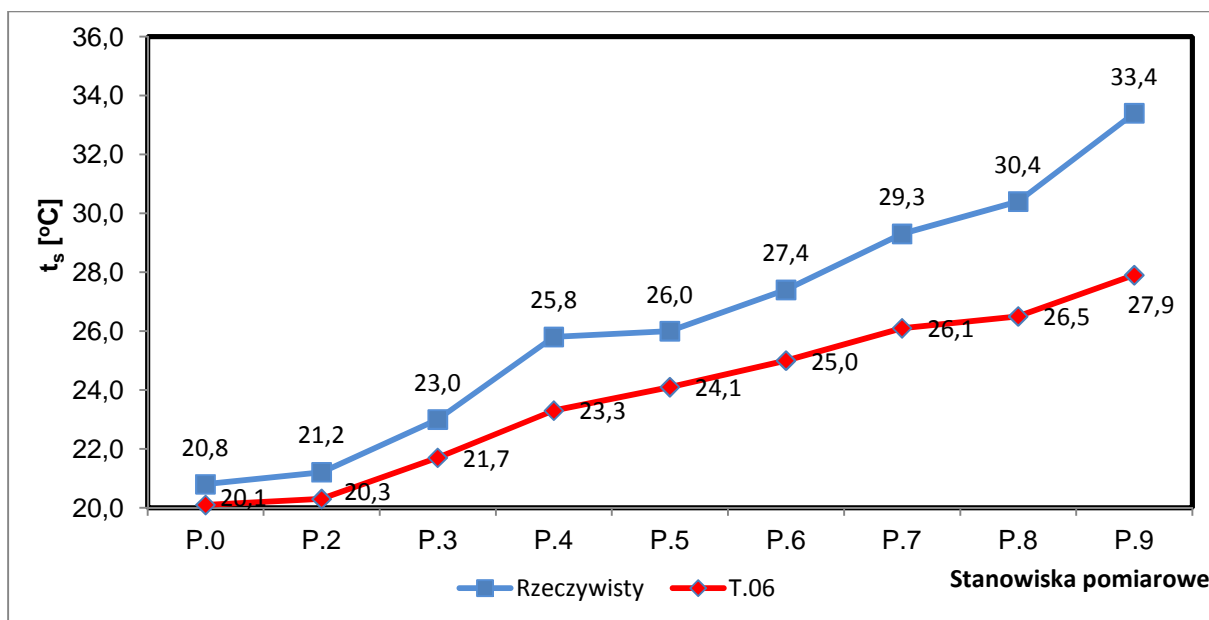
Wykres 5.25. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.06

Z wykresu 5.25 wynika, że wydatek powietrza na poszczególnych stanowiskach pomiarowych, tak jak poprzednio, ulega zwiększeniu. W porównaniu do tamowania rzeczywistego na wlocie do oddziału G-61 blok C-II wydatek powietrza jest większy o 1600 m³/min.



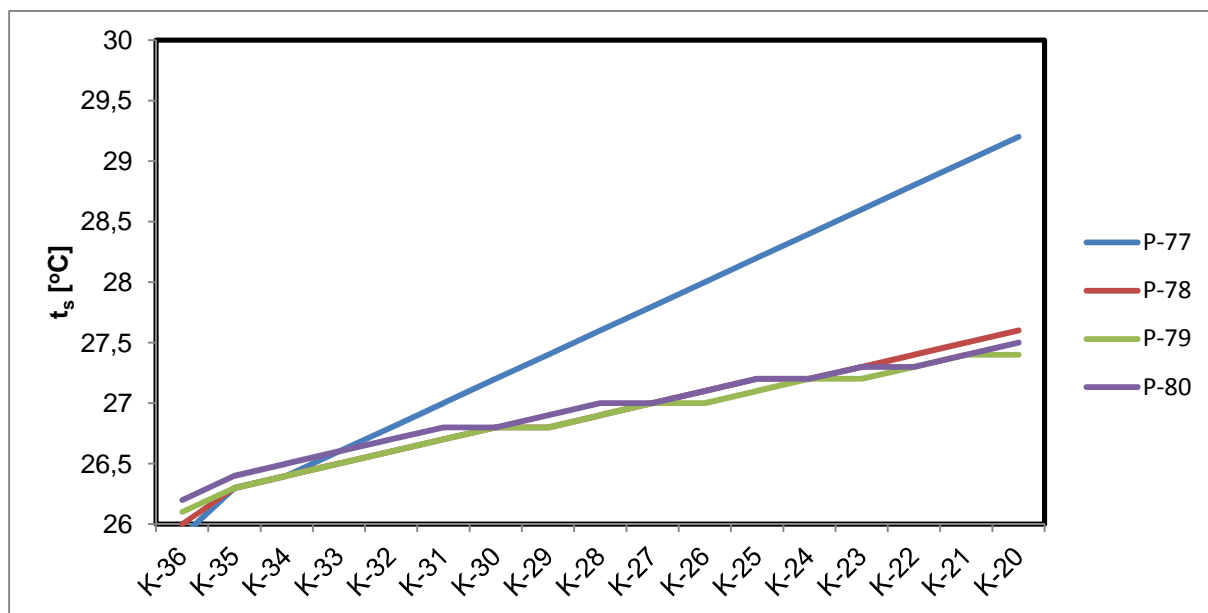
Wykres 5.26. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.06

Wykres 5.26 przedstawia zmiany wartości entalpii właściwej powietrza na stanowiskach pomiarowych. W porównaniu do tamowania zastosowanego w rozplynie rzeczywistym nastąpił spadek entalpii o 29,9 kJ/kg na wylocie z frontu eksploatacyjnego.



Wykres 5.27. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.06

Z wykresu 5.27 wynika, że na stanowiskach pomiarowych temperatura w porównaniu do rozplýwu rzeczywistego zmniejsza się. Różnica między temperaturą na początku drogi i na końcu wynosi 7,8 °C. W porównaniu do tamowania rzeczywistego na wlocie do bloku C-II temperatura sucha powietrza jest niższa o 3,9 °C. Takie różnice temperatur świadczą o tym, że szczelność tam izolujących zrobiła się lepsza.

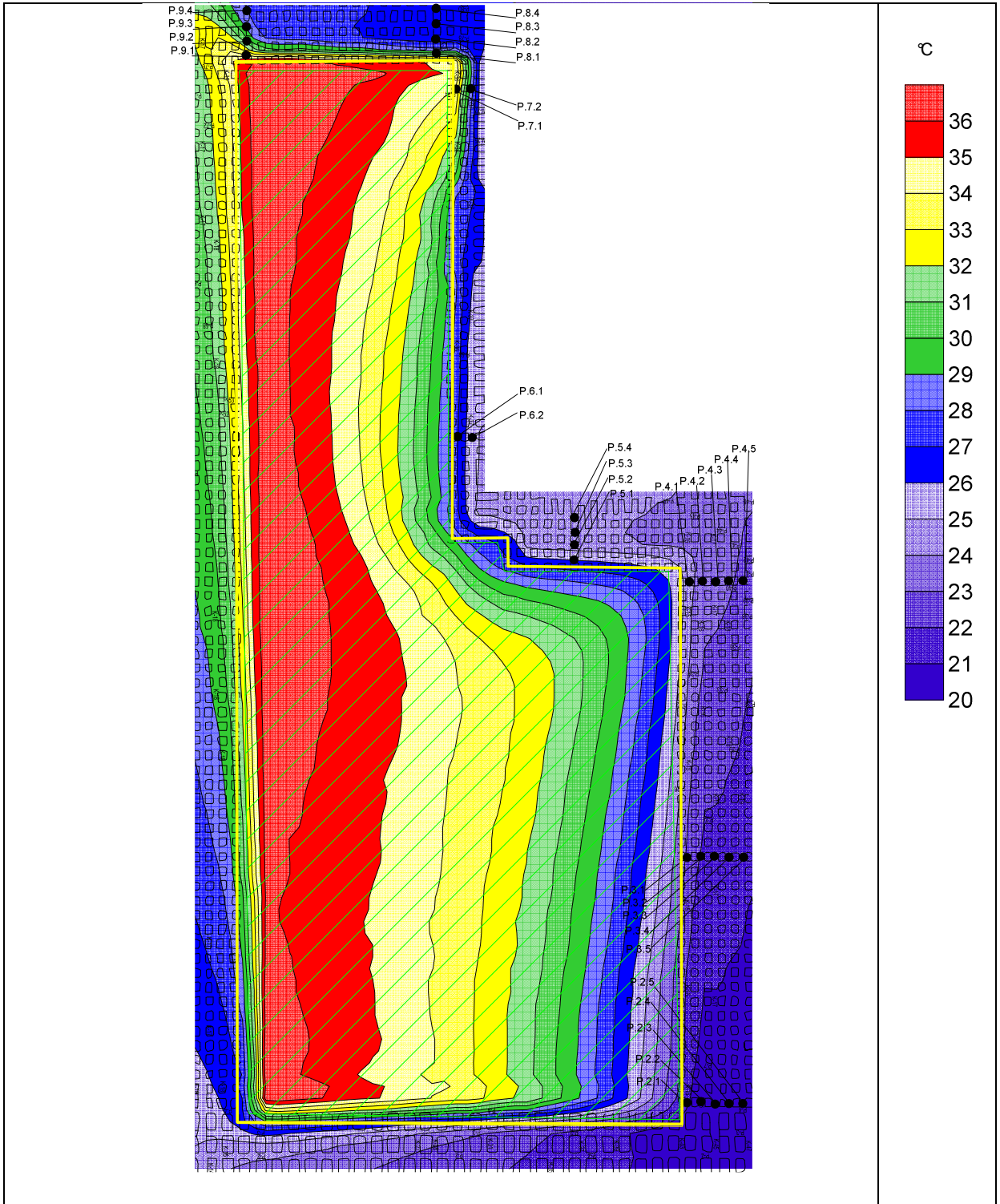


Wykres 5.28. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.06

Na wykresie 5.28 przedstawiającym rozkład temperatur na pasach eksploatacyjnych oddziału G-61 bloku C-II. Na pasach P-78, P-79 i P-80 wartość temperatury suchej zawiera się w granicach od 26 °C do 28 °C, co pozwala na zatrudnianie pracowników w systemie 8 godzinnym. W porównaniu do poprzednich wariantów tamowań zrobów nastąpiła poprawa rozkładu temperatury suchej powietrza kopalnianego na wszystkich pasach.

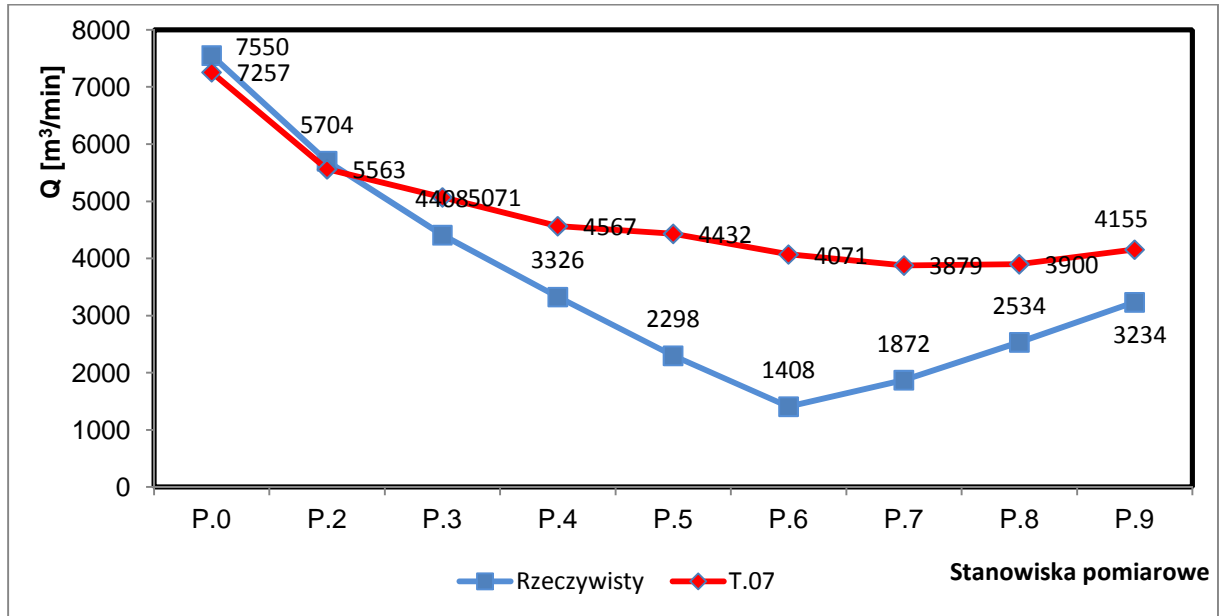
5.4.7. Wariant symulacyjny T.07

W wariantcie T.07 badania symulacyjne polegały na tym, że zrobio oddzielono od wyrobisk za pomocą tam murowych o szerokości 60 cm tamą T.07 o oporze aerodynamicznym wynoszącym $100,624 \text{ N s}^2/\text{m}^8$.



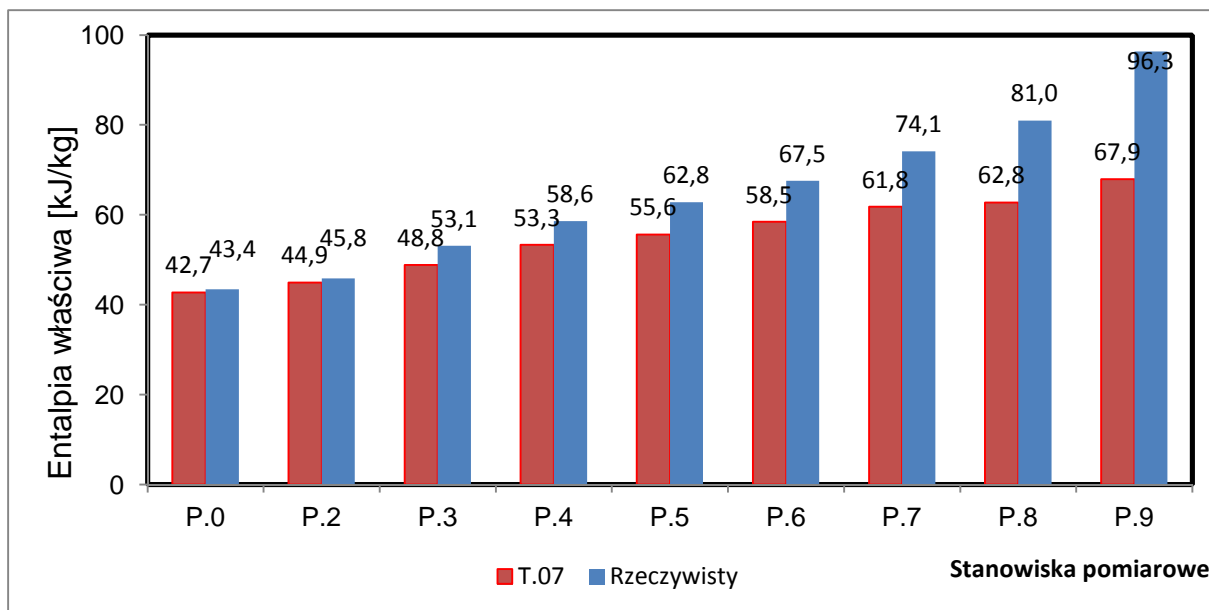
Rys. 5.25. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.07

Rysunek 5.25 przedstawiający rozkład izolinii temperatur pokazuje, że w porównaniu do poprzednich wariantów tamowania, następuje poprawa warunków cieplnych na froncie oddziału G-61 bloku C-II.



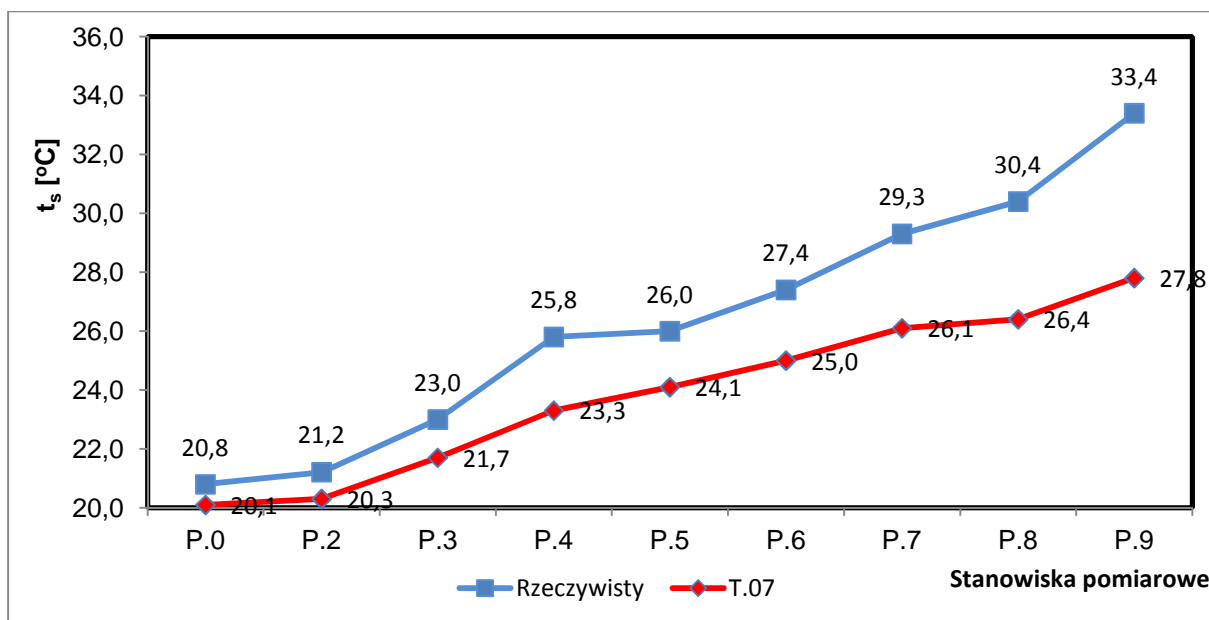
Wykres 5.29. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.07

Z wykresu 5.29 można odczytać, że wydatek powietrza na poszczególnych stanowiskach pomiarowych ulega tak jak poprzednio zwiększeniu. W porównaniu do tamowania rzeczywistego na wlocie do bloku C-II wydatek powietrza jest większy o 1366 m³/min.



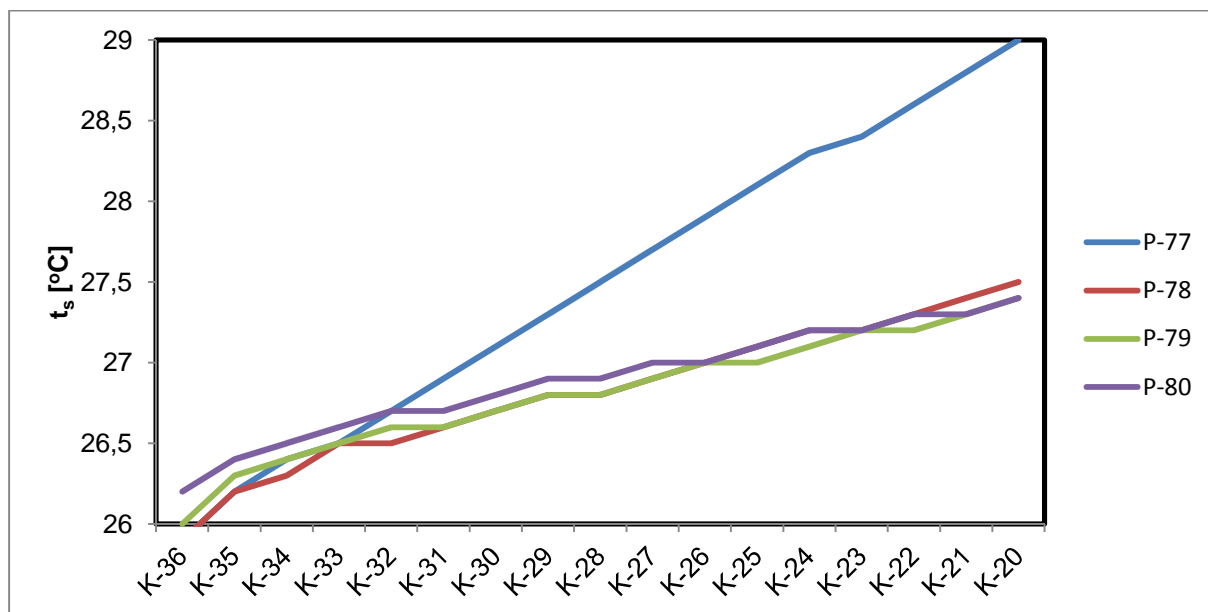
Wykres 5.30. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.07

Wykres 5.30 przedstawia zmiany wartości entalpii właściwej powietrza na stanowiskach pomiarowych. W porównaniu do tamowania zastosowanego w rozplywie rzeczywistym nastąpił spadek entalpii o 28,4 kJ/kg na wylocie z frontu eksploatacyjnego.



Wykres 5.31. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.07

Z wykresu 5.31 wynika, że na stanowiskach pomiarowych następuje spadek temperatury w porównaniu do temperatur występujących przy rozplywie rzeczywistym. Różnica między temperaturą na początku drogi i na końcu wynosi 7,7 °C. Na wlocie do frontu eksploatacyjnego bloku C-II, w porównaniu do rozplywu rzeczywistego, temperatura sucha powietrza jest niższa o 4,0 °C. Na wszystkich stanowiskach pomiarowych temperatura jest niższa od 28 °C.

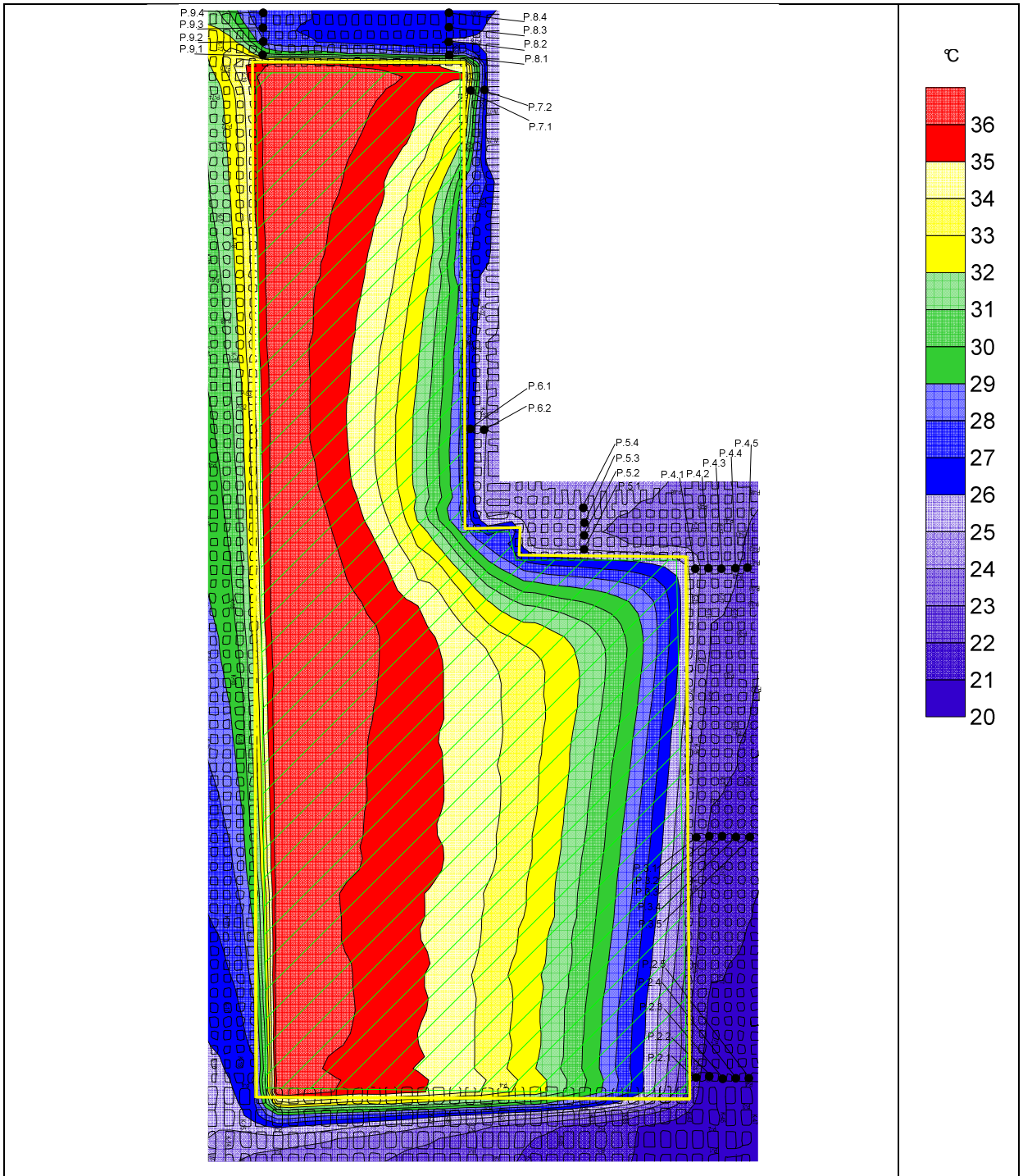


Wykres 5.32. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.07

Na wykresie 5.32 przedstawiającym rozkład temperatur na pasach eksploatacyjnych oddziału G-61 blok C-II na pasach P-78, P-79 i P-80 jej wartość zawiera się w granicach od 26 °C do 27,6 °C. Na tych pasach temperatura powietrza kopalnianego pozwala na zatrudnianie pracowników w systemie 8 godzinnym. Natomiast na pasie P-77 temperatura jest większa niż 28 °C. W porównaniu do poprzednich tamowań nastąpił nieznaczny spadek temperatur.

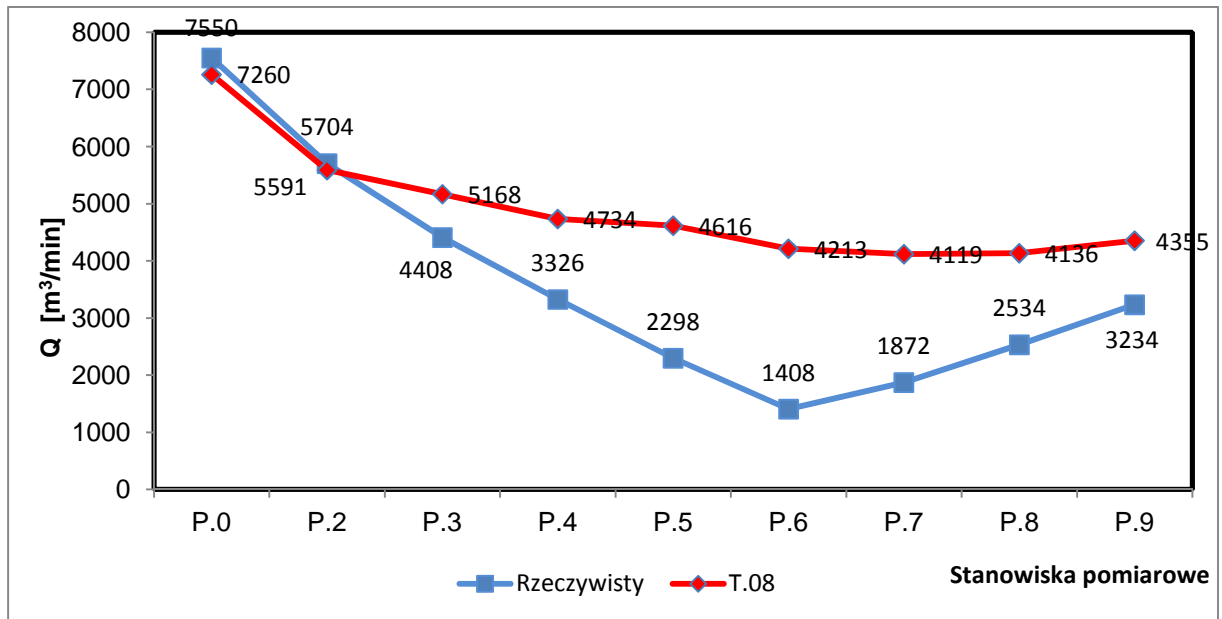
5.4.8. Wariant symulacyjny T.08

W wariantcie T.08 badania symulacyjne polegały na tym, że zrobio oddzielono od wyrobisk za pomocą tam murowych o szerokości 60 cm jednostronnie pokrytej tekkflexem - typ tamy T.08) - o oporze aerodynamicznym wynoszącym $151,216 \text{ N s}^2/\text{m}^8$.



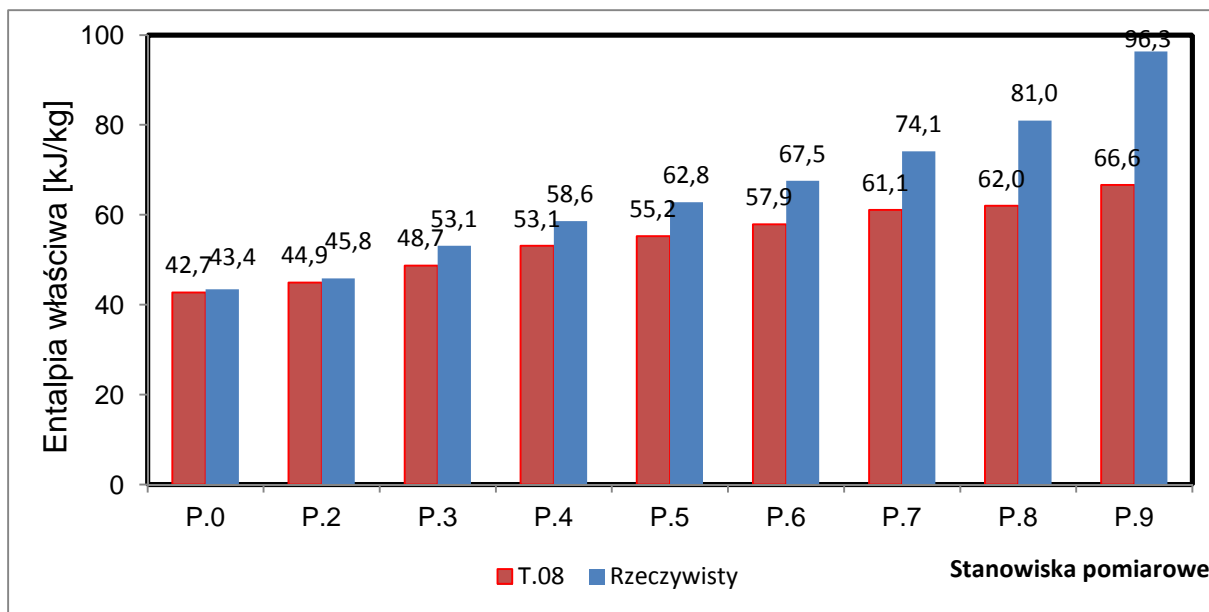
Rys. 5.26. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.08

Rysunek 5.26 przedstawiający rozkład izolinii temperatur pokazuje, że powietrze kopalniane o temperaturze do 28 °C występuje na drodze jego przepływu i na froncie eksploatacyjnym bloku C-II. Gorące powietrze o temperaturze do 36 °C znajduje się w zrobach. Temperatura powietrza suchego o wartości 25 °C utrzymuje się już na wlocie do bloku C-II.



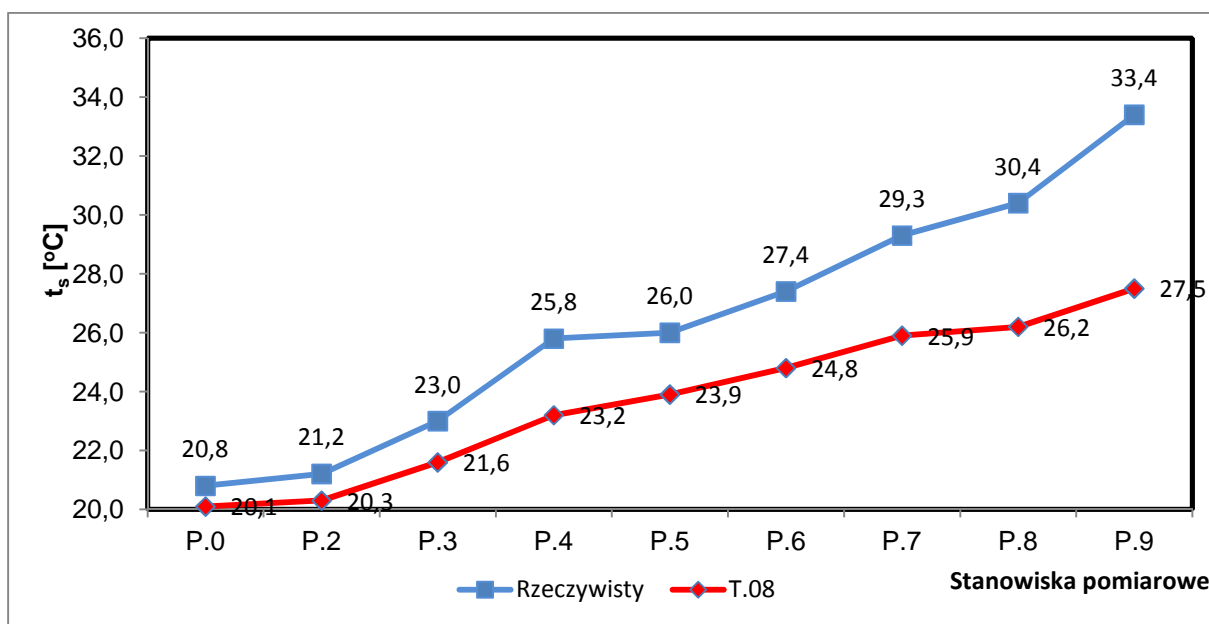
Wykres 5.33. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.08

Na wykresie 5.33 przedstawiającym zmiany wartości wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych można odczytać, że wartości strumienia powietrza na poszczególnych stanowiskach ulegają zwiększeniu w porównaniu do rozpływu rzeczywistego. W porównaniu do tamowania występującego przy rozpływie rzeczywistym wydatek powietrza na wlocie do bloku C-II jest większy o 1602 m³/min.



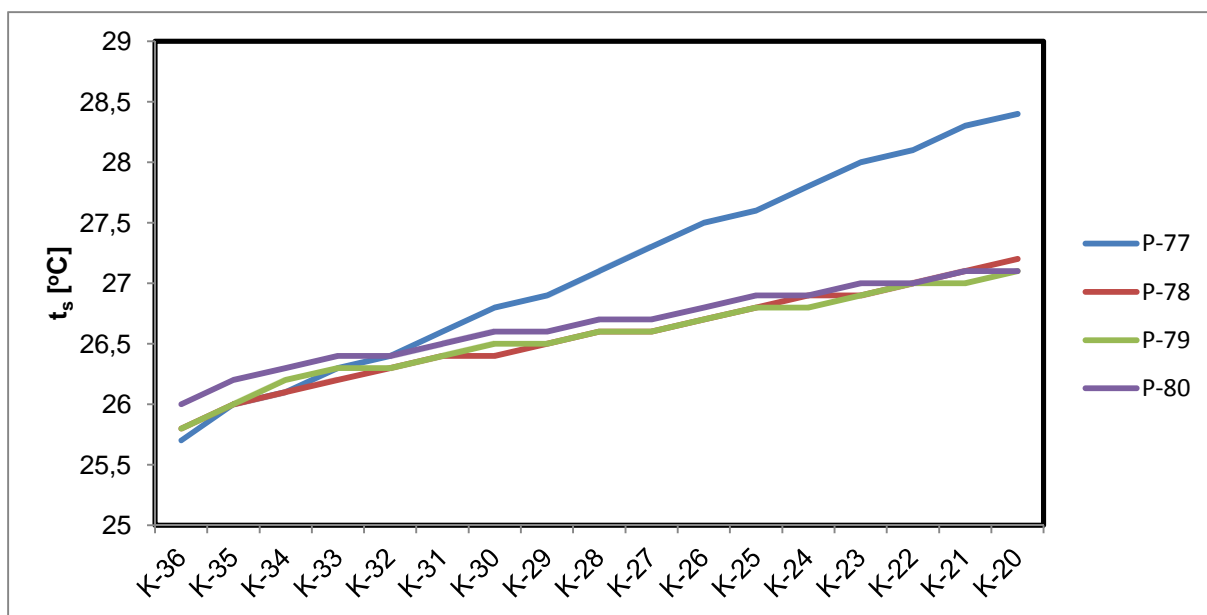
Wykres 5.34. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.08

Wykres 5.34 przedstawia zmiany wartości entalpii właściwej powietrza na stanowiskach pomiarowych. W porównaniu do tamowania zastosowanego w rozplywie rzeczywistym nastąpił spadek entalpii o 29,7 kJ/kg na wylocie z frontu eksploatacyjnego.



Wykres 5.35. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.08

Z wykresu 5.35 wynika, że na stanowiskach pomiarowych następuje spadek temperatur w porównaniu do temperatur występujących przy rozplywie rzeczywistym. Różnica między temperaturą na początku drogi i na końcu wynosi 7,4 °C. Na wlocie do frontu eksploatacyjnego bloku C-II temperatura sucha powietrza jest mniejsza od rozplywu rzeczywistego o 4,2 °C.



Wykres 5.36. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.08

Na wykresie 5.36 przedstawiającym rozkład temperatur na pasach eksploatacyjnych oddziału G-61 blok C-II na pasach P-78, P-79 i P-80 wartość temperatury suchej zawiera się w granicach od 26 °C do np. 27,2 °C i na tych pasach temperatura powietrza kopalnianego pozwala na zatrudnianie pracowników na 8 godzin. Natomiast na pasie P-77 temperatura wynosi 28,4 °C. W porównaniu do poprzednich wariantów tamowań nastąpił nieznaczny spadek temperatur.

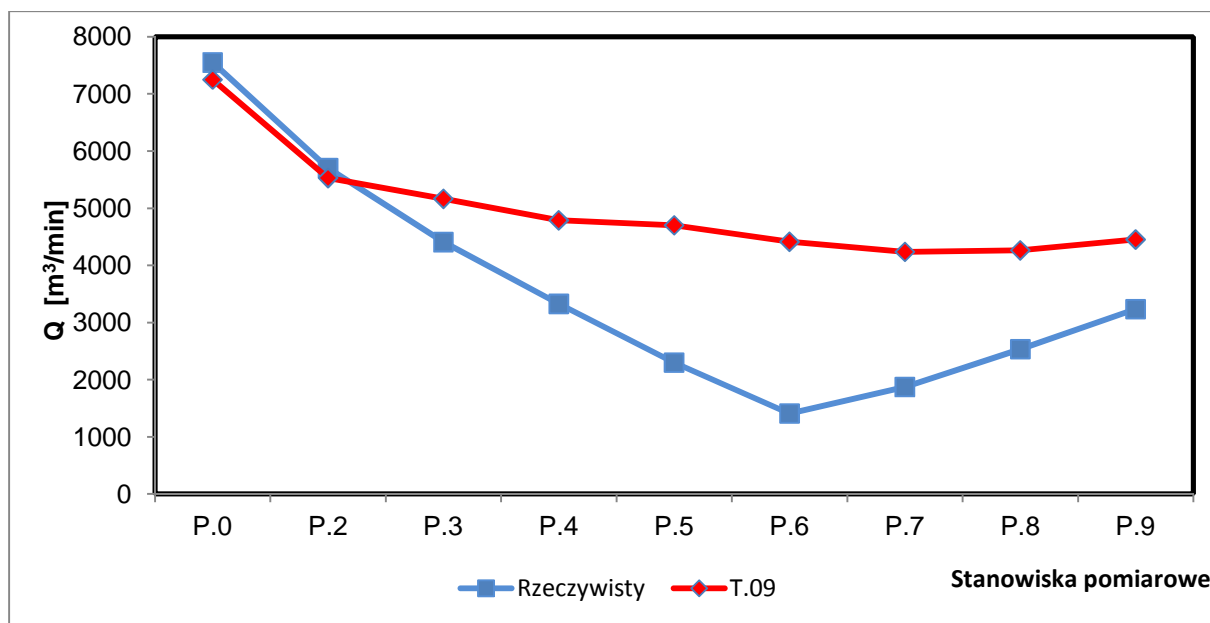
5.4.9. Wariant symulacyjny T.09

W wariacie symulacyjnym T.09 badania polegały na tym, że zrobio oddzielono od wyrobisk doprowadzających powietrze za pomocą tam murowych o szerokości 60 cm dwustronnie pokrytej tekkflexem - typ tamy T.09 - o oporze aerodynamicznym wynoszącym $208,163 \text{ N s}^2/\text{m}^8$.



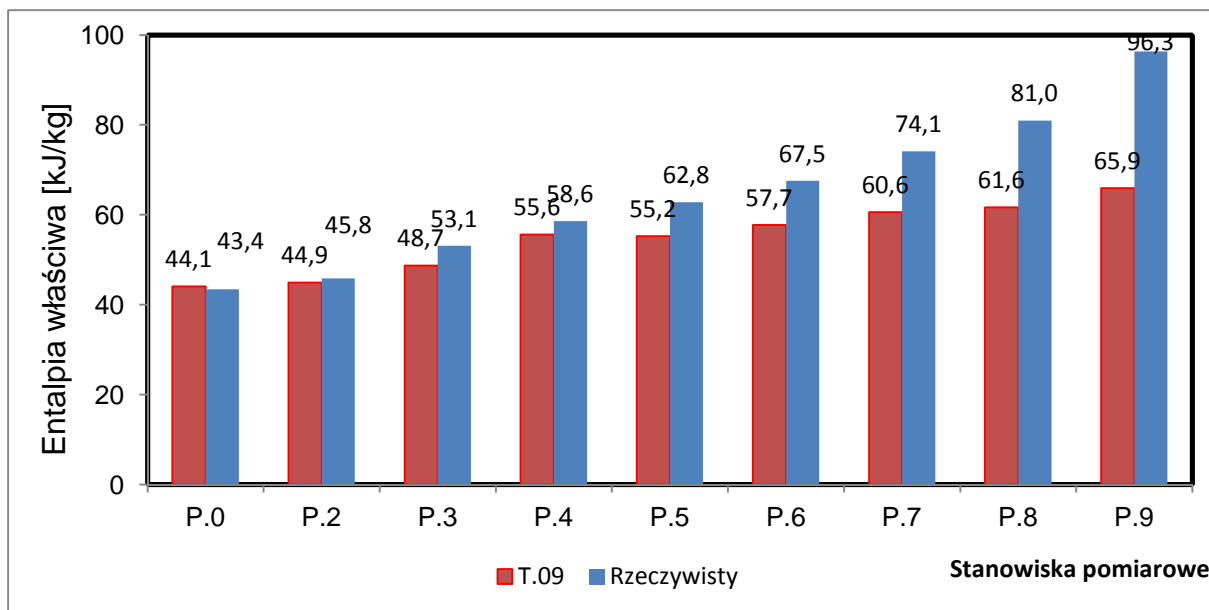
Rys. 5.27. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.09

Rysunek 5.27 przedstawiający rozkład izolinii temperatur pokazuje, że powietrze kopalniane o temperaturze poniżej 28,0 °C występuje na całej drodze jego przepływu. Temperaturę powietrza suchego o wartości 25 °C utrzymuje się już na wlocie do bloku C-II.



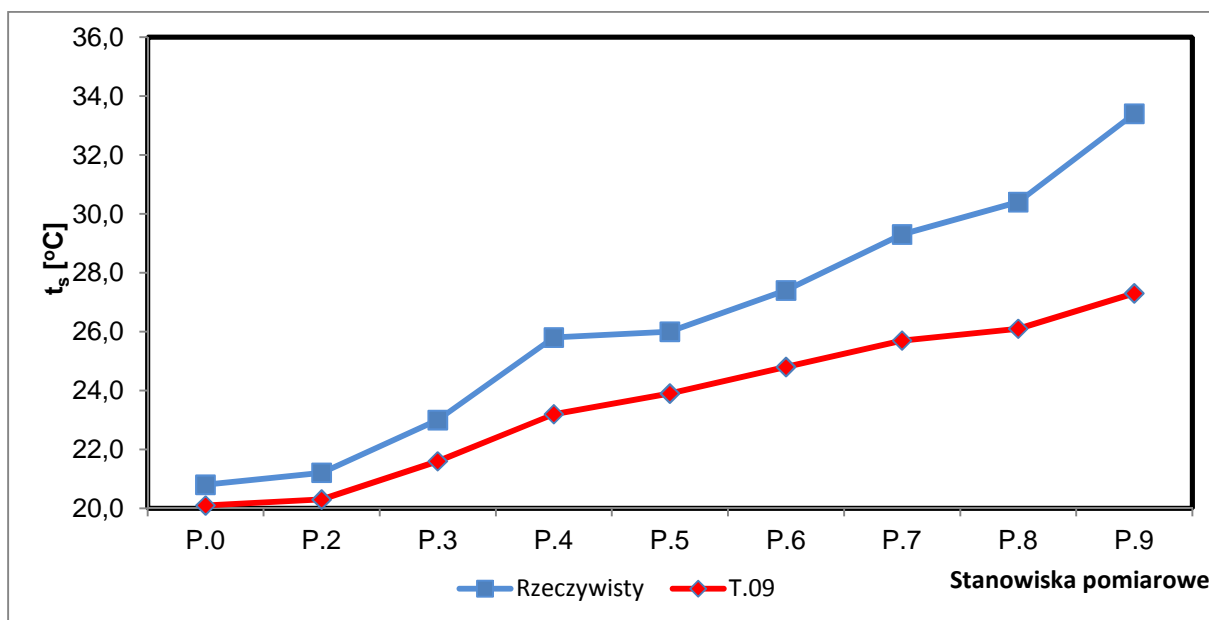
Wykres 5.37. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.09

Na wykresie 5.37 przedstawiającym zmiany wartości wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych można odczytać, że wartość wydatku powietrza na poszczególnych stanowiskach ulega zwiększeniu. W porównaniu do tamowania występującego przy rozplywie rzeczywistym wydatek powietrza na wlocie do bloku C-II jest większy o 1729 m³/min.



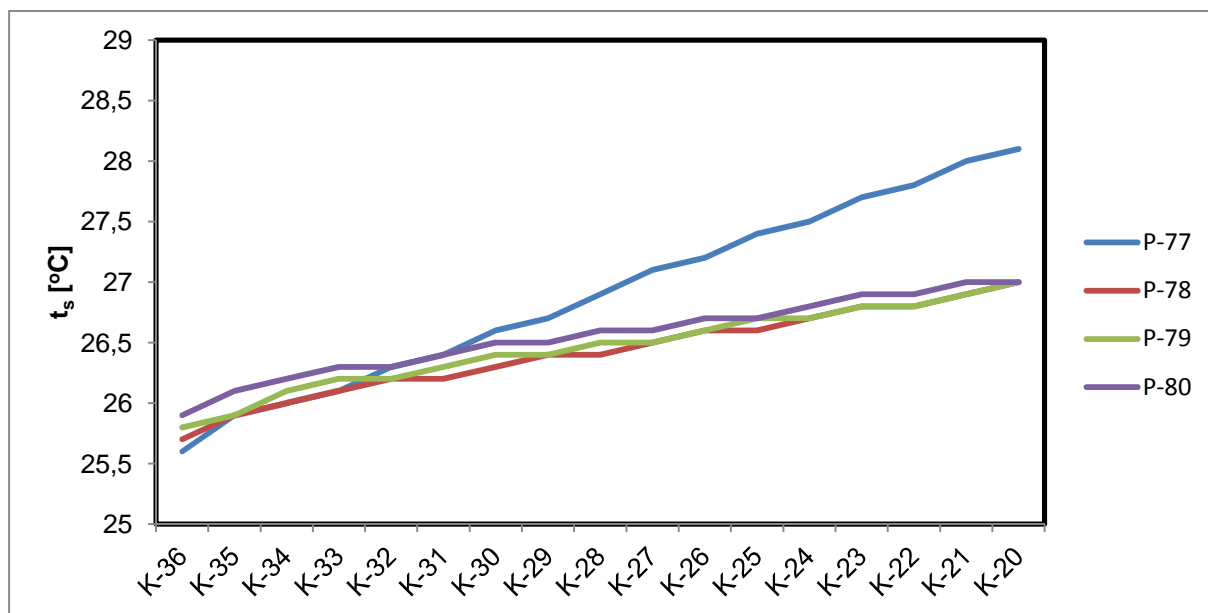
Wykres 5.38. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.09

Wykres 5.38 przedstawia zmiany wartości entalpii właściwej powietrza na stanowiskach pomiarowych. W porównaniu do tamowania zastosowanego w rozplywie rzeczywistym nastąpił spadek entalpii o 30,4 kJ/kg na wylocie z frontu eksploatacyjnego.



Wykres 5.39. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.09

Z wykresu 5.39 wynika, że na całej drodze przepływu powietrza następuje spadek jego temperatury w porównaniu do temperatur występujących przy rozplywie rzeczywistym. Różnica między temperaturą na początku drogi i na końcu wynosi 7,2 °C. Temperatura sucha na wlocie do bloku C-II w porównaniu z tamowaniem występującym przy rozplywie rzeczywistym jest mniejsza o 4,3 °C.

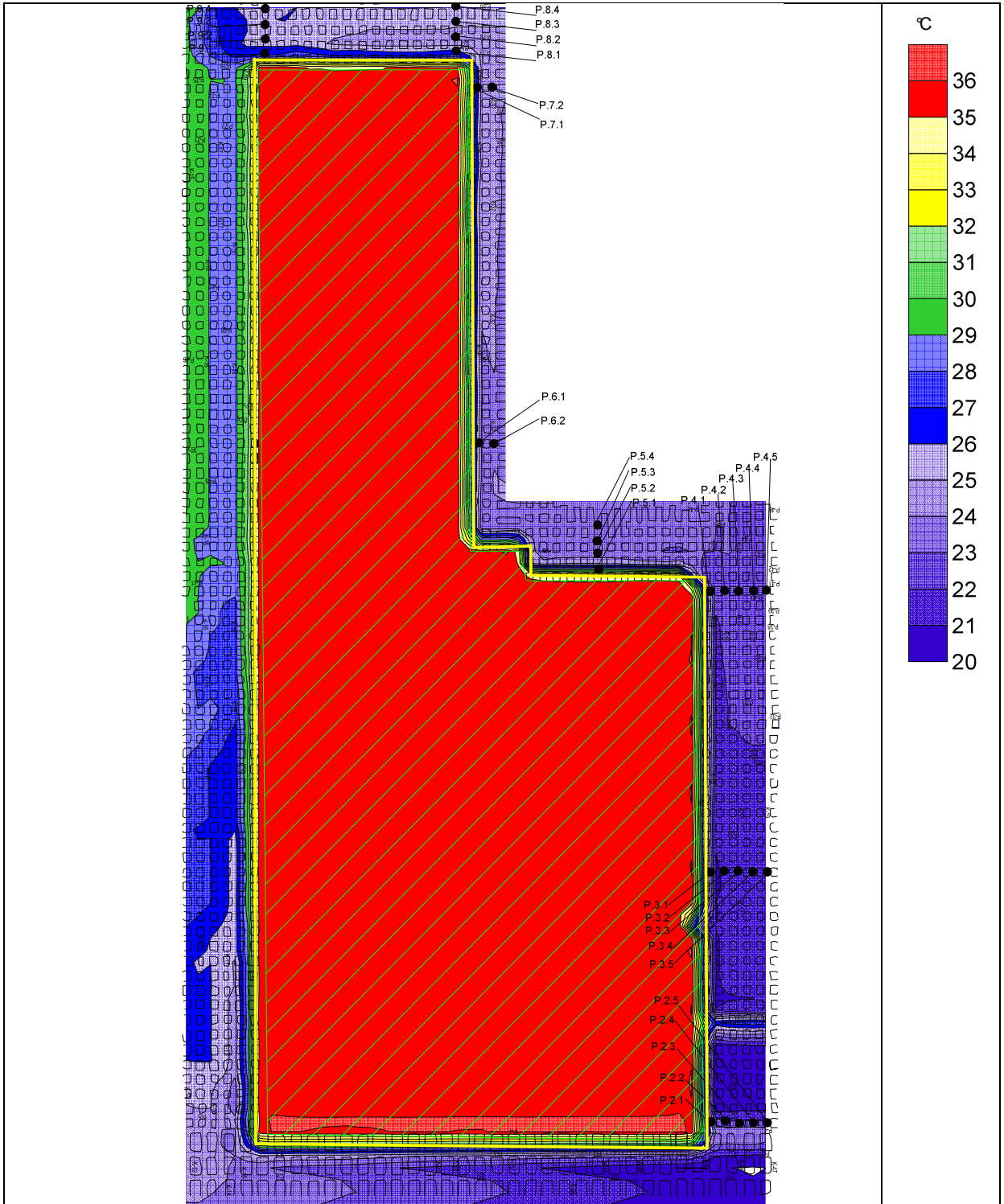


Wykres 5.40. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.09

Na wykresie 5.40 przedstawiającym rozkład temperatur na pasach eksploatacyjnych oddziału G-61 blok C-II na pasach P-77, P-78, P-79 i P-80 wartość temperatury suchej zawiera się w granicach od 25,6 °C do np. 27,0 °C i na tych pasach temperatura powietrza kopalnianego pozwala na zatrudnianie pracowników na 8 godzin. W porównaniu do poprzednich wariantów tamowań nastąpił nieznaczny spadek temperatur.

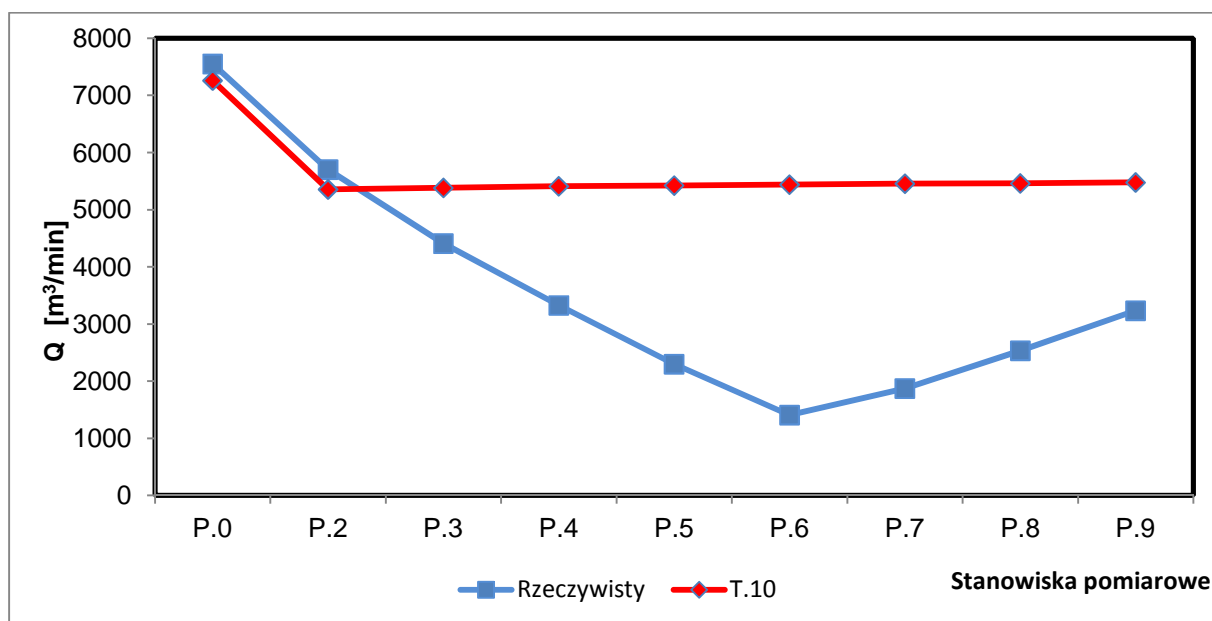
5.4.10. Wariant symulacyjny T.10 – podsadzenie wyrobisk

W wariantcie T.10 badania symulacyjne polegały na tym, że zrobio oddzielono od wyrobisk szczelnym podsadzeniem. Przyjęto, że taki rodzaj wygrodenia zapewni uzyskanie oporu aerodynamicznego zbliżonego do nieskończoności.



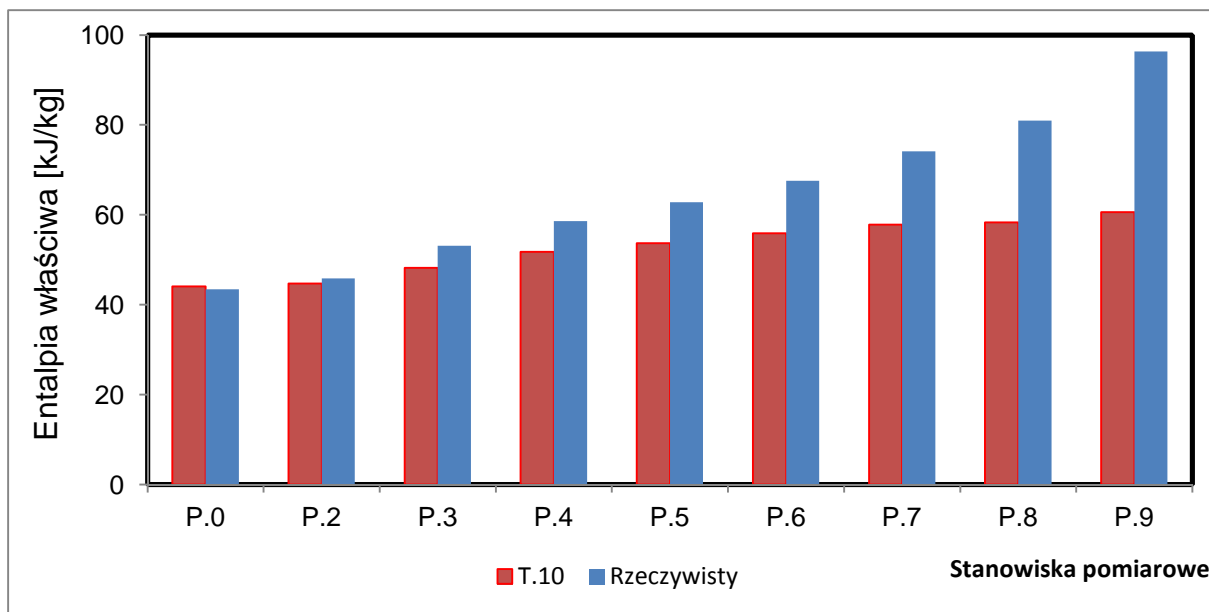
Rys. 5.28. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.10

Z rysunku 5.28 wynika, że powietrze nie wpływa do zrobów, ani nie wypływa. Jego podgrzewanie następuje tylko w wyniku kontaktu z odsłoniętym górotworem.



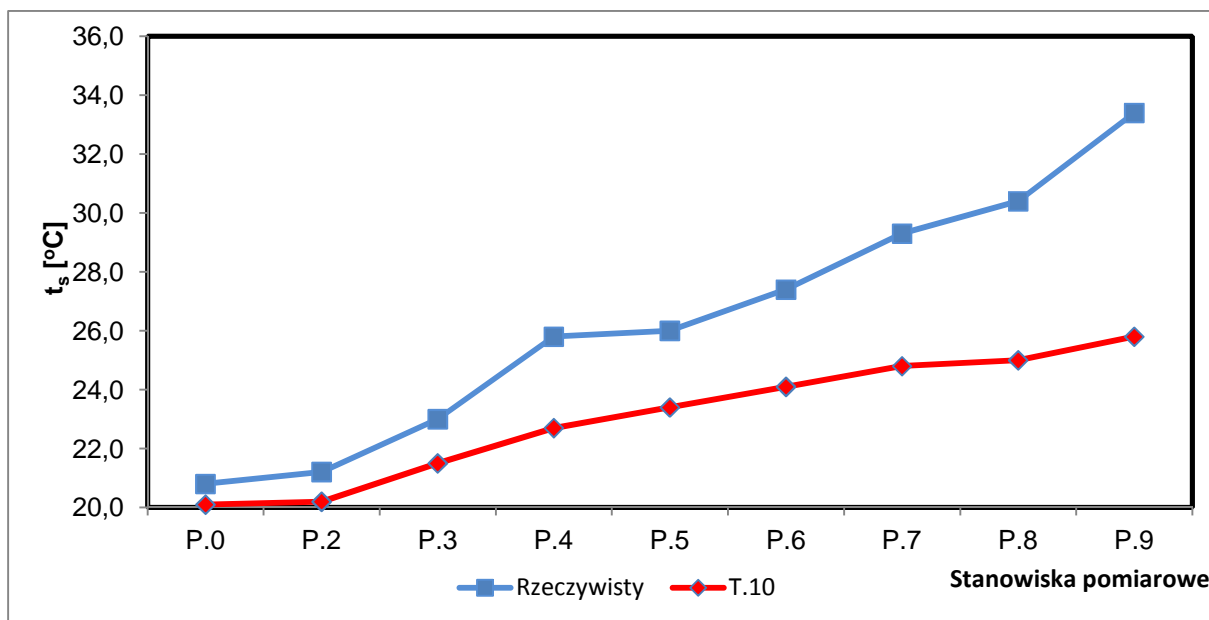
Wykres 5.41. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.10

Z wykresu 5.41 przedstawiającego zmiany wartości wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych można odczytać, że wydatek powietrza na poszczególnych stanowiskach nie ulega znaczącemu zmniejszeniu. W porównaniu do tamowania występującego przy rozplywie rzeczywistym na wlocie do bloku C-II jest o 2926 m³/min więcej powietrza.



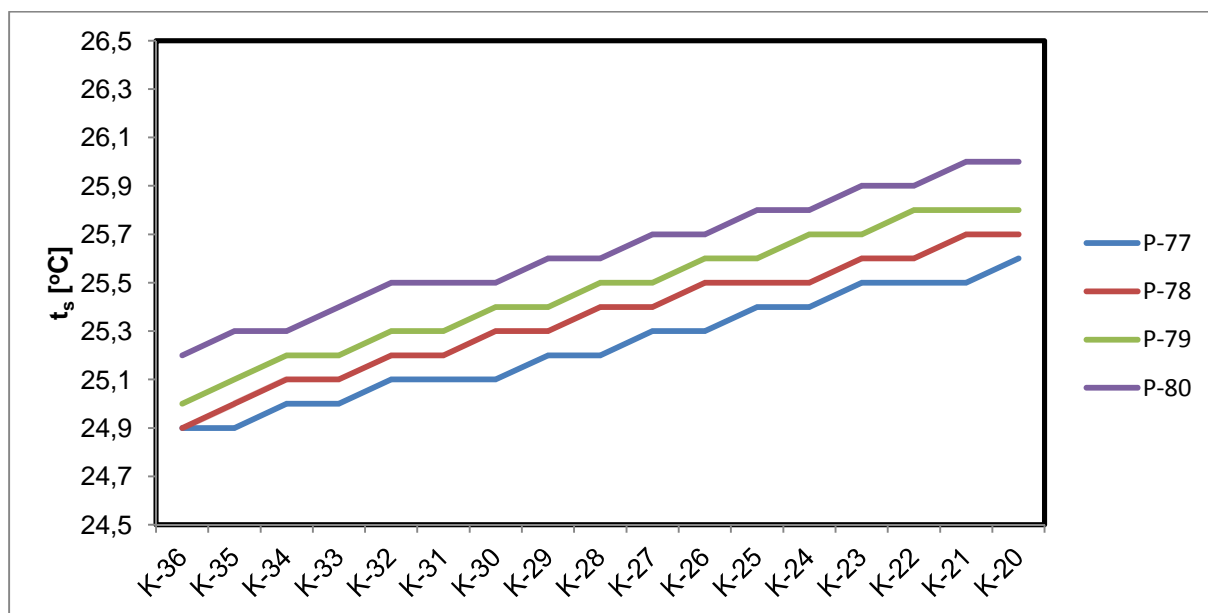
Wykres 5.42. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.10

Wykres 5.42 przedstawia zmiany wartości entalpii właściwej powietrza na stanowiskach pomiarowych. W porównaniu do tamowania zastosowanego w rozplywie rzeczywistym nastąpił wzrost entalpii właściwej o 35,7 kJ/kg na wylocie z frontu eksploatacyjnego.



Wykres 5.43. Zmiany temperatury powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.10

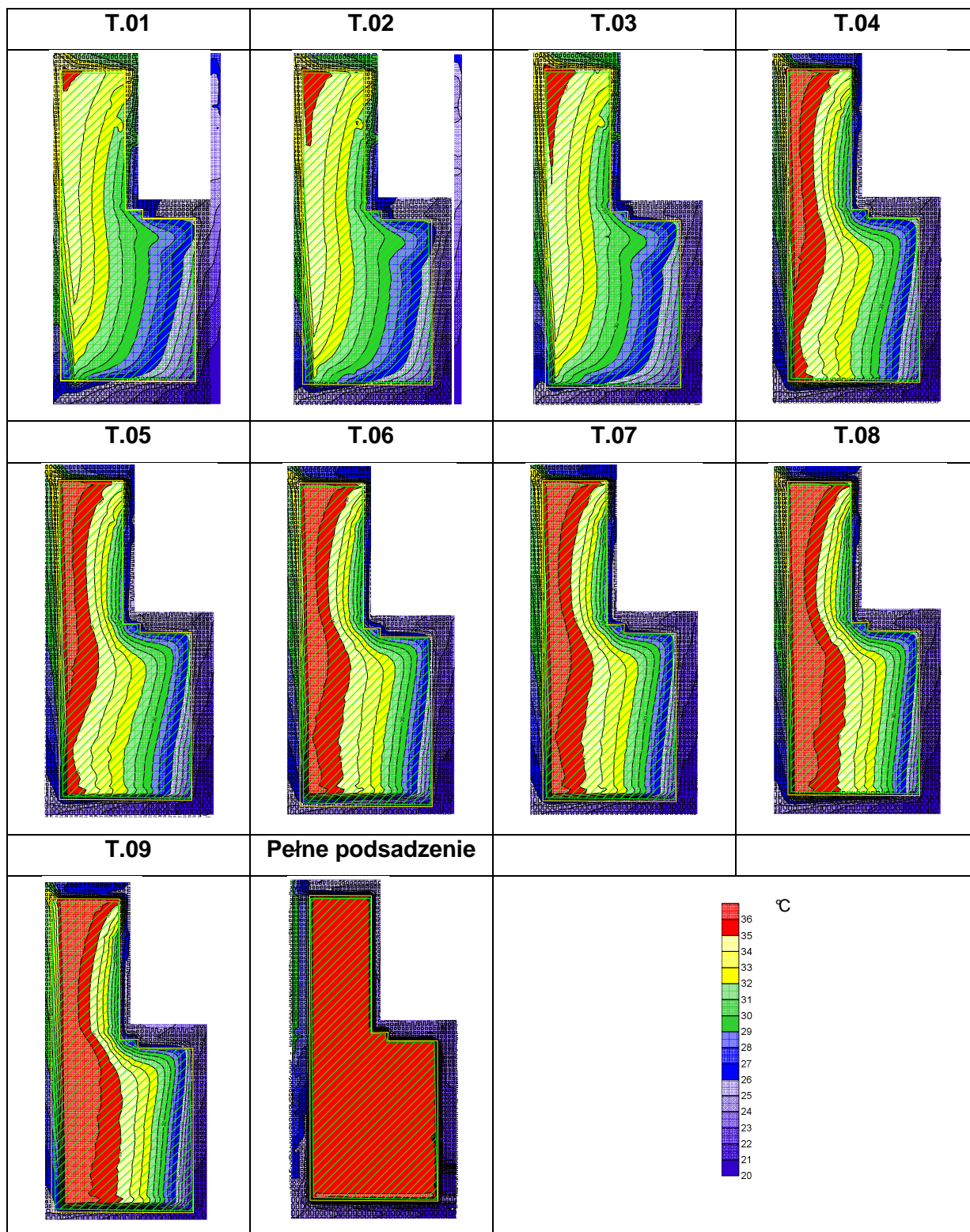
Z wykresu 5.43 wynika, że na całej drodze przepływu powietrza następuje spadek jego temperatury. Różnica między temperaturą na początku drogi i na końcu wynosi 5,7 °C. Temperatura sucha na wlocie do bloku C-II w porównaniu z tamowaniem występującym przy rozplywie rzeczywistym jest mniejsza o 5,4 °C.



Wykres 5.44. Zmiany temperatury powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.10

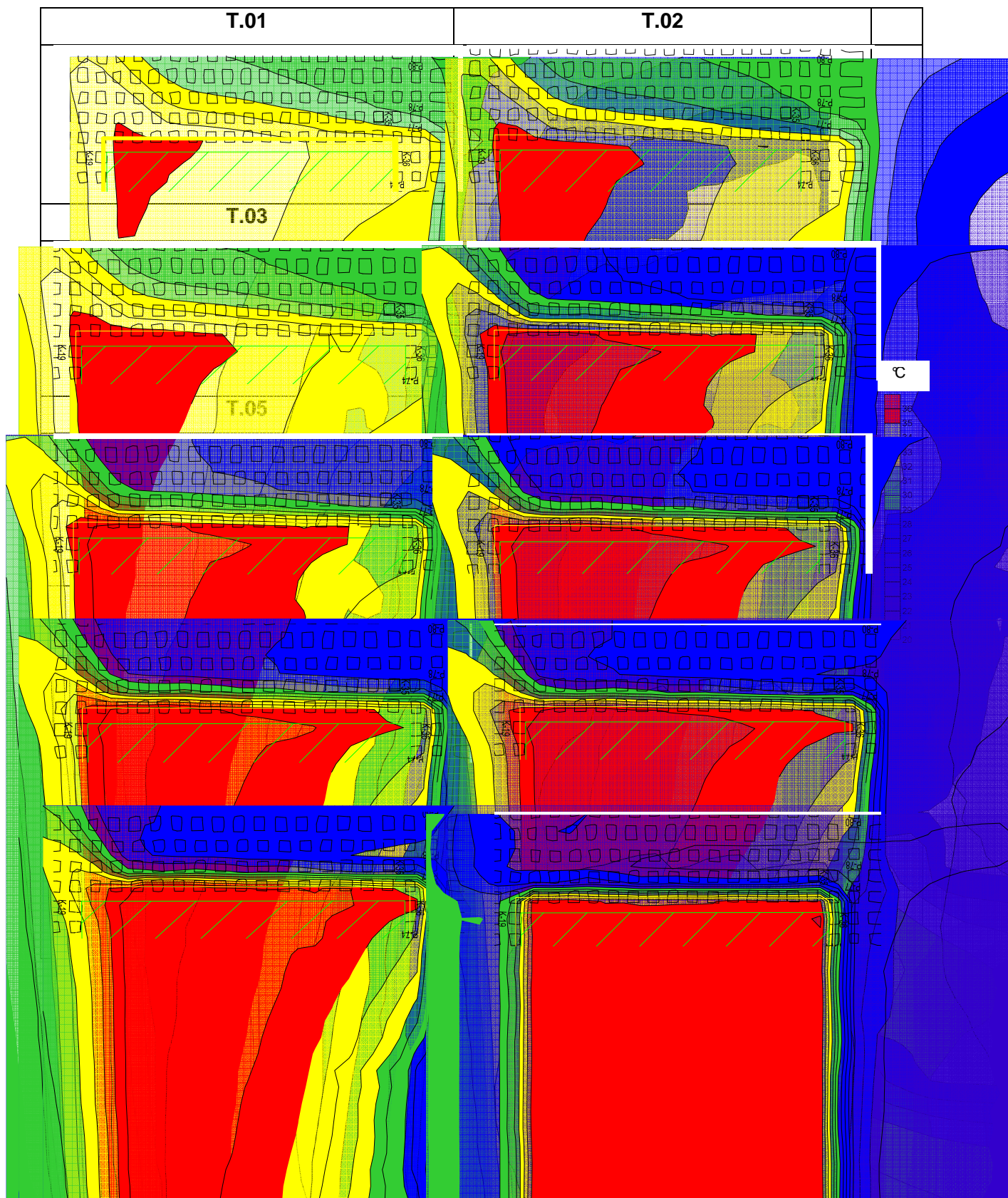
Na wykresie 5.44 przedstawiającym rozkład temperatur na pasach eksploatacyjnych oddziału G-61 blok C-II. Na pasach P-77, P-78, P-79 i P-80 wartość temperatury suchej zawiera się w granicach od 25,0 °C do 26,0 °C i na tych pasach temperatura powietrza kopalnianego pozwala na zatrudnianie pracowników na 8 godzin.

5.4.11. Zestawienie wyników

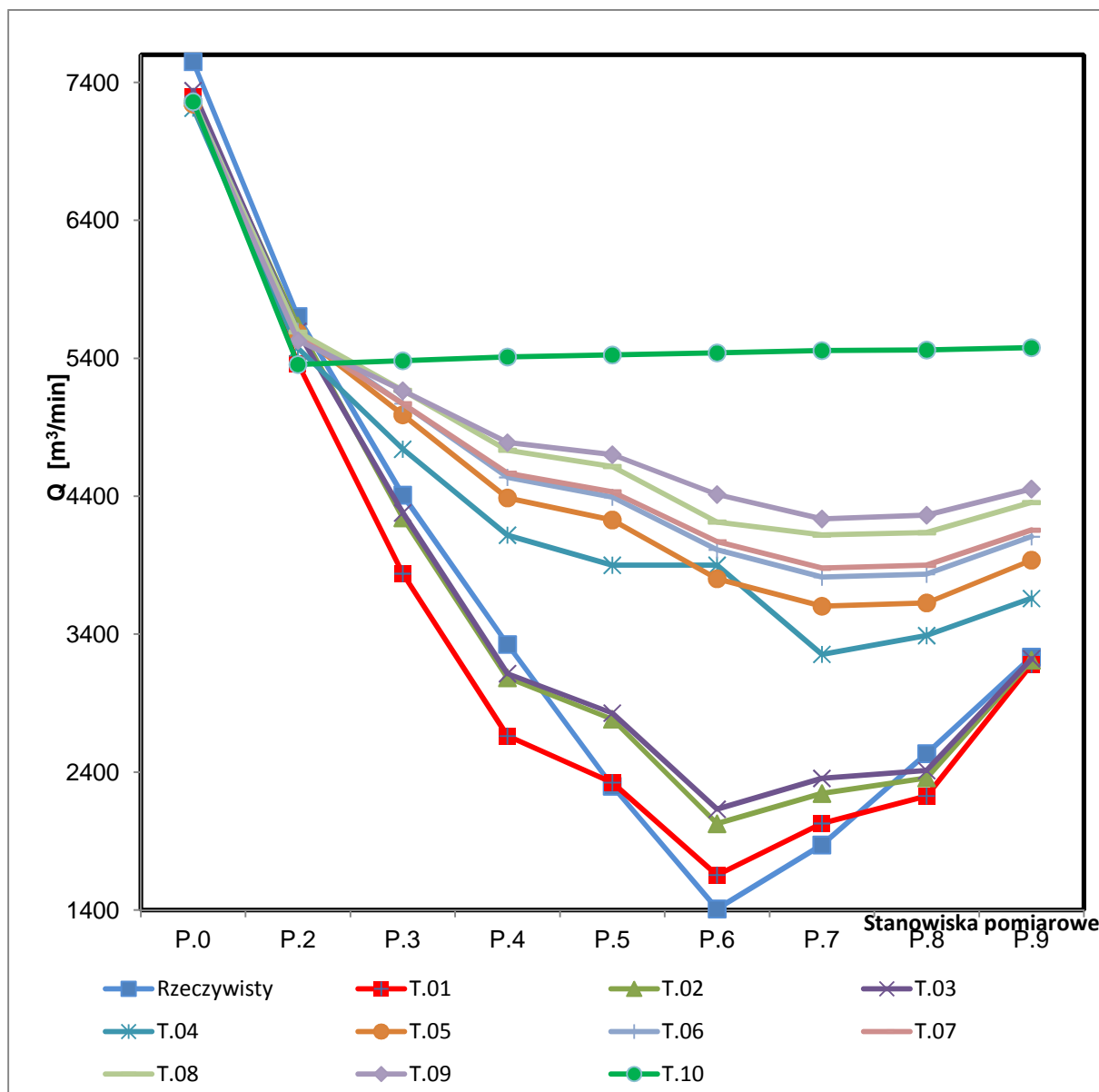


Rys. 5.29. Zestawienie rozkładów temperatury w oddziale górniczym G-61 blok C-II

Zestawienie na rysunku 5.29 przedstawia zmiany rozkładu temperatury suchej powietrza kopalnianego w zależności od rodzaju tam użytych do wygradzania przestrzeni wyeksploatowanej. Widać, że wraz ze wzrostem oporu aerodynamicznego tam izolacyjnych wychładzanie przestrzeni wyeksploatowanej zmniejsza się, są coraz mniejsze straty powietrza, a tym samym coraz niższa temperatura sucha na wlocie do oddziału eksploatacyjnego prowadzącego roboty górnicze w bloku C-II.



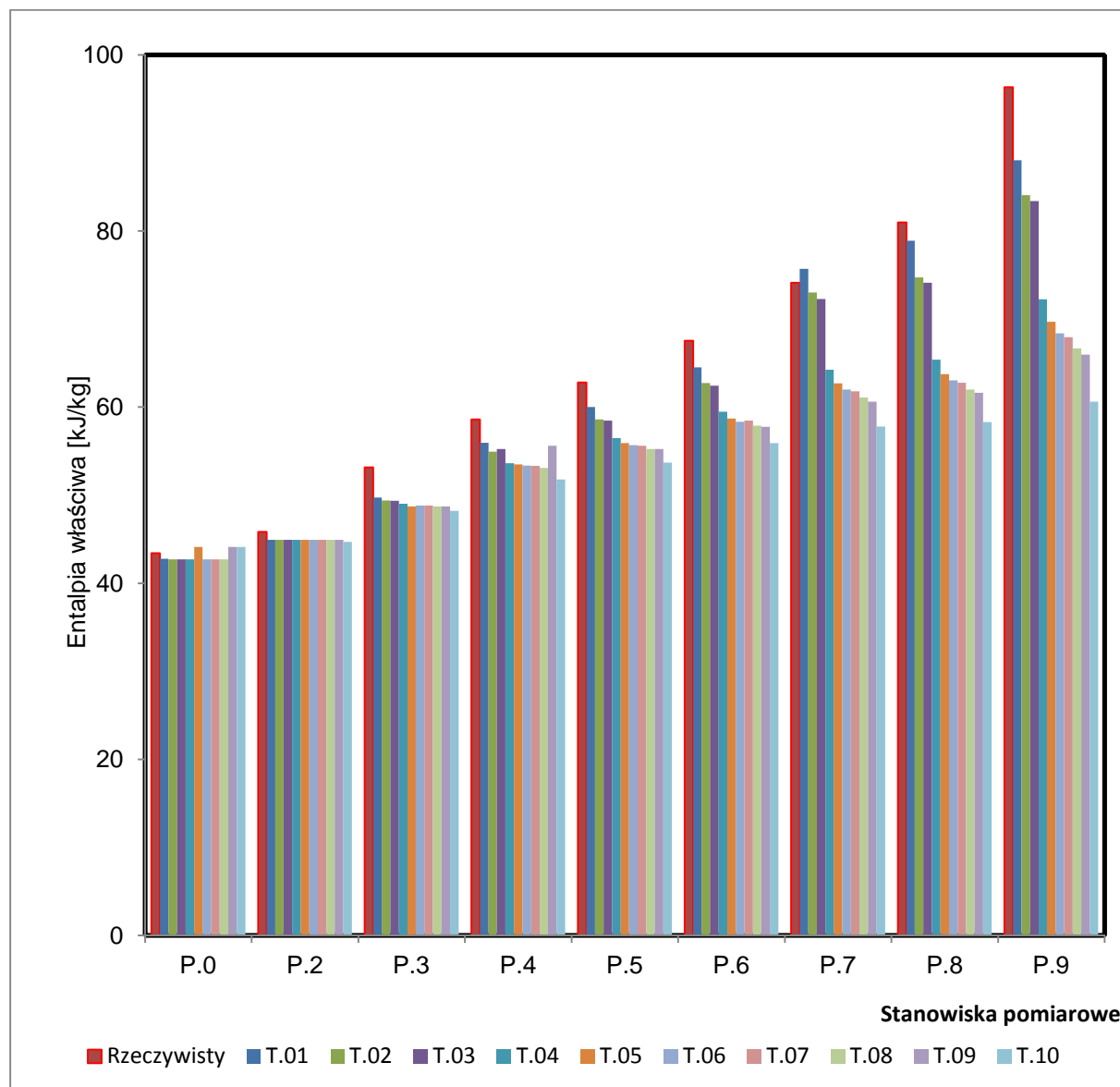
Zestawienie rozkładu temperatur powietrza suchego na froncie eksploatacyjnym bloku C-II przedstawione na rysunku 5.30 wskazuje, że wraz ze wzrostem oporu aerodynamicznego użytych tam do wygradzenia przestrzeni wyeksploatowanej maleje wartość temperatury suchej na froncie eksploatacyjnym bloku C-II, co jest zjawiskiem korzystnym dla warunków pracy.



Wykres 5.45. Zmiany wartości wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych w zależności od oporu aerodynamicznego tam

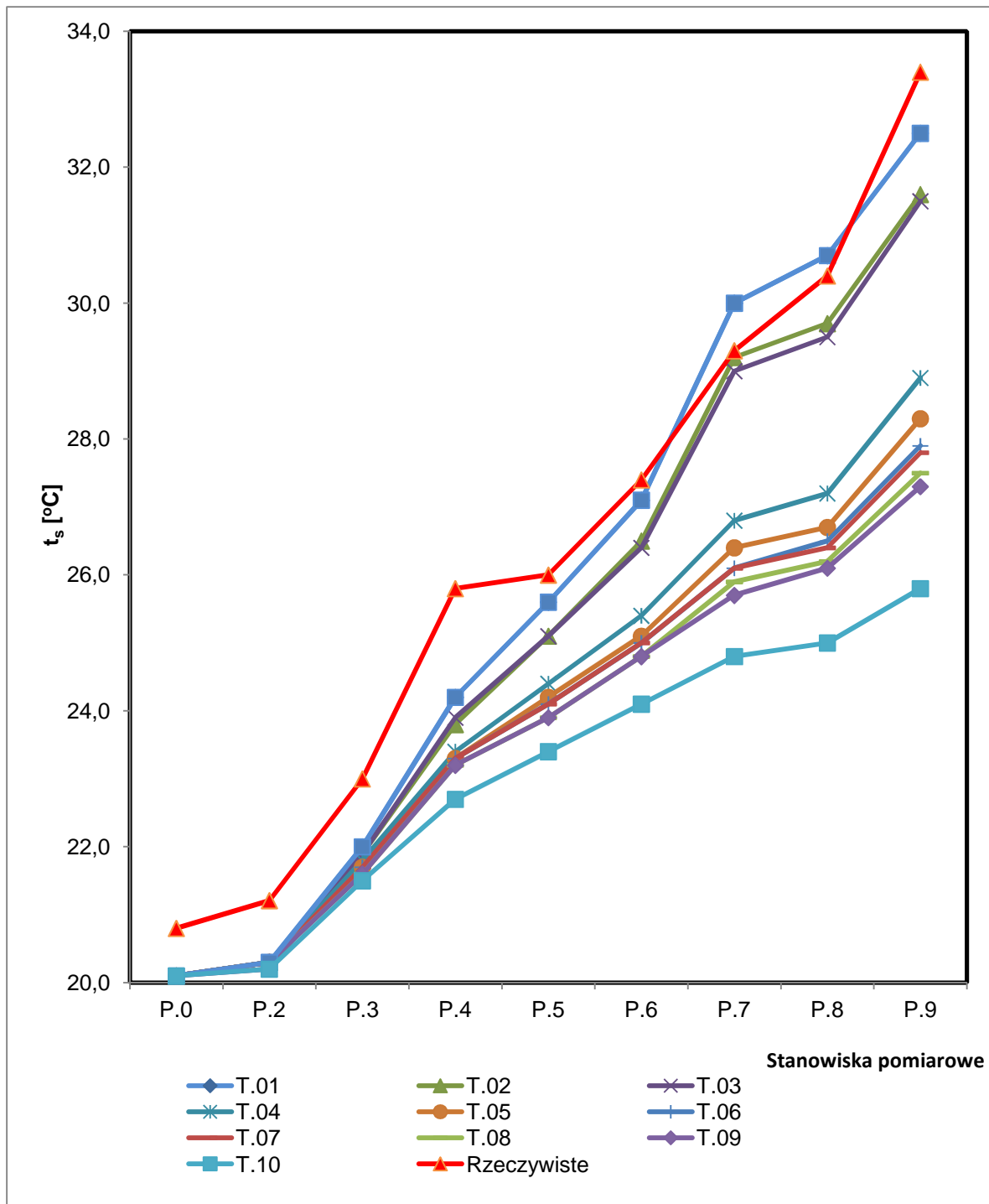
Wykres 5.45 zawierający zestawienie zmian wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych, wskazuje na to, że wraz ze wzrostem wartości oporu

aerodynamicznego tam użytych do izolowania zrobów wzrasta wartość wydatku powietrza dostarczanego na front eksploatacyjny oddziału G-61 blok C-II.



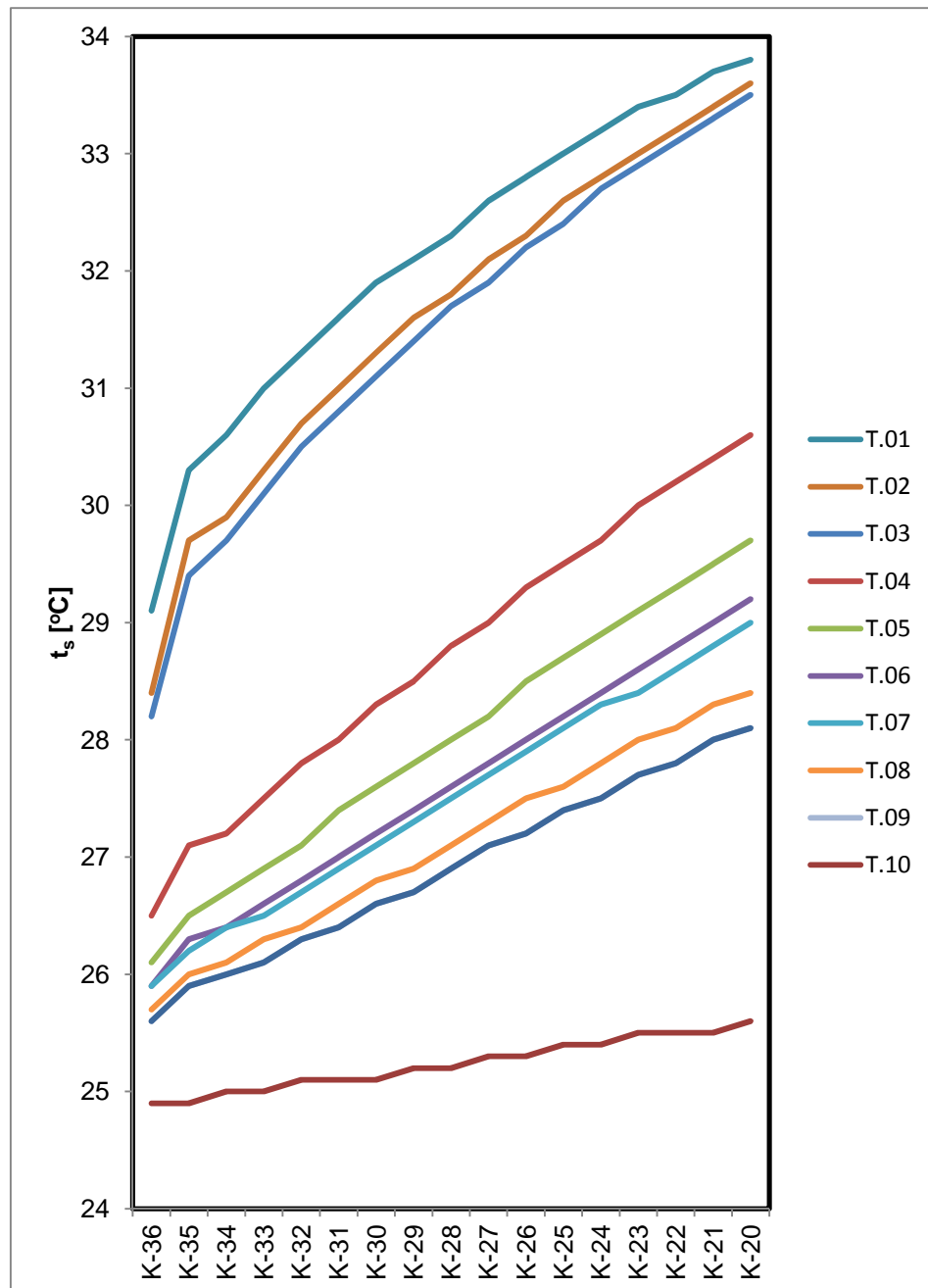
Wykres 5.46. Entalpia właściwa na stanowiskach pomiarowych

Na wykresie 5.46 przedstawiono zbiorcze zestawienie wartości entalpii właściwej powietrza kopalnianego na stanowiskach pomiarowych. Z zestawienia można odczytać, że wraz ze wzrostem wartości oporu aerodynamicznego tam użytych do wyizolowania zrobów maleje wartość entalpii właściwej powietrza kopalnianego na poszczególnych stanowiskach pomiarowych.



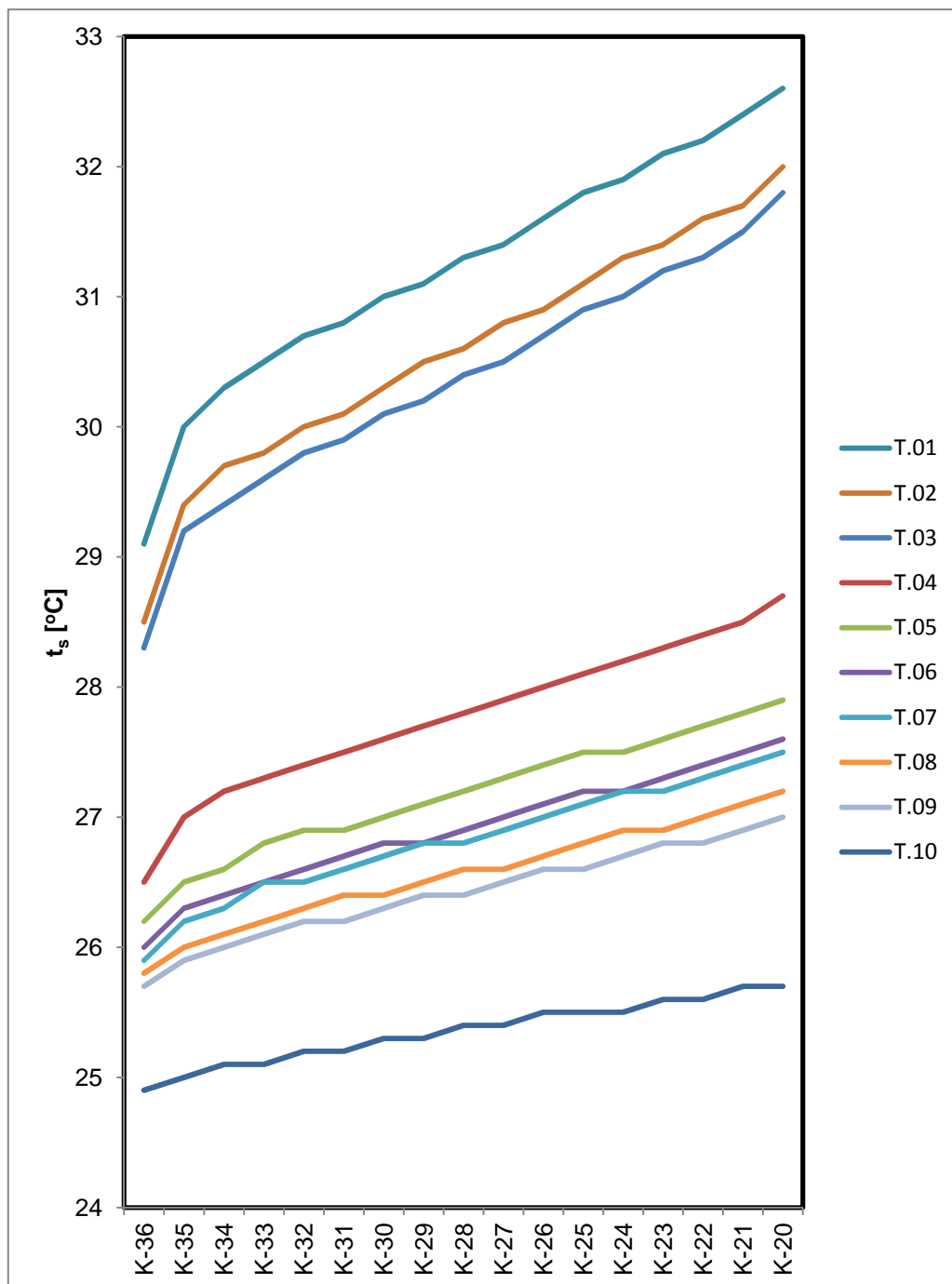
Wykres 5.47. Zmiany wartości temperatury suchej powietrza kopalnianego na stanowiskach pomiarowych

Z zestawienia przedstawionego na wykresie 5.47 zmian wartości temperatury suchej powietrza kopalnianego na stanowiskach pomiarowych od wartości oporu aerodynamicznego tam wynika, że wraz ze wzrostem wartości oporu aerodynamicznego tam użytych do wyizolowania zrobów zmniejsza się wartość temperatury suchej na stanowiskach pomiarowych.



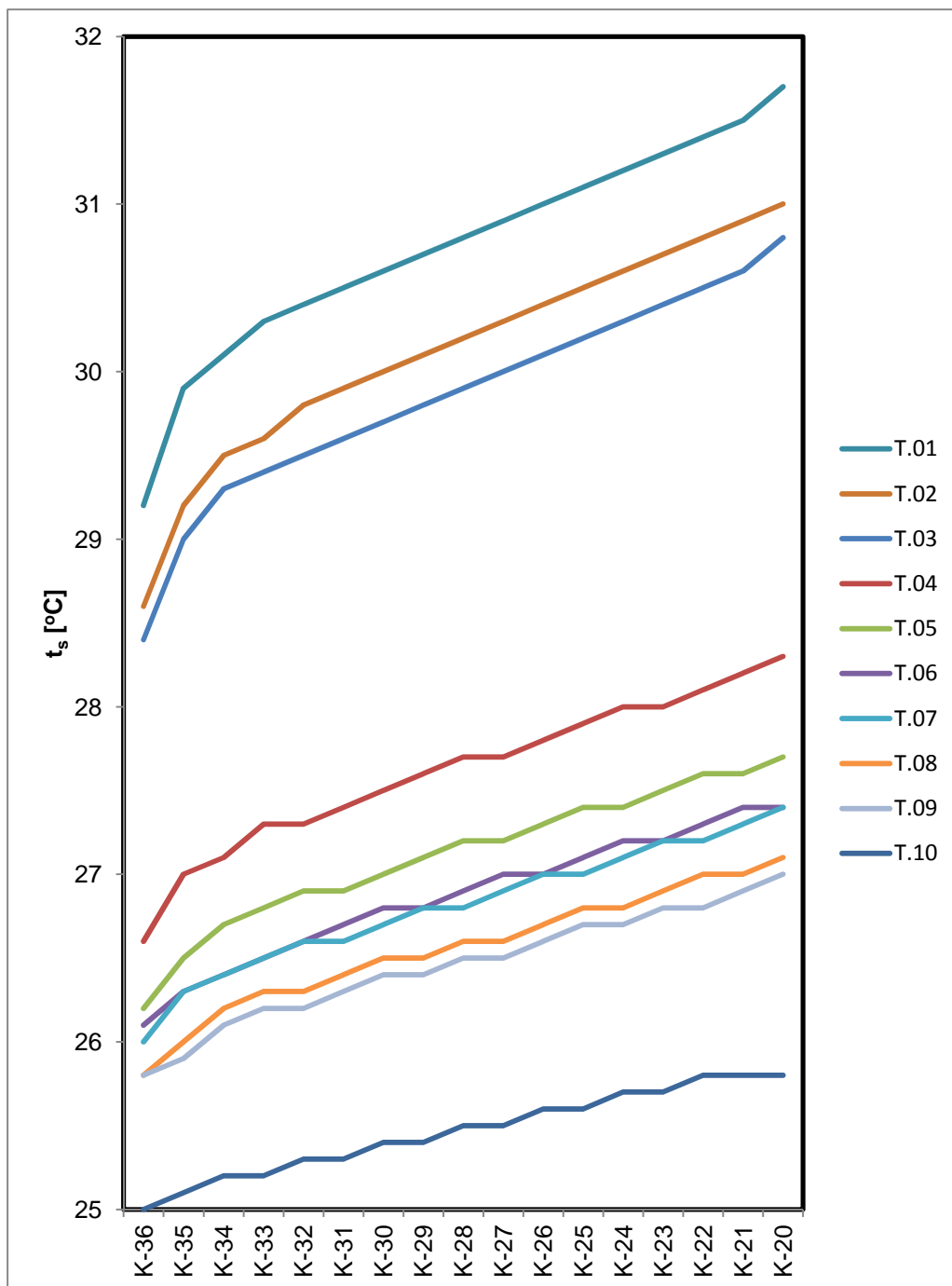
Wykres 5.48. Zmiany temperatury powietrza na pasie przyzobowym P-77 bloku C-II od komory K-36 do komory K-20

Na wykresie 5.48 przedstawiającym zbiorcze zestawienie wartości temperatury suchej w zależności od oporu aerodynamicznego tam użytych do wygradzania przestrzeni wyeksploatowanej wynika, że wzrost oporu aerodynamicznego tam powoduje zmniejszenie wartości temperatury suchej na froncie eksploatacyjnym bloku C-II.



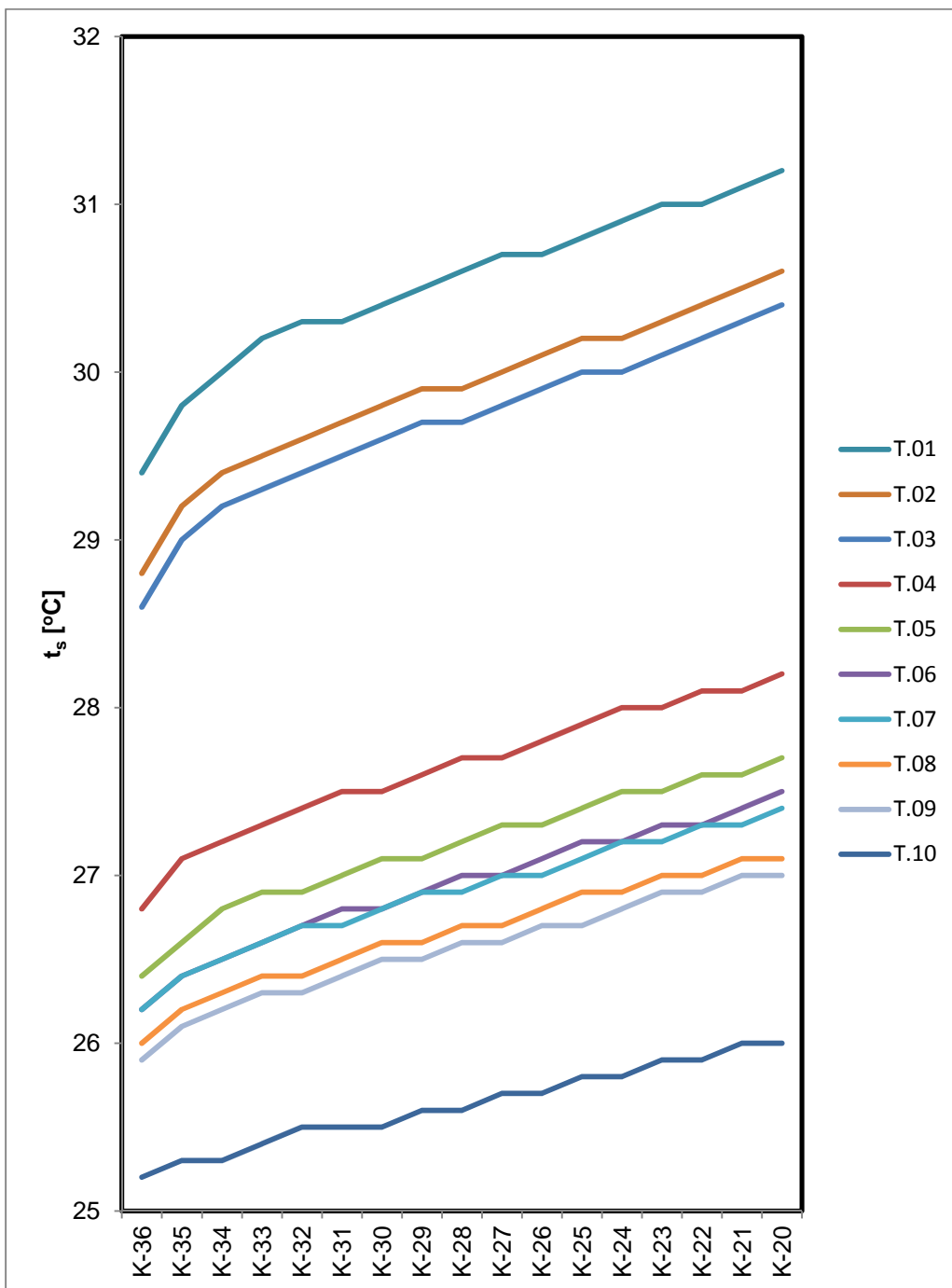
Wykres 5.49. Zmiany temperatury powietrza na pasie komunikacyjnym P-78 bloku C-II od komory K-36 do komory K-20

Na wykresie 5.49 przedstawiającym zbiorcze zestawienie wartości temperatury suchej na pasie P-78 bloku C-II w zależności od rodzaju użytych tam wygradzających przestrzeni wyeksploatowaną wynika, że wzrost oporu aerodynamicznego tam powoduje zmniejszenie wartości temperatury suchej na froncie eksploatacyjnym bloku C-II.



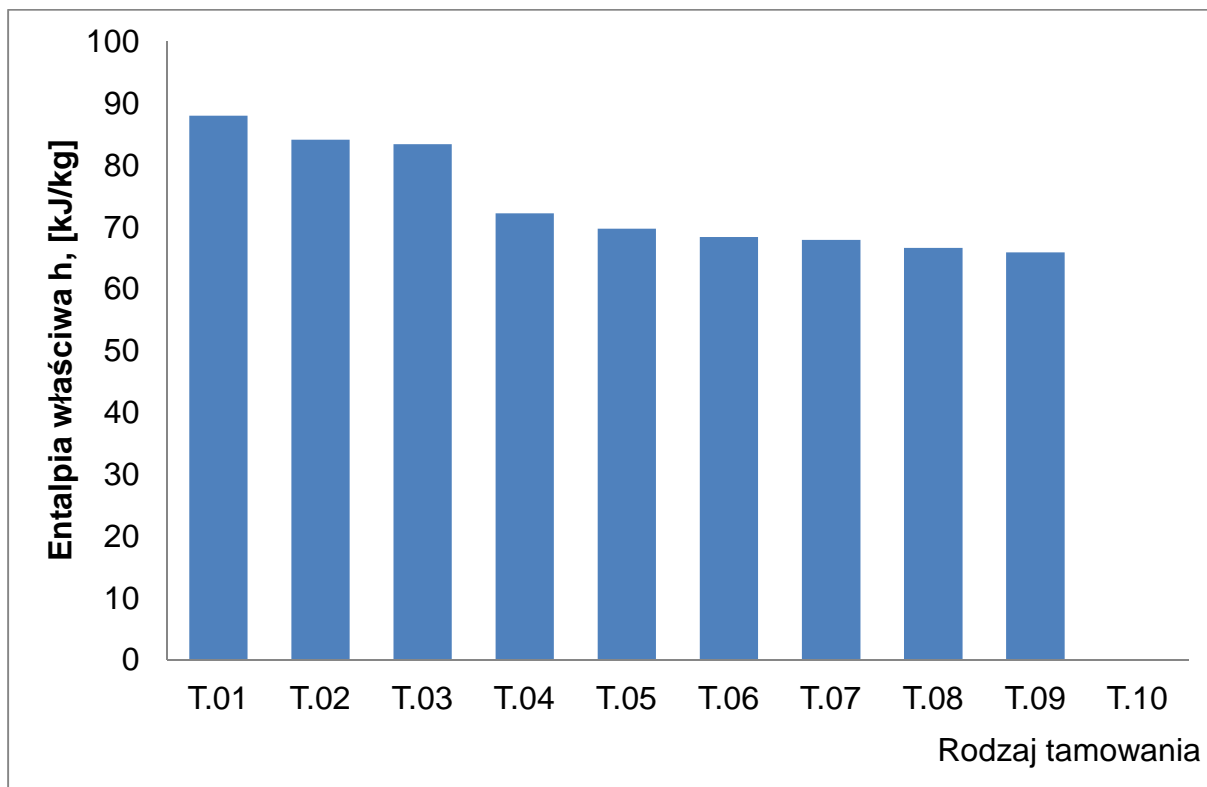
Wykres 5.50. Zmiany temperatury powietrza na pasie komunikacyjnym P-79 bloku C-II od komory K-36 do komory K-20

Na wykresie 5.50 przedstawiającym zbiorcze zestawienie wartości temperatury suchej na pasie P-79 bloku C-II w zależności od rodzaju użytych tam wygradzających przestrzeń wyeksploatowaną wynika, że wzrost oporu aerodynamicznego tam powoduje zmniejszenie wartości temperatury suchej na froncie eksploatacyjnym bloku C-II.



Wykres 5.51. Zmiany temperatury powietrza na pasie przycaliznowym P-80 bloku C-II od komory K-36 do komory K-20

Na wykresie 5.51 przedstawiającym zbiorcze zestawienie wartości temperatury suchej na pasie P-80 bloku C-II w zależności od rodzaju użytych tam wygradzających przestrzeń wyeksploatowaną wynika, że wzrost oporu aerodynamicznego tam powoduje zmniejszenie wartości temperatury suchej na froncie eksploatacyjnym bloku C-II.



Wykres 5.52. Wartość entalpii właściwej powietrza wyływającego ze zrobów na pas przyzrobowy P-77

Na wykresie 5.52 przedstawiono wartości entalpii właściwej powietrza wyływającego ze zrobów na pas P-77. Z wykresu wynika, że wraz ze wzrostem oporu aerodynamicznego tam zmniejsza się wartość entalpii powietrza dopływającego z przestrzeni wyeksploatowanej do pasów eksploatacyjnych, a tym samym zmniejsza się ilość ciepła dopływającego do przestrzeni roboczej oddziału.

5.5. Wyznaczenie zależności określającej wartość temperatury suchej powietrza w wyrobiskach wylotowych z bloku C-II frontu eksploatacyjnego oddziału G-61

Dla oceny warunków cieplnych w wyrobiskach stanowiących wylot powietrza dla frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II podjęto próbę wyznaczenia równania na temperaturę suchą powietrza kopalnianego w zależności od wydatku powietrza dolotowego do oddziału i oporu aerodynamicznego tam zastosowanych do oddzielania zrobów.

W systemie obliczeniowym AutoWENT wykonano dodatkowe modele obliczeniowe umożliwiające wyznaczenie niezbędnych wielkości dla określenia równania. Badania symulacyjne wykonano na modelu matematycznym oddziału G-61, w którym zmieniano:

- wartość wydatku powietrza dolotowego do oddziału G-61,
- wartości oporu aerodynamicznego tam wentylacyjnych izolujących zroby.

Otrzymane wartości wyników obliczeń zestawiono w tablicy 5.3.

Tablica 5.3. Wyniki wartości temperatury na wylocie z bloku C-II oddziału G-61 na wysokości komory K-20 w zależności od wartości oporu aerodynamicznego tam i wydatku powietrza dopływającego do oddziału

Lp.	t_s	R	Q	Lp.	t_s	R	Q
	[°C]	[Ns ² /m ⁸]	[m ³ /min]		[°C]	[Ns ² /m ⁸]	[m ³ /min]
1.	34,9	1,965	2885	33.	27,8	60,196	7526
2.	34,1	1,965	3626	34.	27,4	60,196	8285
3.	33,3	1,965	4335	35.	26,9	60,196	9352
4.	32,5	1,965	5148	36.	30,9	86,505	3856
5.	31,7	1,965	6002	37.	29,7	86,505	4869
6.	31,4	1,965	6534	38.	28,8	86,505	5832
7.	30,7	1,965	7411	39.	27,9	86,505	6998

cdn Tablica 5.3.

Lp.	t_s	R	Q
	[°C]	[Ns ² /m ⁸]	[m ³ /min]
8.	34,4	2,774	2985
9.	33,4	2,774	3775
10.	32,6	2,774	4529
11.	31,7	2,774	5454
12.	31,1	2,774	6140
13.	30,8	2,774	6679
14.	30,2	2,774	7580
15.	34,2	3,431	3006
16.	33,3	3,431	3803
17.	32,4	3,431	4567
18.	31,6	3,431	5497
19.	31,0	3,431	6182
20.	30,6	3,431	6728
21.	30,0	3,431	7634
22.	31,8	34,79	3549
23.	30,6	34,79	4504
24.	29,7	34,79	5432
25.	28,9	34,79	6429
26.	28,4	34,79	7127
27.	28,0	34,79	7824
28.	27,5	34,79	8844
29.	31,2	60,196	3744
30.	30,0	60,196	4727
31.	29,1	60,196	5657
32.	28,2	60,196	6779

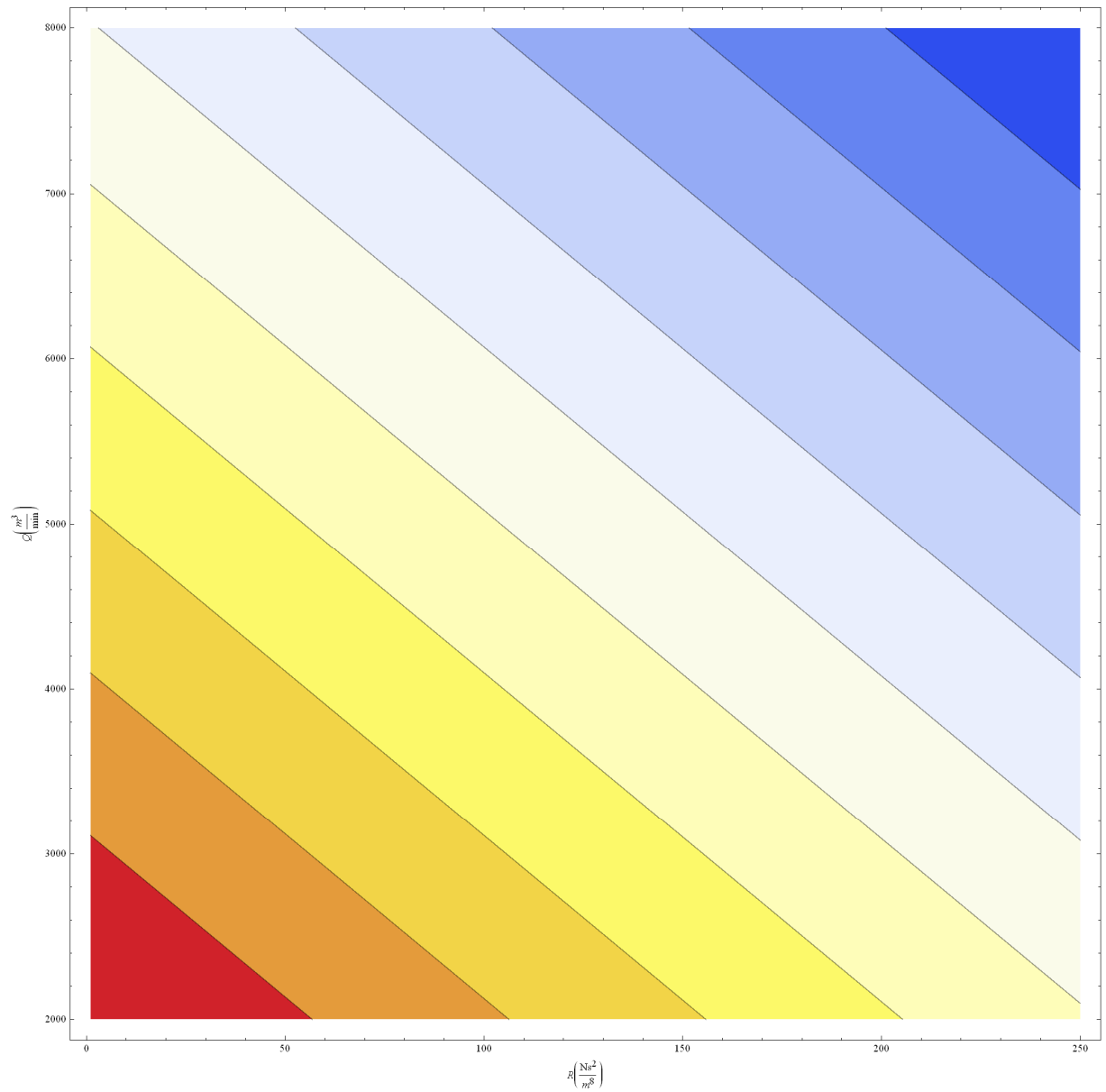
Lp.	t_s	R	Q
	[°C]	[Ns ² /m ⁸]	[m ³ /min]
40.	27,5	86,505	7711
41.	27,1	86,505	8503
42.	26,6	86,505	9591
43.	30,8	100,624	3884
44.	29,6	100,624	4905
45.	28,7	100,624	5872
46.	27,8	100,624	7042
47.	27,3	100,624	7759
48.	27,0	100,624	8562
49.	26,5	100,624	9654
50.	30,4	151,216	4026
51.	29,2	151,216	5084
52.	28,3	151,216	6089
53.	27,5	151,216	7303
54.	27,0	151,216	8005
55.	26,6	151,216	9061
56.	26,2	151,216	9999
57.	30,3	208,163	4083
58.	29,0	208,163	5153
59.	28,1	208,163	6168
60.	27,3	208,163	7392
61.	26,9	208,163	8101
62.	26,5	208,163	9069
63.	26,0	208,163	10124

Programem *Statistica* wyznaczono wartość współczynnika R^2 korelacji wielorakiej dla otrzymanych wyników. Współczynnik R^2 dla otrzymanych zmiennych:

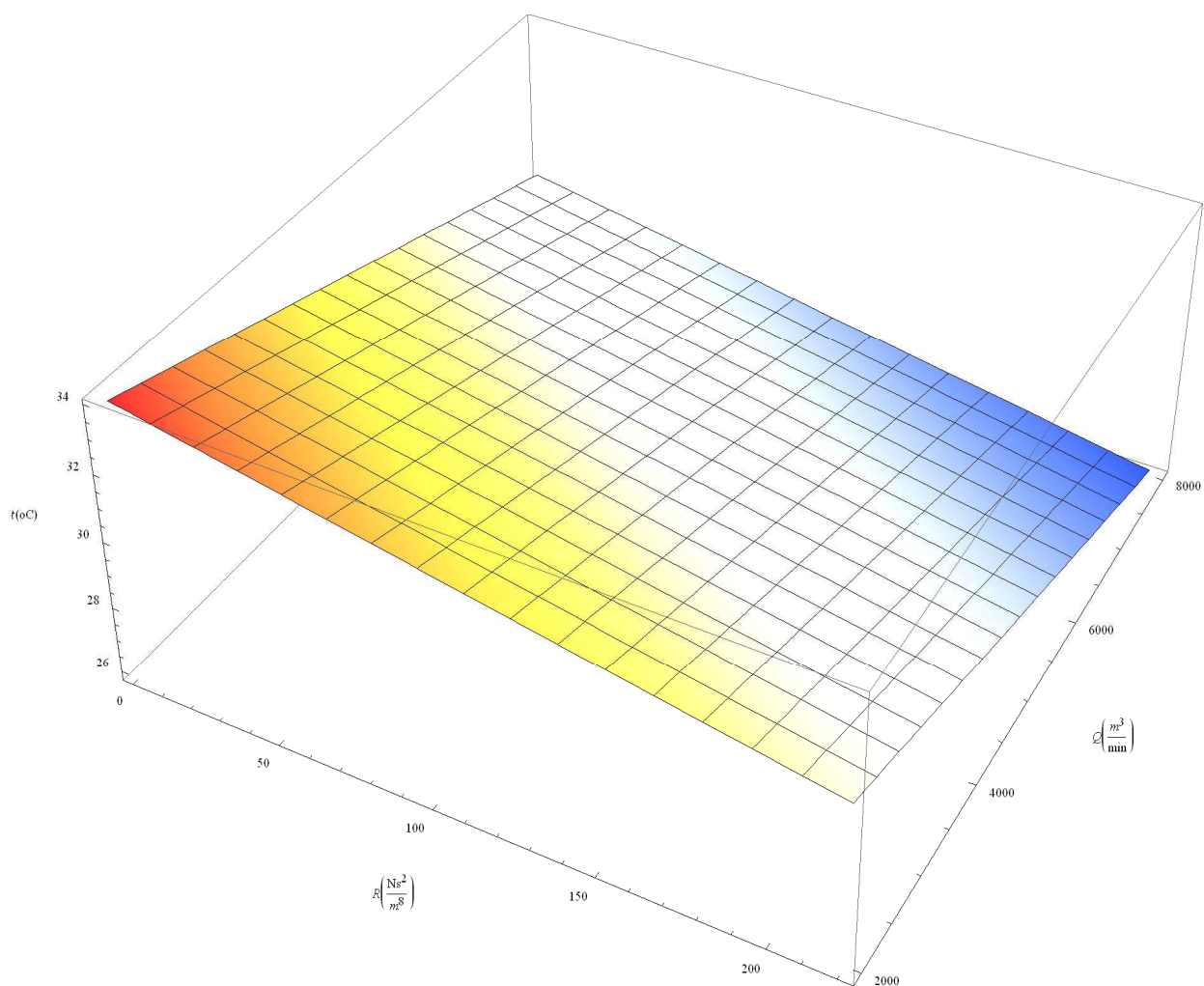
- wartości wydatku powietrza dolotowego do oddziału,
 - wartości oporu aerodynamicznego tam zastosowanych do oddzielania zrobów
- wynosi 0,88. Wartość współczynnika korelacji R^2 świadczy o tym, że wyznaczona zależność zbliżona jest do wartości oczekiwanej.

Programem *Mathematica* (R.Grzymkowski i inni, 2008), którego licencję na użytkowanie posiada dział wentylacji O/ZG "Polkowice-Sieroszowice", dla danych z tablicy 5.3 wyznaczono wykres konturowy 5.53 oraz wykres powierzchniowy 5.54 w zależności od:

- wydatku powietrza dolotowego do oddziału,
- oporu aerodynamicznego tam zastosowanych do izolowania zrobów.



Wykres 5.53. Wykres konturowy zależności temperatury suchej od wydatku powietrza dopływającego do oddziału i wartości oporu aerodynamicznego tam oddzielających zroby



Wykres 5.54. Wykres przestrzenny zależności temperatury suchej od wartości wydatku strumienia powietrza dopływającego do oddziału i wartości oporu tam oddzielających zroby

Z otrzymanych wykresów 5.53 i 5.54 wynika, że zwiększając wydatek powietrza dopływającego do oddziału G-61 i (lub) stosując tamy o większym oporze aerodynamicznym zmniejsza się temperatura sucha powietrza wylotowego z oddziału.

Na podstawie danych z tablicy 5.3 programem *Mathematica* wyznaczono równanie określające zależność temperatury suchej na wylocie frontu eksploatacyjnego oddziału G-61blok C-II, na wysokości komory K-20, w zależności od wartości oporu aerodynamicznego tam oddzielających zroby i wydatku powietrza doprowadzanego do oddziału G-61:

$$t_s = 35.5543 - 0.01555 R - 0.0008 Q \quad (5.10)$$

gdzie:

t_s – temperatura sucha powietrza, °C,

R – opór aerodynamiczny tamy, $\frac{Ns^2}{m^3}$,

Q- wydatek powietrza, $\frac{m^3}{min}$.

Sprawdzenie

Przeprowadzono obliczenia warunków cieplnych za pomocą równania 5.10 dla istniejących oddziałów górniczych. Otrzymane wyniki sprawdzono z wartościami temperatury suchej odnotowanymi w „Głównej książki przewietrzania”. Otrzymane wyniki zestawiono w tabelicy 5.4.

Tablica 5.4. Zestawienie wyników pomiarowych i obliczeniowych

Lp.	Oddział	Data pomiaru	Wyniki z głównej książki przewietrzania		t_s wg. równania 5.10	Różnica wskazań [%]
			t_s	Q	t_s	
			[°C]	[m ³ /min]	[°C]	
1.	G-53 pole B	22.09.2010r.	31,4	6156	30,6	2,5
2.	G-54 blok D1E	22.09.2010r.	28,2	2688	33,3	-18,1
3.	G-61	22.09.2010r.	30,4	7218	29,7	2,3
4.	G-62	23.09.2010r.	31,0	5502	31,1	-0,3
5.	G-63	23.09.2010r.	28,8	7344	29,6	-2,8

Wyznaczone równanie 5.10 może być wykorzystane do prognozowania temperatury suchej na froncie eksploatacyjnym oddziałów górniczych kopalń rud miedzi KGHM „Polska Miedź” S.A., w których jest prowadzona eksploatacja systemem komorowo-filarowym z ugięciem stropu.

5.6. Technologia szczelnego wykonywania tam

Zagwarantowanie temperatur powietrza na poziomie zgodnym z obowiązującymi przepisami, przy stosowaniu systemu komorowo-filarowego z filarem ruchowym zamykającym jest stosowanie odpowiedniego doszczelniania zrobów poeksploatacyjnych. Stosowanie odpowiednich środków technicznych do izolowania zrobów jest jedną z wentylacyjnych metod na doprowadzanie w rejon przodków powietrza o odpowiednich temperaturach zapewniających komfort pracownikom tam zatrudnianym. Oczywiście doszczelnianie zrobów nie zapewni temperatur w wyrobiskach eksploatacyjnych dla każdych warunków zalegania złoża, jedynie przyczyni się do przesunięcia w czasie decyzji o stosowaniu innych środków technicznych takich jak np. termoizolacja wyrobisk i stosowanie klimatyzacji przodkowej czy też centralnej. Stosowanie takiej izolacji w znaczny sposób przyczyni się do obniżenia kosztów przeznaczanych na utrzymanie odpowiednich warunków cieplnych w oddziałach eksploatacyjnych.

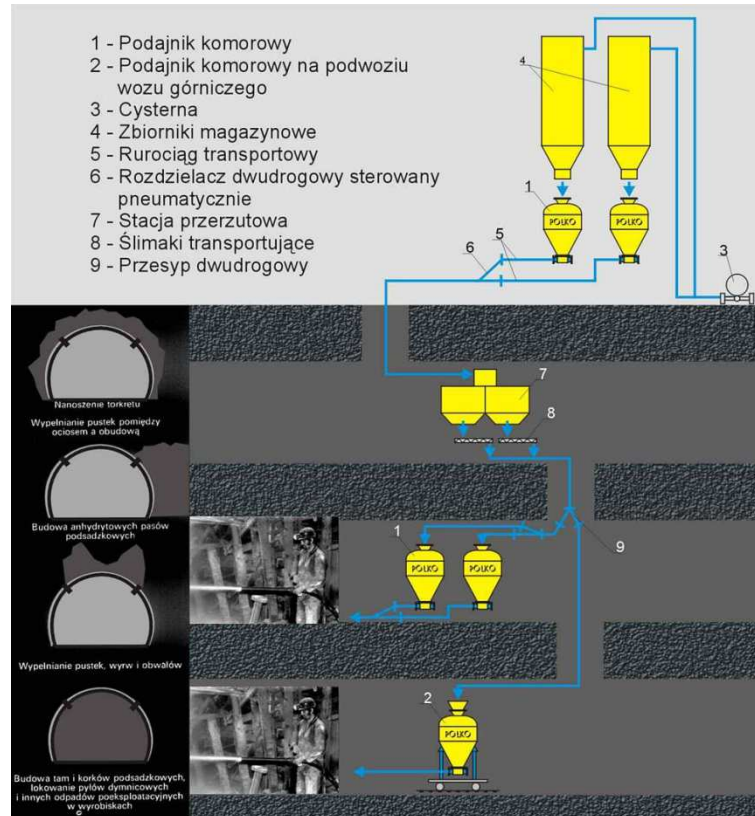
Wskazane jest aby opór aerodynamiczny tam stosowany do izolowania zrobów był jak największy, a teoretycznie zbliżony do nieskończoności. Jednym ze sposobów uzyskania szczelnego wygradzenia przestrzeni wyeksploatowanej jest zastosowanie systemu POLKO do dostarczania odpowiedniej ilości materiału (spoiwa) do miejsc wykonywania tam (podsadzenia wyrobisk) i proponowany mobilny system transportu materiałów do wykonywania szczelnej podsadzki wyrobisk.

5.6.1. System Polko

System POLKO (rys. 5.18) zapewnia poprzez urządzenia transportu pneumatycznego dostarczanie materiału sypkiego – np. spoiwa górniczego w miejsce jego wykorzystania, w tym przypadku wykonywania tam wygradzających zroby lub pasy podsadzkowe. Do głównych podzespołów systemu należą:

- podajniki komorowe o różnych pojemnościach użytecznych,
- rozdzielacze dwudrogowe,
- zamknięcia żaluzjowe,
- przekaźniki ciśnień,
- układy nawilżania,
- układy dosilania,

- ryny aeracyjne,
- zbiorniki magazynowe,
- zawory redukcyjne,
- zawory przeponowe.



Rys. 5.31. System POLKO

Technologia zapewnia w pełni automatyczny sposób transportu materiały sypkiego.

Zalety transportu pneumatycznego:

- małe zapotrzebowanie przestrzeni w przekroju wyrobiska,
- możliwość szybkiej zmiany konfiguracji trasy,
- wytwarzanie spoiw górniczych w miejscu ich stosowania.

Wymienione zalety systemu powodują, że urządzenia systemu POLKO znalazły szerokie zastosowanie w górnictwie. Należy wymienić tu technologię torkretowania, budowy pasów podszalkowych, budowy tam, wypełniania pustek, lokowania sypkich materiałów poprodukcyjnych w wyrobiskach dołowych.

5.6.2. Mobilny system transportu materiałów

Kopalnie należące do KGHM „Polska Miedź” S.A. do eksploatacji, transportu materiałów i pracowników wykorzystuje pojazdy oponowe spalinowe. Oprócz wozów odstawczych, ładowarek łyżkowych, kotwiarek, wiertnic i pojazdów do transportu ludzi występują pojazdy do zastosowań specjalnych. Jednym z takich pojazdów jest samojezdny wóz serwisowy, na którym zamontowana jest sprężarka z niezależnym źródłem zasilania, spawarka, podnośnik nożycowy i przestrzeń do przewozu materiałów. Na podstawie takiego wozu serwisowego i wozu dostawczego (lub ładowarki łyżkowej) można zbudować mobilny system transportu materiałów do wykonywania pasów podsadzkowych.

W odróżnieniu od systemu POLKO, w tym systemie można wykorzystać np. środek dwuskładnikowy (dwie cieczki) ekoflex firmy MINOVA, który po zmieszaniu i podaniu za pomocą pompy w miejsce przeznaczenia tworzy pianę (podobną do piany budowlanej). Transport na dół kopalni odbywałby się za pomocą klatki, środek umieszczony byłby na paletach i złożony na platformie szynowej. Na dole kopalni składowany byłby w komorach magazynowych i pobierany według potrzeb. Dostarczanie materiału w miejsce wykonywania doszczelnień odbywałby się wozami odstawczymi lub ładowarkami łyżkowymi natomiast transport pompy do podawania środka, sprężarki i pracowników odbywałby się wozem serwisowym. Przy tak stworzonej logistyce transportu środków doszczelniających możliwe jest wykonywanie tamowań w dowolnym rejonie kopalni. W systemie POLKO natomiast wykonywanie tamowań odbywać może się tylko w rejonie do którego doprowadzony jest rurociąg. Na fotografii 5.5 przedstawione jest wykonywanie doszczelnienia za i na tamie z urobku. Zdjęcia zrobione podczas testów środka ekoflex przez firmę MINOVA.



Fot. 5.4. Doszczelnienie tam środkiem ekoflex

6. Stwierdzenia i wnioski

Przedstawiony materiał analityczny z przeprowadzonych badań eksperymentalnych i modelowych pozwala na sformułowanie następujących stwierdzeń i wniosków:

1. W kopalniach KGHM „Polska Miedź” S.A. występują trudne warunki cieplne spowodowane wysoką temperaturą pierwotną skał na dużych głębokościach eksploatacji złoża, które wpływają bezpośrednio na zdrowie górników i pośrednio na efekty ekonomiczne działalność górnictwa – wskutek konieczności skracania czasu górników pracy do 6 godzin.
2. W kopalniach dla określania warunków klimatycznych umożliwiających zatrudnianie pracowników w trudnych warunkach cieplnych jest stosowana temperatura zastępczą klimatu, której parametrami są: temperatura sucha powietrza, temperatura wilgotna powietrza oraz prędkości przepływu powietrza. Warunkami brzegowymi, których nie można przekroczyć przy stosowaniu temperatury zastępczej klimatu jest temperatura sucha – maksymalnie 35 °C i temperatura wilgotna – maksymalnie 34 °C.
3. Opanowanie trudnych warunków cieplnych wymaga stosowanie różnorodnych środków technicznych i organizacyjnych.

Głównymi stosowanymi środkami technicznymi są:

- intensywna wentylacja kopalń i rejonów wydobywczych uzyskiwana za pomocą stacji wentylatorów głównych,
- hydroizolacja wyrobisk w celu ograniczenia wilgotności powietrza,
- termoizolacja wyrobisk – obecnie na etapie prób technologicznych,
- zwiększanie wydatku powietrza za pomocą wentylatorów strumieniowych,
- ograniczenie dopływu ciepła do powietrza doprowadzanego do miejsc pracy poprzez niestosowanie urządzeń energo – mechanicznych,
- wyposażanie samojezdnych maszyn górniczych w kabiny klimatyzowane,

- stosowanie lokalnych i centralnych systemów chłodniczych dla obniżenia temperatury powietrza w kopalniach.

Podstawowym środkiem organizacyjnym jest skrócony czas pracy do 6 godzin na zmianę roboczą w oparciu o temperaturę zastępczą klimatu dopuszczającą temperaturę powietrza przekraczającą 33 °C ale nie wyższą niż 35 °C.

4. Temperatury powietrza w miejscach pracy górników zatrudnionych w systemie 6 – godzinnym zbliżone są do maksymalnych, określonych w przepisach górniczych. Prognozowane jest, że w przyszłości nastąpi dalsze pogorszenie warunków cieplnych, co jest związane z prowadzeniem eksploatacji na większych głębokościach i przyrostem temperatury pierwotnej skał górotworu, która osiągnie wartości do 50 °C. Ilość pracowników zatrudnianych w systemie sześciogodzinnym w kopalniach w poszczególnych latach będzie narastać i będzie kształtować się następująco:

Rok	Ilość pracowników	Udział procentowy w całej załodze
2006	910	21,1
2007	977	22,7
2008	1245	28,9
2009	1521	35,4
2010	1728	40,2

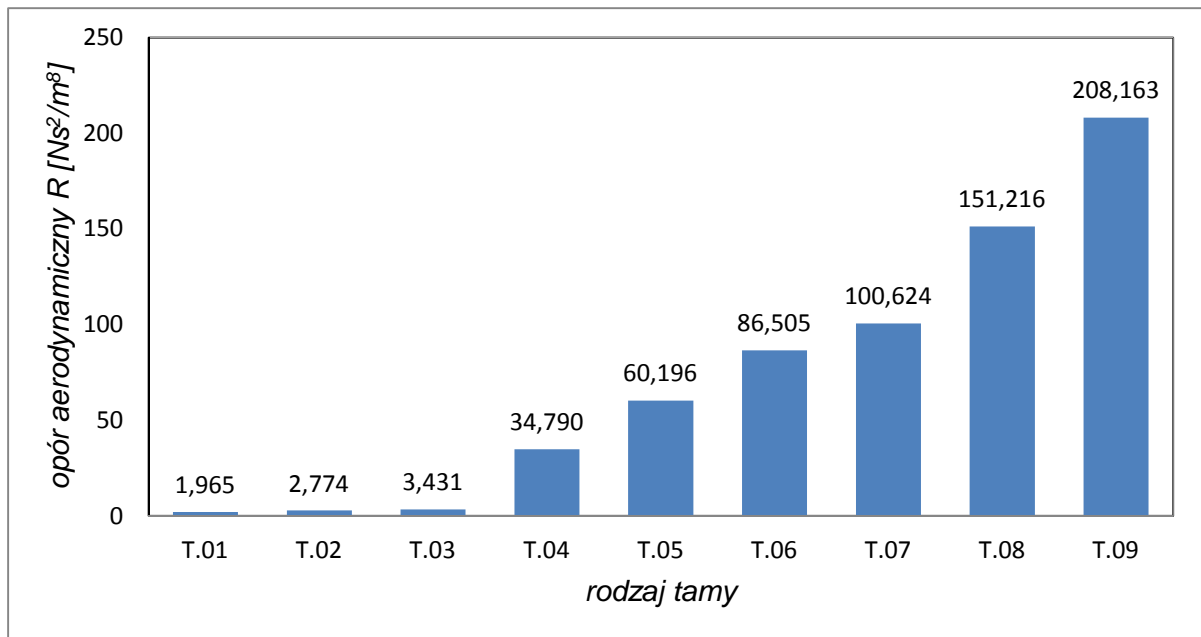
5. Duży wpływ na warunki cieplne w miejscach pracy w rejonach eksploatacyjnych ma znaczny dopływ ciepła ze zrobów poeksploatacyjnych, które w różny sposób są odizolowane tamami od wyrobisk z prądami powietrza doprowadzanego – świeżego. Jedną z możliwości ograniczenia temperatury powietrza w rejonach wydobywczych jest ograniczenie przepływu powietrza przez zroby, co można uzyskać przez stosowanie szczelnych tam izolujących zroby – tam o dużych oporach aerodynamicznych.
6. W pracy wyznaczono eksperymentalnie opory aerodynamiczne tam o różnej konstrukcji izolujących zroby – badaniami objęto następujące konstrukcje tam:

- T.01 – tama z urobku,
- T.02 – tama murowa na urobku,
- T.03 – tama murowa na urobku doszczelniona piachem,
- T.04 – tama murowa o szerokości 24 cm,
- T.05 – tama murowa o szerokości 24 cm jednostronnie rapowana,
- T.06 – tama murowa o szerokości 24 cm dwustronnie rapowana,
- T.07 – tama murowa o szerokości 60 cm,
- T.08 – tama murowa o szerokości 60 cm jednostronnie pokryta tekkflexem,
- T.09 – tama murowa o szerokości 60 cm dwustronnie pokryta tekkflexem.

Na podstawie badań dla tam izolacyjnych od T.01 do T.09 wyznaczono opory aerodynamiczne - tablica 5.2. Wartości oporów aerodynamicznych przedstawiono na wykresie 5.4.

Tablica 5.2. Wyznaczone wartości oporów aerodynamicznych tam izolacyjnych

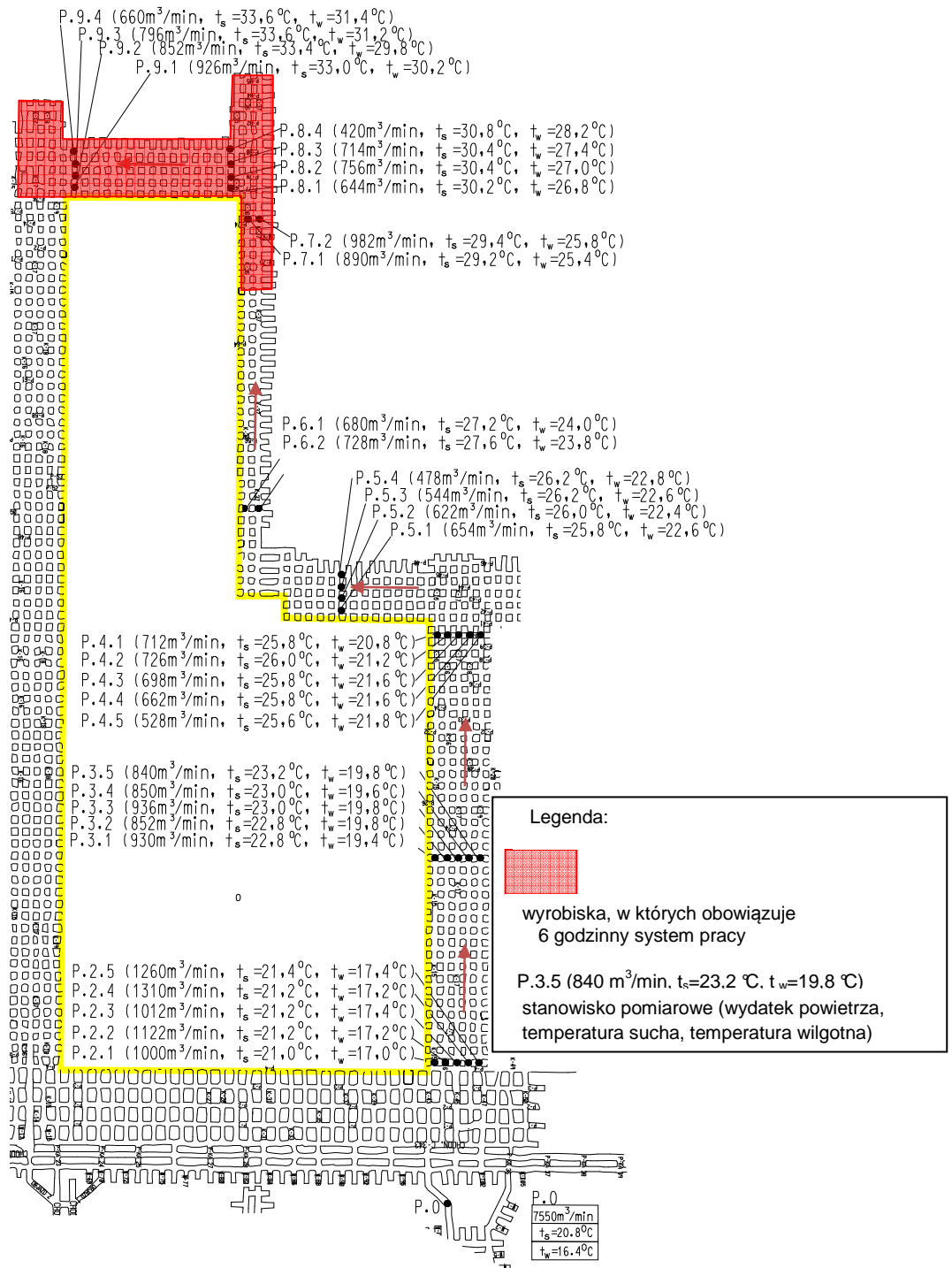
Tama - rodzaj	Spadek ciśnienia powietrza ΔP	Wydatek powietrza Q	Opór aerodynamiczny tamy R
	[Pa]	[m ³ /s]	[Ns ² /m ⁸]
T.01 tama z urobku	9	2,14	1,965
T.02 tama murowa na urobku	12	2,08	2,774
T.03 tama murowa na urobku doszczelniona piachem	14	2,02	3,431
T.04 tama murowa o szerokości 24cm	57	1,28	34,790
T.05 tama murowa o szerokości 24cm jednostronnie rapowana	81	1,16	60,196
T.06 tama murowa o szerokości 24cm dwustronnie rapowana	90	1,02	86,505
T.07 tama murowa o szerokości 60cm	71	0,84	100,624
T.08 tama murowa o szerokości 60cm jednostronnie pokryta tekkflexem	92	0,78	151,216
T.09 tama murowa o szerokości 60cm dwustronnie pokryta tekkflexem	102	0,70	208,163



Wykres 5.4. Wartości oporów aerodynamicznych tam T.01÷T.09

Z przeprowadzonych badań wynika, że najwyższy opór aerodynamiczny wynoszący $208,163 \text{ Ns}^2/\text{m}^8$ można uzyskać w wyniku stosowania tam izolacyjnych wykonanych z suporeksu o szerokości 60 cm dwustronnie pokrytej tekkflexem.

7. Badania eksperymentalne emisji ciepła ze zrobów poeksploatacyjnych do wyrobisk eksploatacyjnych przeprowadzono w typowym dla kopalni Polkowice – Sieroszowice rejonie wentylacyjnym, którym był oddział eksploatacyjny G-61, a urabianie rudy miedzi było prowadzone systemem komorowo-filarowym z ugięciem stropu.
8. Przeprowadzono pomiary wentylacyjne w rejonie oddziału G-61 blok C-II, które pozwoliły określić stan warunków cieplnych w rejonie eksploatacyjnym. Pomiary wykazały, że do rejonu dopływa powietrze o wydatku $7550 \text{ m}^3/\text{min}$ o temperaturze suchej $20,8 \text{ }^\circ\text{C}$. Na froncie eksploatacyjnym temperatury suche powietrza wynoszą od $30,8 \text{ }^\circ\text{C}$ do $33,6 \text{ }^\circ\text{C}$ (rys. 4.5). Temperatury te pozwalają zatrudniać pracowników jedynie w systemie 6-godzinnym.



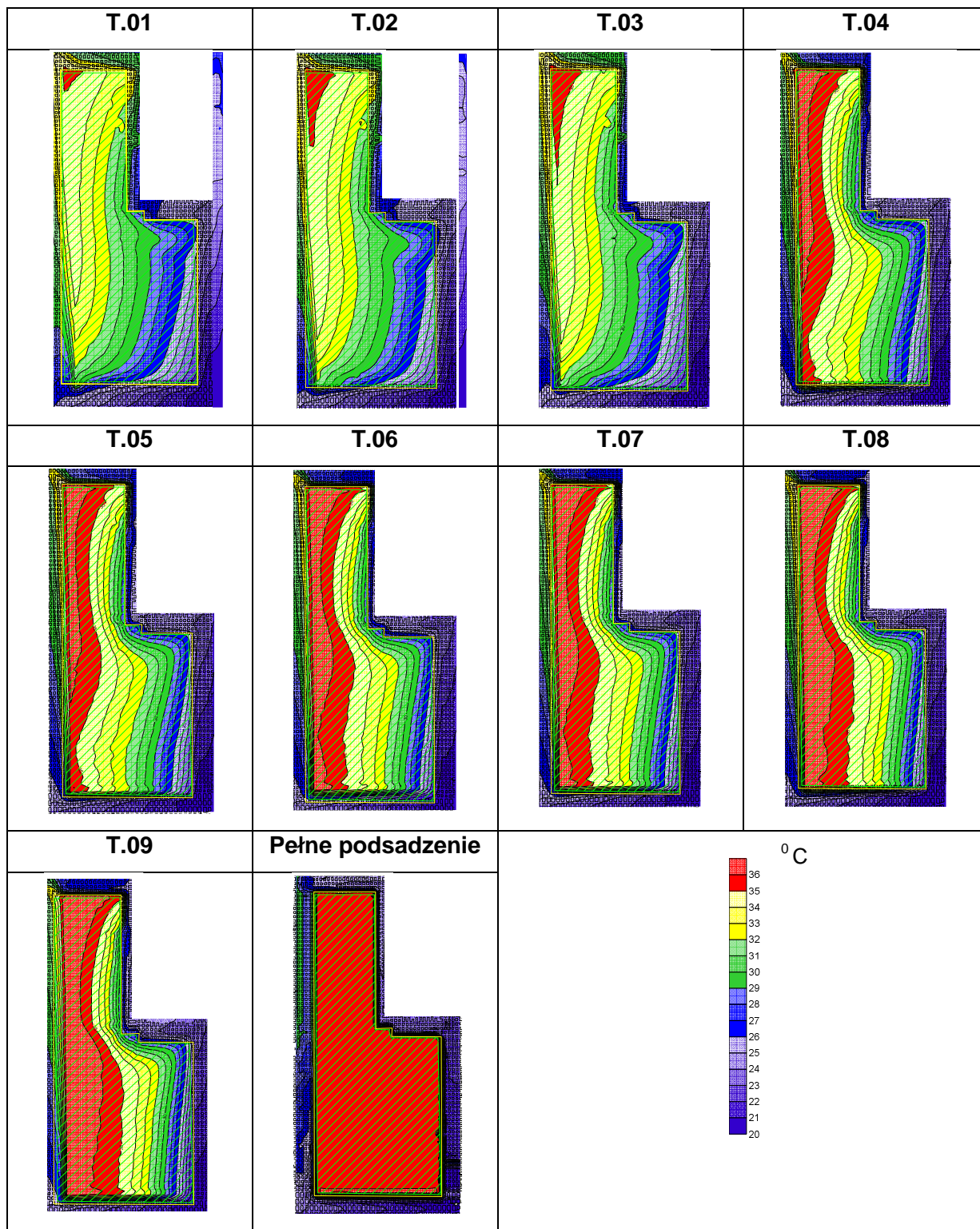
Rys. 4.5. Pomiary wentylacyjne w rejonie oddziału G-61 blok C-II wraz z rozmieszczeniem stanowisk pomiarowych z dnia 07.10.2007r.

9. Dla oceny wpływu tamowania zrobów poeksploatacyjnych na wielkość emisji ciepła do komór eksploatacyjnych i warunki cieplne w rejonie wentylacyjnym zastosowano metodę badań modelowych za pomocą pakietu AutoWENT, opracowanych przez Politechnikę Wrocławską (F.Rosiek i inni, 1999).

W oparciu o model geometryczny i pomiary wentylacyjne wykonane w oddziale G-61 blok C-II w dniu 07.10.2007r. opracowano model matematyczny. Programem AutoWENT przeprowadzono symulację zmian oporów aerodynamicznych tam izolujących zroby i badanie wpływu tych zmian na warunki ciepłe w oddziale wydobywczym, szczególnie na froncie eksploatacyjnym bloku C-II.

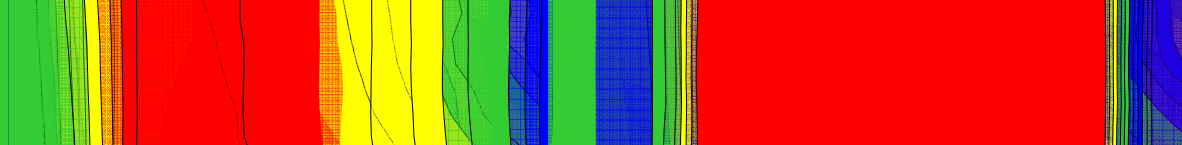
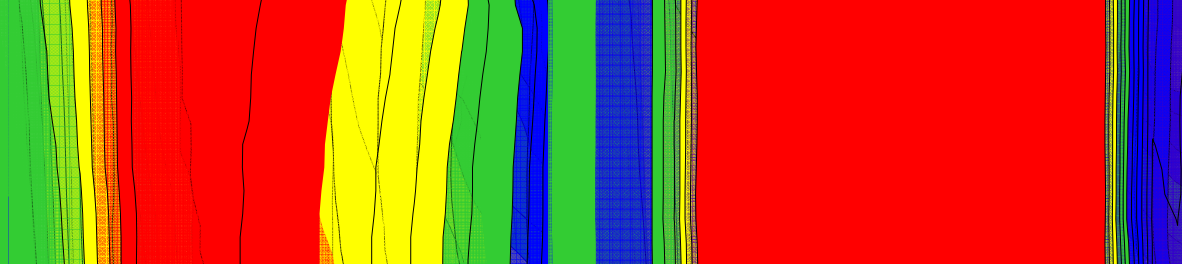
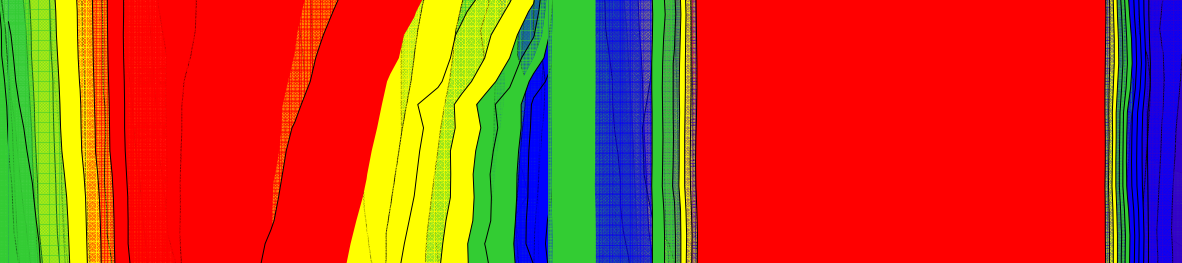
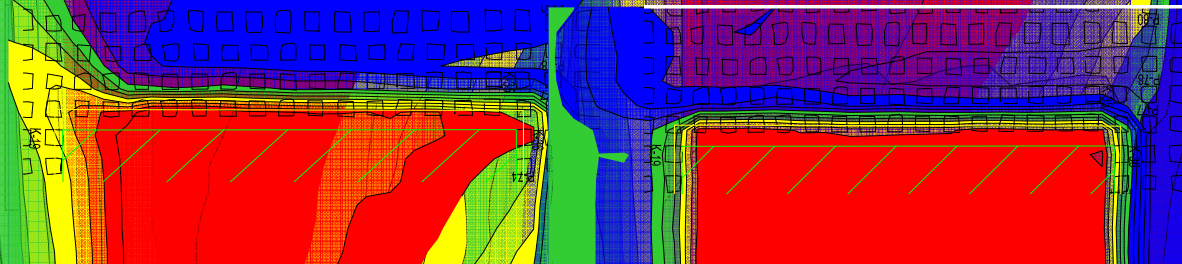
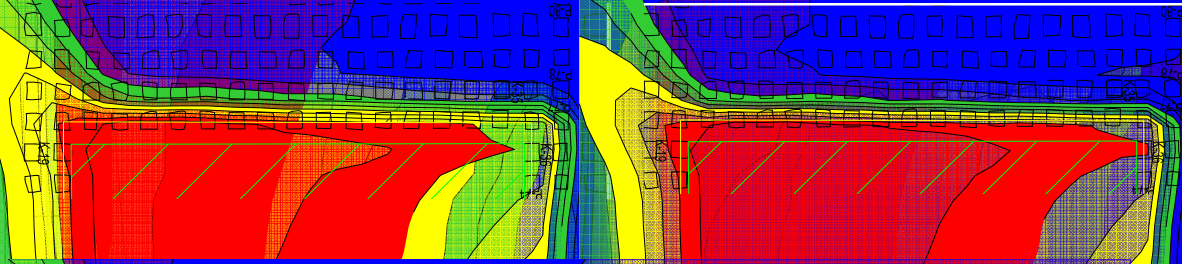
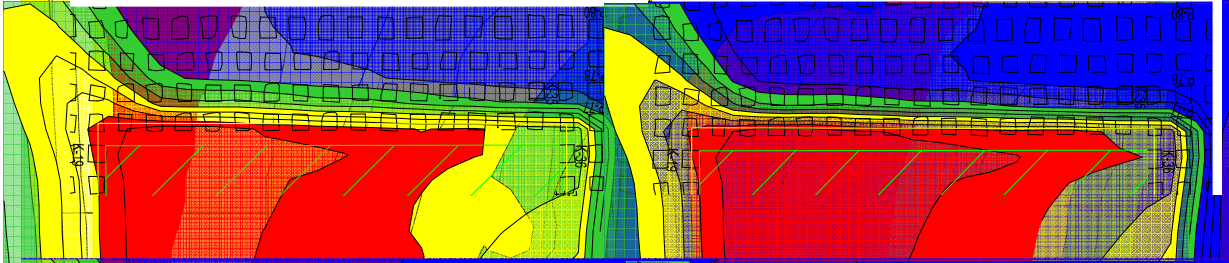
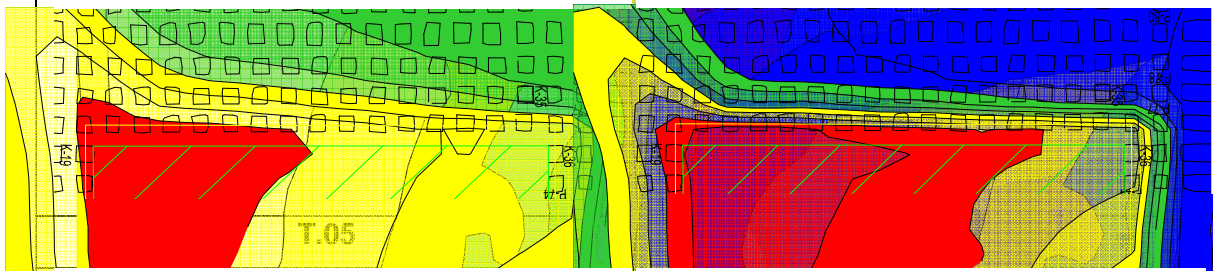
10. Przeprowadzona weryfikacja porównawcza wyników badań eksperymentalnych z wynikami badań modelowych dla rejonu oddziału G-61 blok C-II wykazała niewielkie różnice w wielkościach przepływów powietrza i rozkładach temperatur, w związku z czym uznano, że model matematyczny oddziału eksploatacyjnego przyjęty w pakiecie AutoWENT poprawnie odzwierciedla warunki wentylacyjno-klimatyczne i może być zastosowany do badań symulacyjnych.
11. Badania symulacyjne warunków cieplnych rejonu oddziału G-61 bloku C-II zostały przeprowadzone dla 10 wariantów różniących się wyznaczonymi oporami aerodynamicznymi tam izolujących zroby:
 - T.01 – zroby wyizolowane tamami z urobku,
 - T.02 – zroby wyizolowane tamami murowymi na urobku,
 - T.03 – zroby wyizolowane tamami murowymi na urobku doszczelnione piachem,
 - T.04 – zroby wyizolowane tamami murowymi o szerokości 24 cm,
 - T.05 – zroby wyizolowane tamami murowymi o szerokości 24 cm jednostronnie rapowanymi,
 - T.06 – zroby wyizolowane tamami murowymi o szerokości 24 cm dwustronnie rapowanymi,
 - T.07 – zroby wyizolowane tamami murowymi o szerokości 60 cm,
 - T.08 – zroby wyizolowane tamami murowymi o szerokości 60 cm jednostronnie pokrytymi tekkflexem,
 - T.09 – zroby wyizolowane tamami murowymi o szerokości 60 cm dwustronnie pokrytymi tekkflexem,
 - T.10 – zroby wyizolowano w wyniku zastosowania podsadzki hydraulicznej – piaskowej.

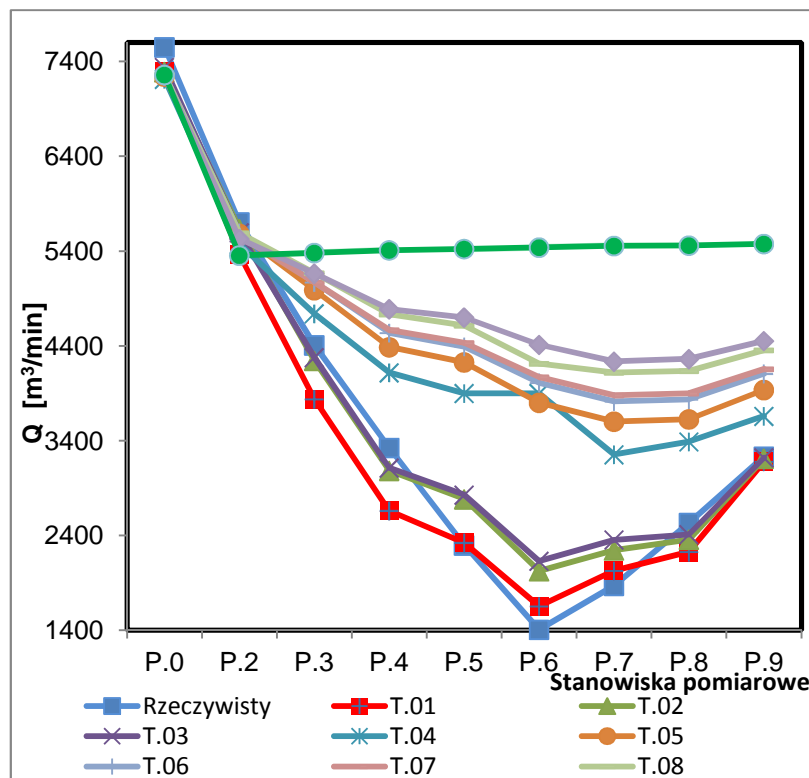
Wyznaczone badaniami symulacyjnymi rozkłady temperatur w rejonie oddziału G-61 blok C-II/C-III przedstawiają rys.5.29 i rys.5.30, z których wynika, że wraz ze wzrostem wartości oporów aerodynamicznych tam izolujących zroby wzrastają wartości temperatur powietrza w zrobach, natomiast temperatury na froncie eksploatacyjnym ulegają obniżeniu.



Rys. 5.29. Zestawienie rozkładów temperatury w oddziale górniczym G-61 blok C-II

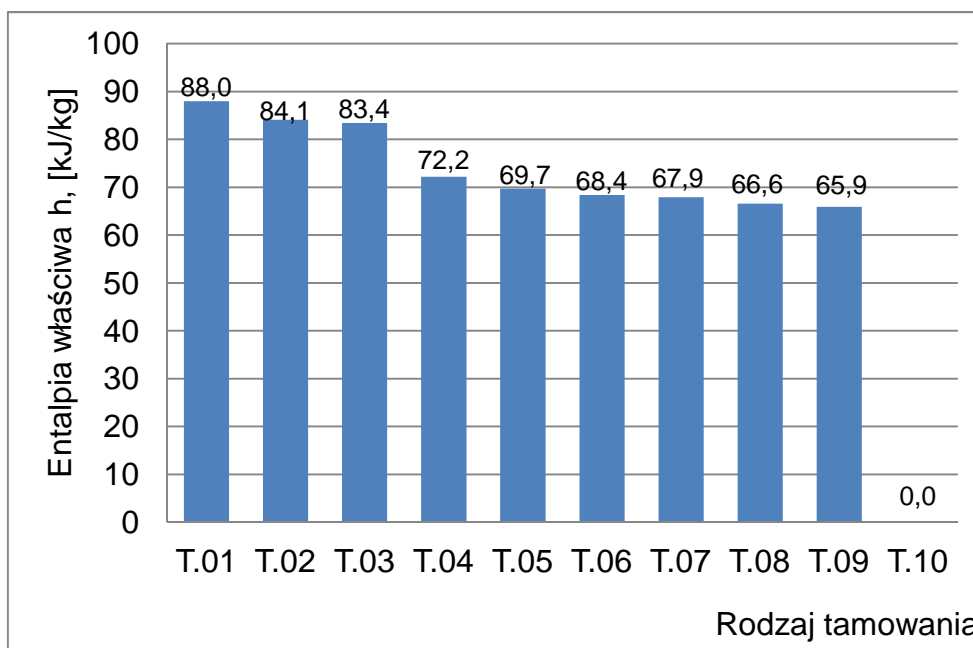
T.01 T.02





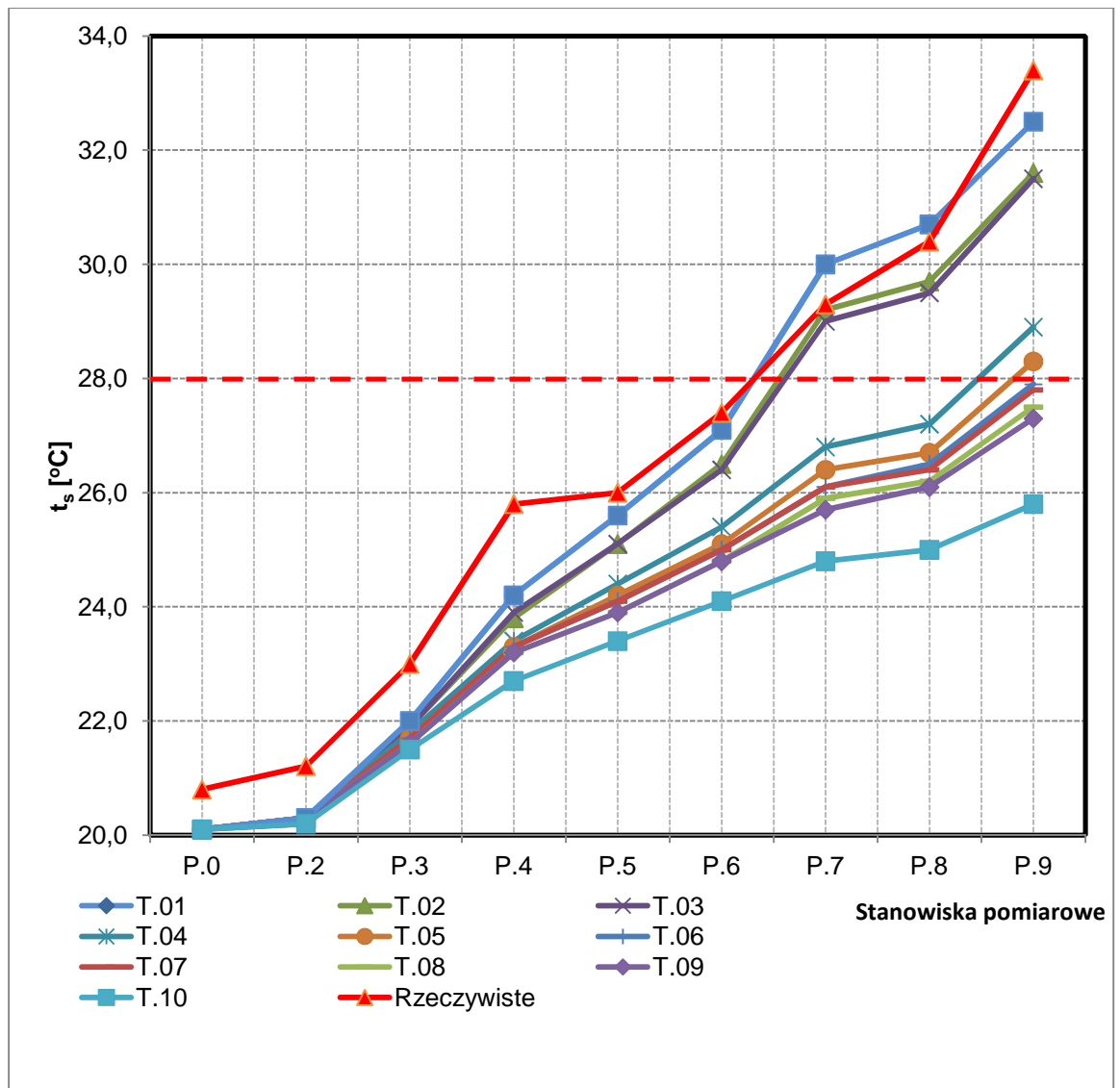
Wykres 5.45. Zmiany wartości wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych w zależności od oporu aerodynamicznego tam

b) zmniejsza się wartość entalpii właściwej powietrza w przestrzeni wyeksploatowanej przy pasach eksploatacyjnych (wykres 5.52), następuje wzrost entalpii właściwej w zrobach i występuje mniejsza emisja ciepła do frontu eksploatacyjnego ze zrobów,



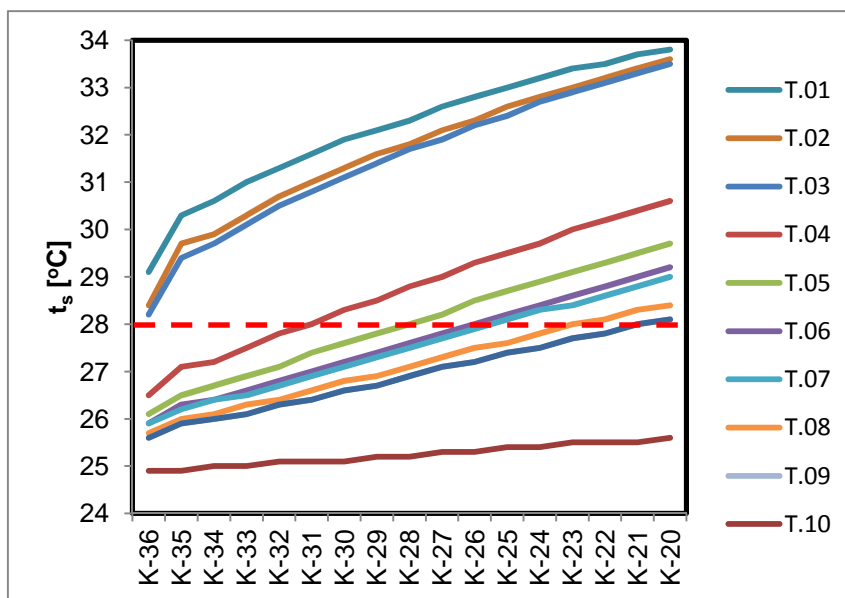
Wykres 5.52. Wartość entalpii właściwej powietrza wpływającego ze zrobów na pas przyzrobowy P-77

c) maleje wartość temperatury na drodze przepływu powietrza (wykres 5.47), np. na linii pomiarowej P.7 (wlot na oddział G-61 blok C-II) temperatura maleje z 30,0 °C przy tamowaniu T.01 do 26,1 °C dla wariantu T.09 oraz do 24,8 °C przy tamowaniu T.10,

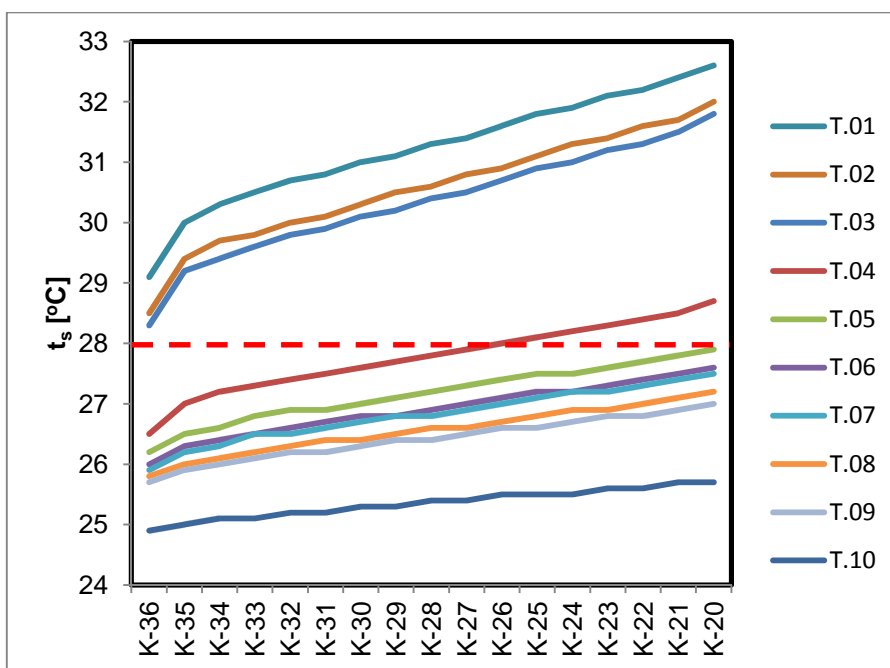


Wykres 5.47. Zmiany wartości temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych

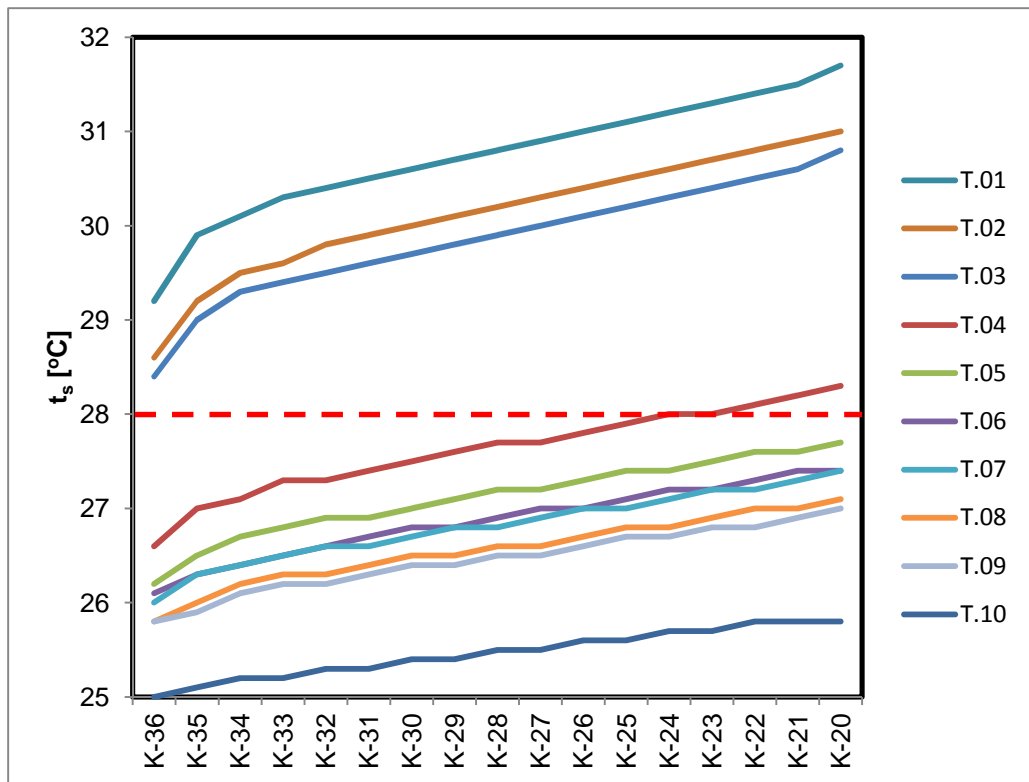
d) maleje temperatura na poszczególnych pasach eksploatacyjnych oddziału G-61 blok C-II, np. temperatura na wylocie z oddziału G-61 blok C-II obniża się z 32.5 °C dla wariantu T.01 do 27.3 °C dla wariantu T.09 i do 25,8 °C dla wariantu T.10, co pozwala już od wariantu tamowania T.08 stosować 8 godzinny system pracy w całym bloku C-II oddziału G-61, a zmiany temperatury powietrza dla poszczególnych wariantów tamowania pokazane są na wykresach 5.49, 5.50, 5.51 i 5.52.



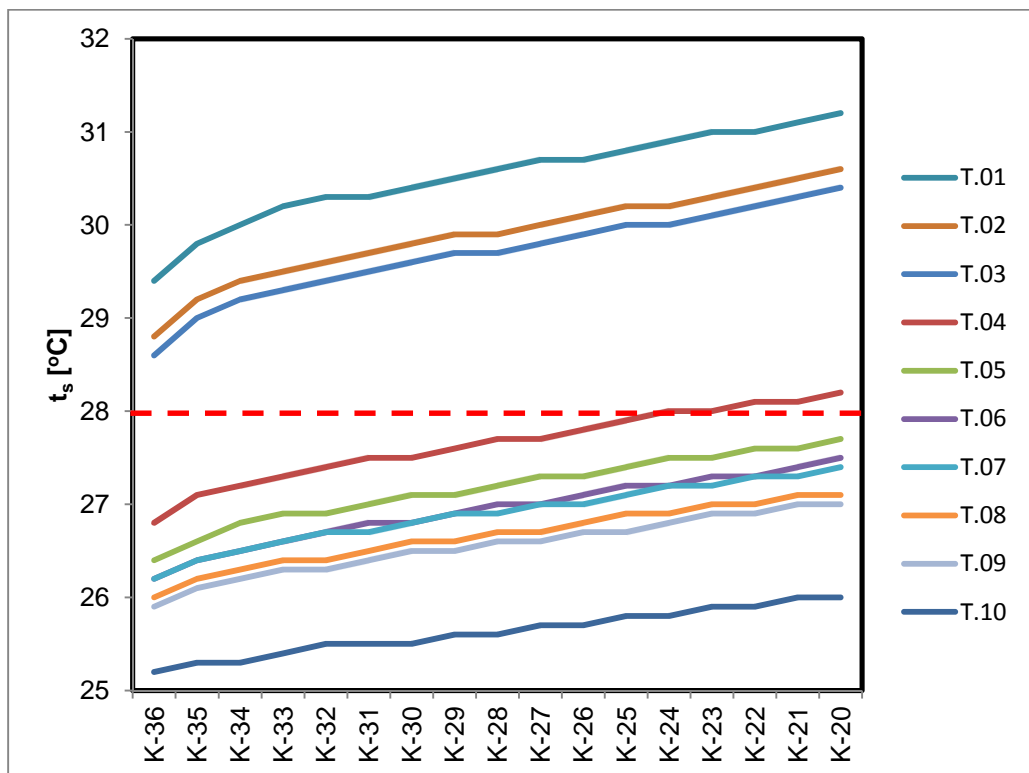
Wykres 5.49. Zmiany temperatury powietrza na pasie przyzobowym P-77 bloku C-II od komory K-36 do komory K-20



Wykres 5.50. Zmiany temperatury powietrza na pasie komunikacyjnym P-78 bloku C-II od komory K-36 do komory K-20



Wykres 5.51. Zmiany temperatury powietrza na pasie komunikacyjnym P-79 bloku C-II od komory K-36 do komory K-20



Wykres 5.52. Zmiany temperatury powietrza na pasie przycaliznowym P-80 bloku C-II od komory K-36 do komory K-20

13. Przy pomocy programu Mathematica, wyznaczono równanie przedstawiające zależność temperatury suchej (t_s) na wylocie z frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 bloku C-II od wartości wydatku powietrza (Q) dopływającego do oddziału G-61 i wartości oporów aerodynamicznych (R) tam izolujących zroby:

$$t_s = 35.5543 - 0.01555 R - 0.0008 Q \quad (5.10)$$

14. Przeprowadzone obliczenia warunków cieplnych za pomocą równania 5.10 dla istniejących oddziałów górniczych wykazały dużą zbieżność z wynikami pomiarów z głównej książki przewietrzania – tablica 5.4, co wskazuje na możliwość zastosowania ich dla prognozowania temperatur w oddziałach górniczych kopalń KGHM „Polska Miedź” S.A., w których prowadzona jest eksploatacja systemem komorowo-filarowym z ugięciem stropu.

Tablica. 5.4. Zestawienie wyników pomiarowych i obliczeniowych

Lp.	Oddział	Data pomiaru	Wyniki z głównej książki przewietrzania		t_s wg. wzoru 5.10	Różnica wskazań
			t_s	V	t_s	
			[°C]	[m ³ /min]	[°C]	[%]
1.	G-53 pole B	22.09.2010r.	31,4	6156	30,6	2,5
2.	G-54 blok D1E	22.09.2010r.	28,2	2688	33,3	-18,1
3.	G-61	22.09.2010r.	30,4	7218	29,7	2,3
4.	G-62	23.09.2010r.	31,0	5502	31,1	-0,3
5.	G-63	23.09.2010r.	28,8	7344	29,6	-2,8

15. W górnictwie możliwe jest zastosowanie technologii budowy tam izolujących zroby dla ograniczenia przepływu ciepła przez nie (np. tamy izolacyjne, korki podsadzkowe), a także znanych technologii umożliwiających podsadzenie zrobów (np. hydrauliczne podsadzenie zrobów). Przedstawione dwie technologie szczelnego wykonywania tam izolacyjnych, które zapewniają bardzo szczelne wyizolowanie zrobów. Najbardziej znanymi i efektywnymi w kopalni są technologie bazujące na systemie Polko oraz mobilnym systemie transportu materiałów. Stosowanie tych technologii i zaproponowanych w nich materiałów pozwala na uzyskanie dużych oporów

aerodynamicznych tam, co ogranicza przepływ, a tym samym zmniejsza migrację ciepła ze zrobów do przestrzeni roboczej.

16. Najbardziej skutecznym sposobem ograniczania emisji ciepła ze zrobów jest zastosowanie całkowitego podsadzenia zrobów (np. piaskiem, pyłem dymnicowym), co powoduje zwiększenie oporów aerodynamicznych zrobów, ich szczelności i praktycznie zmniejszenie do zera emisji ciepła ze zrobów do przestrzeni roboczej. Istnieją znane powszechnie instalacje podsadzania z powierzchni do oddziałów górniczych – np. system podsadzania w kopalni „Rudna”.
17. Zastosowanie w kopalniach KGHM „Polska Miedź” S.A. technologii tamowania zrobów tamami o dużych oporach aerodynamicznych może przyczynić się do poprawy warunków cieplnych, co będzie skutkowało efektami zdrowotnymi i ekonomicznymi (ograniczenie nakładów inwestycyjnych na realizację przedsięwzięć związanych z klimatyzacją centralną i lokalną oraz możliwość stosowania 8 godzinowego systemu pracy w oddziałach górniczych).
18. Przedstawione badania eksperymentalne, modelowe i symulacyjne potwierdzają poprawność przyjętych tez w pracy doktorskiej.

Literatura

1. Bystroń H., Knechtel J. (1987): „Dobór środków prewencji zagrożenia temperaturowego w wyrobiskach drążonych kombajnami chodnikowymi”, Budownictwo Węglowe, Projekty, Problemy, nr 0003.
2. Bystroń H., Markefka P. (1984): „Rozwiązania klimatyzacji dla robót przygotowawczych i eksploatacyjnych”, Budownictwo Węglowe, Projekty, Problemy, nr 0004.
3. Bystroń H. (1981): „Metoda regulacji systemu przewietrzania generującego depresję cieplną”, Archiwum Górnictwa, t. 026, nr 0004.
4. Bystroń H. (1981): „Parametry termiczne powietrza suchego w projektowanej kopalni podziemnej”, Archiwum Górnictwa, t.026, nr 0002.
5. Bystroń H. (1982): „Podstawowe pojęcia i związki opisujące quasi-stacjonarny przepływ powietrza wilgotnego wyrobiskiem górniczym w kopalni podziemnej”, Przegląd Górniczy, t.038.
6. Bystroń H., Knechtel J., Markefka P. (1993): „Przybliżony wskaźnik obciążenia termicznego górników w gorących miejscach pracy”, Bezpieczeństwo Pracy i Ochrony Środowiska w Górnictwie, nr 4.
7. Bystroń H., Knechtel J., Markefka P. (1993): „Kryteria oceny ciepłych warunków pracy górniczej”, Praca Badawcza GIG.
8. Bystroń H., Knechtel J., Markefka P., Słowik S., Zgoła B. (1991): „Modelowe rozwiązania klimatyzacyjne dla robót korytarzowych i oddziałów wydobywczych”, Praca Badawcza GIG.
9. Bystroń H. (1994): „Badanie przepływów powietrza nie rozgałęzionymi lutniociągami funkcjonującymi w kopalniach podziemnych”, Archiwum Górnictwa, t.39, nr 1.
10. Bystroń H. (1995): „Badanie przepływów powietrza wilgotnego z wymianą masy, pędu i energii w obszarze sieci wentylacyjnych kopalń podziemnych”, Archiwum Górnictwa, t.40, nr 4.
11. Bystroń H. (1997): „Badanie przepływów powietrza wilgotnego z wymianą masy, pędu i energii w obszarze wyrobisk górniczych drążonych z zastosowaniem lutniowych systemów wentylacyjnych”, Archiwum Górnictwa, nr 2.
12. Bystroń H. (2001): „Określenie wąskich dróg powietrza w systemach wentylacji kopalń”, Przegląd Górniczy, nr 12.
13. Bystroń H. (2009): „Termodynamiczna i klasyfikacyjna ocena stanu bezpieczeństwa systemu wentylacji kopalni”, Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 12.
14. Cygankiewicz J., Holek S. (1992): „Kryteria oceny zagrożenia klimatycznego w kopalniach zachodnich”, Materiały Konferencyjne, GIG.
15. Cygankiewicz J., Knechtel J., Waclawik J. (1994): „Czynniki kształtujące warunki klimatyczne w wyrobiskach eksploatacyjnych”, Archiwum Górnictwa, t.39, nr 4.
16. Cygankiewicz J., Knechtel J., Waclawik J. (1997): „Ocena ciepłych warunków pracy w wyrobiskach kopalnianych”, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Szczyrk.
17. Frycz A., (1981): „Klimatyzacja kopalń”, Wydawnictwo Śląsk, Katowice 1981.

18. Frycz A., Fraczek R. (1978): „Czynnik wentylacji i klimatyzacji w koncepcyjnym projektowaniu kopalń głębokich”, *Przegląd Górniczy*, t.034, nr 0011.
19. Frycz A., Fraczek R. (1979): „Sposób prognozowania temperatury powietrza w wyrobiskach przygotowawczych, w których przewiduje się zastosowanie maszyny chłodniczej WK-120S”, *Przegląd Górniczy*, t.035, nr 005.
20. Frycz A., Domagała L. (1990): „Efekty energetyczne chłodnic powietrza GCCP-115N i ich rzeczywista charakterystyka badana w warunkach dołowych”, *Wiadomości Górnicze*, nr 2-3.
21. Frycz A., Drenda J. (1990): „Ocena warunków klimatycznych w kopalni w oparciu o wskaźnik dyskomfortu cieplnego”, *Wiadomości Górnicze*, nr 1.
22. Frycz A., Drenda J. (1994): „Wskaźnik dyskomfortu cieplnego jako parametr do określania warunków klimatycznych w warunkach górniczych”, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, nr 221.
23. Frycz A., Kolarczyk M., Litwin J., Płonka A. (1986): „Obniżenie temperatury powietrza w przodku wyrobiska korytarzowego przez zastosowanie nawilżania w lutniociągu”, *Przegląd Górniczy*, t.042, nr 002.
24. Frycz A., Kolarczyk M., Urbaniak M. (1989): „Uwagi do sposobów instalowania chłodziarek powietrza w wyrobiskach z wentylacją odrębną przy stosowaniu zasadniczego lutniociągu tłoczącego”, *Bezpieczeństwo Pracy*, nr 4.
25. Frycz A., Kropsz K., Biernacki K. (1981): „Badania zależności współczynnika oporu od liczby Reynoldsa dla niektórych górniczych wyrobisk korytarzowych”, *Przegląd Górniczy*, t.037, nr 0001.
26. Frycz A. (1984): „Problemy związane z poprawą warunków klimatycznych w kopalniach głębokich, Projekty, Problemy, nr 0004.
27. Frycz A. (1998): „Przegląd światowych metod klimatyzacji kopalń pod kątem adaptacji dla systemów eksploatacji w górnictwie rud miedzi”, *CUPRUM*, nr 9.
28. Frycz A. (1989): „Zwalczanie zagrożenia temperaturowego w kopalniach”, *Zeszyty Naukowe AGH*, nr 143.
29. R.Grzymkowski; A.Kapusta; T.Kuboszek; D.Słota (2008): „Mathematica 6”, *Pracownia Komputerowa JS*.
30. Knechtel J., Słowik S. (2003): „Zastosowanie metod statystycznych do określenia zawilżenia powietrza w chodnikach przyścianowych z odstawą urobku”, *Mechanizacja i Automatyzacja Górnicza*, nr 6.
31. Knechtel J. (2005): „Badanie nad możliwością wykorzystania ciepła geotermalnego wynoszonego z powietrzem kopalnianym na powierzchnię”, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*.
32. Knechtel J. (2006): „Badanie zagrożenia klimatycznego w wyrobiskach „wirtualnego” oddziału wydobywczego, w którym prowadzona jest eksploatacja podziemowa”, *Mechanizacja i Automatyzacja Górnicza*.
33. Knechtel J. (2003): „Doświadczenia kopalni „Jas-Mos” w klimatyzacji rejonów o podwyższonej temperaturze”, *Wiadomości Górnicze*, nr 1.
34. Knechtel J. (1984): „Metoda prognozowania temperatury i wilgotności powietrza w wyrobiskach rozgałęzionych z lutniociągami nierozgałęzionymi”, *Przegląd Górniczy*, t.040, nr 0002.
35. Knechtel J. (1980): „Metody prognozowania temperatury i wilgotności powietrza w ślepych wyrobiskach górniczych”, *Przegląd Górniczy*, t.036, nr 0004.

36. Knechtel J. (1993): „Metoda prognozowania parametrów mikroklimatu wyrobisk z tłoczącą wentylacją lutniową, uwzględniającą teorię potencjału wilgoci”, Prace Naukowe GIG, nr 780.
37. Knechtel J. (2005): „Opracowanie podstaw schematu temperaturowego kopalnianej sieci wentylacyjnej i jego zastosowanie do oceny i zwalczania zagrożenia klimatycznego w kopalni głębokiej”, Prace Naukowe GIG, nr 1.
38. Knechtel J. (1999): „Opracowanie rozwiązań zmniejszających koszty i poprawiających efektywność klimatyzacji w kopalniach”, materiały z konferencji „Najnowsze osiągnięcia w zakresie przewietrzania kopalń oraz zwalczania zagrożeń pożarowych, gazowych i klimatycznych”, Szczyrk.
39. Knechtel J. (1983): „Problemy pracy górników w warunkach podwyższonych temperatur”, Wiadomości Górnicze, nr 0005.
40. Knechtel J. (2008): „Prognozowanie przyrostu stopnia zawilżenia powietrza w chodnikach podścianowych z odstawą urobku”, Prace Naukowe GIG.
41. Knechtel J. (2002): „Prognozowanie zawilżenia powietrza w wyrobiskach eksploatacyjnych z wykorzystaniem metod statystycznych”, Szkoła Aerologii Górniczej, Kraków.
42. Knechtel J. (2004): „Propozycja nowego kryterium oceny ciepłych warunków pracy w podziemnych kopalniach węgla kamiennego”, Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa, nr 3.
43. Knechtel J. (2004): „Próba określenia wpływu temperatury pierwotnej skał na wielkość strumienia wilgoci wnikażącej do powietrza kopalnianego na podstawie wyników pomiarów dołowych”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, nr 261.
44. Knechtel J. (2007): „Przewidywane zagrożenia klimatyczne w kopalniach i związane z tym zapotrzebowanie na moc chłodniczą”, Prace Naukowe GIG, nr 1.
45. Knechtel J. (2000): „Rozwiązania obniżające koszty klimatyzacji w kopalniach”, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Szczyrk.
46. Knechtel J. (2006): „Specyfikacja opanowania zagrożenia klimatycznego przy podziemnym wybieraniu złoża węgla”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, nr 273.
47. Knechtel J. (1992): „Stan zagrożenia klimatycznego w polskich kopalniach PW i stosowane środki prewencji”, Materiały konferencyjne, Katowice.
48. Knechtel J. (1998): „Wpływ termoizolacji ścian wyrobiska na temperaturę powietrza w tym wyrobisku”, Archiwum Górnictwa, nr 4.
49. Knechtel J. (2006): „Uwagi na temat możliwości wykorzystania ciepła kondensacji urządzeń chłodniczych”, 4 Szkoła Aerologii Górniczej.
50. Knechtel J. (2006): „Wpływ głębokości eksploatacji na wzrost zagrożenia klimatycznego w kopalniach węgla kamiennego”, konferencja Górnicze Zagrożenia Naturalne, Ustroń.
51. Knechtel J. (2009): „Wpływ sposobu rozłożenia mocy chłodniczej na warunki klimatyczne w oddziale wydobywczym o skrajnie trudnych warunkach geotermicznych”, 5 Szkoła Aerologii Górniczej, Wrocław.
52. Knechtel J. (2001): „Wpływ temperatury pierwotnej skał na stan zagrożenia klimatycznego w wyrobiskach górniczych kopalń węgla”, Technika Poszukiwań Geologicznych, Geosynoptyk i Geotermia, nr 5.
53. Knechtel J. (2005): „Wpływ temperatury pierwotnej skał i warunków przewietrzania na strumienie ciepła i wilgoci płynące z górotworu do

- wyrobiska”, 10 Sesja Międzynarodowego Biura Termofizyki Górniczej, Gliwice.
54. Knechtel J. (2005): „Wpływ temperatury pierwotnej górotworu na zmiany wilgotności powietrza kopalnianego”, Wiadomości Górnicze, nr 10.
 55. Knechtel J. (2007): „Współczesne kryteria oceny parametrów mikroklimatu środowiska pracy”, Prace Naukowe GIG, nr IV.
 56. Knechtel J. (2000): „Wyznaczenie potrzebnej ilości powietrza w kopalnianej sieci wentylacyjnej w aspekcie nieprzekroczenia 280C jego temperatury”, Wiadomości Górnicze, nr 3.
 57. Knechtel J. (2003): „Zwalczanie wysokich temperatur powietrza w gorących oddziałach wydobywczych kopalń miedzi”, Przegląd Górniczy, nr 6.
 58. Knechtel J. (2003): „Zwalczenie wysokich temperatur powietrza w wyrobiskach przygotowawczych głębokich kopalń miedzi”, Przegląd Górniczy, nr 11.
 59. Knechtel J. (2007): „Zwalczenie zagrożenia klimatycznego w polskich kopalniach węgla kamiennego w odniesieniu do górnictwa światowego”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, nr 270.
 60. Nawrat S., Łuska P. (2003): „Klimatyzacja z zastosowaniem komór zraszania w kopalniach podziemnych”, Materiały Szkoły Eksploatacji Podziemnej lata 1992 - 2008.
 61. Nawrat S., Łuska P. (2002): „Próba oceny techniczno - ekonomicznej urządzeń chłodniczych stosowanych w polskim górnictwie podziemnym”, materiały konferencyjne 2 Szkoły Aerologii Górniczej.
 62. Nowak B., Anindya Sinha (1999): „Rozkład temperatury i wilgotności powietrza w wyrobisku korytarzowym przewietrzanym tłoczącą wentylacją lutniową”, Archiwum Górnictwa, t.44, nr 3.
 63. Nawrat S., Szlązak J., Szlązak N. (1997): „Ocena zagrożenia temperaturowego w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A.”, Bezpieczeństwo i Ochrona Środowiska w Górnictwie, nr 2.
 64. Nawrat S., Sztwiertnia P. (1999): „Zagrożenia temperaturowe w Jastrzębskiej Spółce Węglowej S.A.”, Konferencja „Najnowsze osiągnięcia w zakresie przewietrzania kopalń oraz zwalczania zagrożeń pożarowych, gazowych i klimatycznych”, Szczyrk.
 65. Nawrat S. (2003): „Wpływ ciepłych warunków pracy na wypadkowość w kopalni podziemnej w świetle wstępnych badań”, Bezpieczeństwo i Ochrona Środowiska w Górnictwie, nr 2.
 66. Nawrat S., Łuska P., Szlązak N. (2007): „Stan i perspektywy klimatyzacji kopalń podziemnych w Polsce”, Polski Kongres Górniczy, 6. Wentylacja i klimatyzacja.
 67. Nowak B., Anindya Sinha (1997): „Nieustalone rozkłady temperatury i wilgotności powietrza w ślepych wyrobiskach przewietrzanych tłoczącą wentylacją lutniową”, Archiwum Górnictwa, t 42, nr 4.
 68. Nowak B., Filek K., Kuczera Z., Łuczak R., Ptaszyński B., Życzkowski P. (2010): „Kryterium jakości pracy górniczej sprężarkowej chłodziarki powietrza z wyparną chłodnicą wody”, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Kraków.
 69. Nowak B., Filek K., Kuczera Z., Łuczak R., Ptaszyński B., Życzkowski P. (2010): „Współpraca chłodnicy wyparnej CWW-420 z chłodziarką TS-300B bez wewnętrznego wymiennika ciepła”, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Kraków.

70. Nowak B., Filek K., Ptaszyński B. (2008): „Wpływ źródeł ciepła i wilgoci na stan zamglenia w podziemnych górniczych wyrobiskach korytarzowych”, *Górnictwo i Geoinżynieria*, kwartalnik AGH, t.32, nr 3.
71. Nowak B., Filek K. (2007): „Eksperymentalne badanie mocy cieplnej przeponowych wymienników górniczej chłodziarki sprężarkowej”, *Przegląd Górniczy*, nr 4.
72. Nowak B., Filek K. (2010): „Wpływ parametrów powietrza na wydajność cieplną kopalnianej chłodziarki sprężarkowej z wyparną chłodnicą wody”, *przegląd Górniczy*, nr 5.
73. Nowak B., Łukosz M. (1999): „Wpływ natężenia przepływu powietrza przez górniczą przeciwprądową chłodnicę przeponową o działaniu pośrednim na jej współczynnik bocznikowania”, *Górnictwo, Kwartalnik AGH*, t.23, nr 3.
74. Nowak B., Piątek J. (2000): „Mikroklimat w wyrobiskach przewietrzanych lutniociągami tłoczącym z dodatkowym wentylatorem o zmiennej prędkości obrotowej”, *Górnictwo, Kwartalnik AGH*, t.24, nr 3.
75. Nowak B., Płonka G.J., Ptaszyński B. (1998): „Wpływ temperatury powietrza i jego wilgotności w prądzie opływowym na mikroklimat w wyrobiskach korytarzowych przewietrzanych tłoczącą wentylacją lutniową”, *Górnictwo, Kwartalnik AGH*, t.22, nr 4.
76. Nowak B., Płonka G.J., Ptaszyński B., Roszkowski J. (1999): „Wpływ temperatury pierwotnej górotworu na mikroklimat w wyrobiskach korytarzowych przewietrzanych tłoczącą lub ssącą wentylacją lutniową”, *Górnictwo, Kwartalnik AGH*, t.23, nr 3.
77. Nowak B., Płonka G.J., Romańczuk G. (1997): „Rozkład temperatury powietrza w wyrobisku górniczym z pracującymi chłodnicami typu DV-290”, *Górnictwo, Kwartalnik AGH*, nr 2.
78. Nowak B., Płonka G.J. (2001): „Zmiana temperatury i wilgotności powietrza w instalacji odpylającej z mokrym odpylaczem typu IO-600Ch”, *Górnictwo, Kwartalnik AGH*, t.21, nr 4.
79. Nowak B., Płonka G. (2002): „Mikroklimat w wyrobiskach przygotowawczych o różnej temperaturze pierwotnej skał przewietrzanych ssącą lub kombinowaną wentylacją lutniową współpracującą z urządzeniem odpylającym”, *Materiały 2 Szkoły Aerologii Górniczej, Zakopane*.
80. Nowak B., Płonka G. (2003): „Temperatura i wilgotność powietrza w wyrobisku korytarzowym przewietrzanym tłocząco-ssącą wentylacją lutniową z odpylaczem”, *Górnictwo, Kwartalnik AGH*, t.27, nr 1.
81. Nowak B., Anindya Sinha (1998): „Określenie parametrów mikroklimatu w wyrobiskach z ssącą wentylacją lutniową”, *Górnictwo, Kwartalnik AGH*, t.22, nr 3.
82. Nowak B., Trutwin W. (1995): „Dynamika zmian temperatury i wilgotności powietrza kopalnianego w przodku górniczym”, *Archiwum Górnictwa*, t.030, nr 004.
83. Nowak B. (1987): „Dynamika temperatury i wilgotności powietrza kopalnianego w wyrobisku z wentylacją opływową”, *Archiwum Górnictwa*, t. 032, nr 0003.
84. Nowak B. (1987): „Określenie optymalnych parametrów wentylacji lutniowej”, *Zeszyt Naukowy AGH, Górniczy Kwartalnik*, t.011, nr 0002.
85. Nowak B. (1987): „Regulacja temperatury i wilgotności powietrza w przodku górniczym”, *Zeszyt Naukowy AGH, Górniczy Kwartalnik*, t.011, nr 0002.

86. Nowak B. (1985): „Synteza parametryczna regulatora konwencjonalnego dla procesu klimatyzacji w przodku górnictwa”, Zeszyt Naukowy AGH, Górniczy Kwartalnik, t.030, nr 0004.
87. Nowak B. (1999): „Temperatura i wilgotność powietrza w wyrobiskach z ssącą wentylacją odrębną”, Archiwum Górnictwa, t.44.
88. Nowak B. (1997): „Wpływ szczelności lutniociągu, jego średnicy i typu wentylatora lutniowego na warunki klimatyczne w wyrobiskach korytarzowych przewietrzanych tłoczącą wentylacją lutniową”, Górnictwo, Kwartalnik AGH, nr 3.
89. Nowak B., Łuska P., Filek K., Roszkowski J., Franczuk W. (2005): „Chłodzenie powietrza małowadłowymi chłodnicami ścianowymi”, Górnictwo i Geoinżynieria, lata 1992-2008.
90. Nowak B., Filek K. (2004): „Chłodzenie powietrza górnictw chłodziarką z czynnikiem R507”, Górnictwo i Geoinżynieria, lata 1992-2008.
91. Nowak B., Filek K., Franczuk W., Kuczera Z., Łuska P. (2004): „Temperatura i wilgotność powietrza w wyrobisku ścianowym przewietrzonym chłodzonym powietrzem z wykorzystaniem specjalnego lutniociągu z otworami nawiewnymi”, Górnictwo i Geoinżynieria, lata 1992-2008.
92. Nowak B., Anindya Sinha (1997): „Zmiany temperatury i wilgotności powietrza w wyrobiskach korytarzowych przewietrzanych tłoczącą wentylacją lutniową”, Górnictwo i Geoinżynieria, lata 1992-2008.
93. Nowak B., Holesz K., Romańczuk G. (1997): „Wpływ pracy urządzeń chłodniczych typu DV-290 na warunki klimatyczne w rejonie ściany B-3 w KWK „Morcinek”, Górnictwo i Geoinżynieria, lata 1992-2008.
94. Nowak B., Filek K., Holesz K., Roszkowski J. (1998): „Eksperymentalne badanie górnictwej chłodnicy przeponowej przy chłodzeniu powietrza z kondensacją pary wodnej”, Górnictwo i Geoinżynieria, lata 1992-2008.
95. Nowak B., Filek K. (2000): „Model matematyczny nieustalonego chłodzenia powietrza chłodnicą współprądową”, Górnictwo i Geoinżynieria, lata 1992-2008.
96. Nowak B., Filek K., Łuska P. (2006): „Eksperymentalne badania górnictwej chłodziarki powietrza typu TS-30”, Szkoła Aerologii Górniczej.
97. Nowak B., Filek K., Roszkowski J., Łuska P. (2004): „moc cieplna chłodnic ścianowych o różnej konstrukcji wymienników ciepła”, Szkoła Aerologii Górniczej.
98. Nowak B., Filek K. (2003): „Parametry termodynamiczne powietrza po schłodzeniu górnictw chłodziarką o działaniu bezpośrednim”, Przegląd Górniczy, lata 1991-2008.
99. Nowak B., Piątek J. (2002): „Parametry termodynamiczne powietrza w wyrobiskach korytarzowych przewietrzanych lutniociągami tłoczącym z dodatkowym wentylatorem o zmiennej prędkości obrotowej”, Przegląd Górniczy, lata 1991-2008.
100. Nowak B., Filek K., Łuska P. (2007): „Wpływ rodzaju czynnika chłodniczego i stanu powietrza przed schłodzeniem na wydajność cieplną wymienników górnictwej chłodziarki powietrza”, Polski Kongres Górniczy.
101. Nowak B., Filek K., Łuska P. (2006): „Zmiana parametrów termodynamicznych powietrza w parowniku chłodziarki górnictwej z czynnikiem R407C”, Górnictwo i Geoinżynieria, lata 1992-2008.
102. Rosiek F., Sikora M., Strumiński A., Urbański J. (1993): „Zastosowanie wentylatorów wolnostrumieniowych do wspomagania wentylacji wyrobisk

- górnicych”, Prace Naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, nr 70.
103. Rosiek F., Sikora M., Urbański J. (1993): „Wyznaczanie oporów bocznic dla potrzeb budowy cyfrowych modeli kopalnianych sieci wentylacyjnych”, Przegląd Górniczy, t.49, nr 6.
 104. Rosiek F., Sikora M., Urbański J. (1995): „Możliwości sterowania przepływem powietrza w oddziałach komorowo-filarowych bez stosowania regulatorów”, Rudy Metale, nr 3.
 105. Rosiek F., Sikora M., Urbański J. (1994): „Prognozowanie temperatury powietrza kopalnianego w przypadku okresowego przekazywania ciepła z powietrza do górotworu”, Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, nr 222.
 106. Rosiek F., Sikora M., Urbański J. (1994): „Wpływ struktury oddziałów filarowo-komorowych na ich opór aerodynamiczny”, Prace naukowe Instytutu Górnictwa Politechniki Wrocławskiej, nr 76.
 107. Rosiek F., Sikora M., Urbański J., Wach J. (1997): „Generowanie schematów potencjalnych sieci wentylacyjnych”, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Szczyrk.
 108. Rosiek F., Sikora M., Urbański J. (1998): „opory tam wentylacyjnych w kopalniach LGOM”, Rudy Metale, nr 3.
 109. Rosiek F., Sikora M., Urbański J., Wach J. (1999): „Komputerowe modelowanie rozplywu powietrza, odwzorowanie graficzne i analiza bezpieczeństwa sieci wentylacyjnych”, Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie, 7/8.
 110. Rosiek F., Tchórzewski J. (1988): Urbański J., „Prognozowanie temperatury powietrza w kopalniach LGOM. Zmodyfikowana metoda J.Vossa z wykorzystaniem mikrokomputerów”, CUPRUM, t.012, nr 0001.
 111. Rosiek F., Sikora M., Urbański J., Wach J. (1995): „System AutoWENT – program komputerowy umożliwiający wykonywanie schematów przestrzennych sieci wentylacyjnej oraz prowadzenia obliczeń w tej sieci”, praca niepublikowana.
 112. Rosiek F., Sikora M., Urbański J., Wach J. (2000): „Modernizacja struktury sieci wentylacyjnej kopalni „Polkowice-Sieroszowice” w aspekcie włączenia do sieci szybu SW-4, ograniczenia kosztów przewietrzania i zachowania bezpieczeństwa sieci”, praca niepublikowana.
 113. Roszczynialski W. (1988): „Analiza wariacji wartości współczynników wymiany wilgoci między górotworem i powietrzem w wyrobisku na podstawie wyników pomiarów kopalnianych”, Wybrane Zagadnienia Górnictwa Podziemnego, nr 0025.
 114. Roszczynialski W. (1996): „Obliczenia rozplywów powietrza w sieciach wentylacyjnych przy maksymalnych BŁEDACH OPORÓW AERODYNAMICZNYCH BOCZNIC”, Górnictwo, Kwartalnik AGH, t.20.
 115. Roszczynialski W. (1992): „Prognoza wartości oporów aerodynamicznych wyrobisk górniczych na podstawie badań kopalnianych”, Zeszyty Naukowe AGH, nr 2.
 116. Roszczynialski W., „Symulacja komputerowa rozplywów powietrza w kopalnianych sieciach wentylacyjnych”, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, 1997, Szczyrk.
 117. Roszkowski J., Nowak B. (1990): „Model dynamiczny chłodnicy powietrza”, Wiadomości Górnicze, nr 2-3.

118. Roszkowski J., Pawiński J., Nowak B. (1985): „Zastosowanie pewnej metody dla określania podstawowych parametrów wentylacji lokalnej”, *Górnictwo, Kwartalnik AGH*, t.006, nr 0004.
119. Strumiński A., Madeja B. (1984): „Ocena komfortu pracy w kopalniach głębokich”, *Rudy Metale*, nr 0007.
120. Strumiński A., Madeja-Strumińska B. (1998): „Aerotermodynamika górnicza”, Śląsk, Katowice.
121. Strumiński A., Sikora M., Urbański J. (1987): „Optymalizacja rozptyłu powietrza w kopalnianych sieciach wentylacyjnych”, konferencja naukowa, Szklarska Poręba.
122. Strumiński A., Sikora M., Urbański J. (1983): „Niezbędne ilości powietrza w oddziałach wydobywczych”, *Rudy Metale*, t.028.
123. Strumiński A. (1978): „Optymalne rozmieszczenie wentylacyjnych tam dławiących z uwagi na rozkład dyssypacji energii w kopalni”, *Archiwum Górnictwa*, t.023.
124. Strumiński A. (1979): „Prognozowanie zmian czasowych średniej temperatury powietrza kopalnianego”, *Prace Naukowe GIG*, nr 703.
125. Strumiński A., Madeja-Strumińska B. (1998): „Optymalne przewietrzanie rejonów eksploatacyjnych w kopalniach rud miedzi”, *Rudy Metale*, nr 12.
126. Strumiński A., Madeja-Strumińska B. (2002): „Ruchowa metoda prognozowania warunków klimatycznych w kopalniach głębinowych”, 2 Szkoła Aerologii Górniczej, Kraków.
127. Strumiński A., Madeja-Strumińska B. (2008): „Prognozowanie podstawowych zagrożeń aerologicznych w kopalniach podziemnych”, *Archiwum Górnictwa*, t.53, nr 4.
128. Strumiński A., Nędza Z., Turkiewicz W. (1994): „Zastosowanie klimatyzacji stanowiskowej w kopalniach rud miedzi LGOM”, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, nr 222.
129. Strumiński A., Nędza Z., Turkiewicz W. (1994): „Wykorzystanie termoizolacji wyrobisk górniczych do poprawy warunków klimatycznych w kopalniach LGOM”, *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej*, nr 222.
130. Strumiński A., Rosiek F., Sikora M., Urbański J. (1997): „Zastosowanie wentylatorów swobodnych do regulacji rozptyłu powietrza w kopalniach LGOM”, *Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa*, nr 11.
131. Strumiński A., Rosiek F., Sikora M., Urbański J. (1998): „Zapotrzebowanie na moc chłodniczą dla oddziału eksploatacyjnego w warunkach kopalń LGOM”, *CUPRUM*, nr 9.
132. Strumiński A., Turkiewicz W. (2003): „Warunki klimatyczne w oddziałach eksploatacyjnych kopalń rud miedzi przy występowaniu zagrożeń skojarzonych”, *CUPRUM*, nr 3.
133. Strumiński A. (1999): „Uwarunkowania wentylacyjno-klimatyczne rudy miedzi w ZG RUDNA” *Rudy Metale*, nr 12.
134. Sułkowski J., Drenda J., Jaromin M., Domagała L., Musioł D. (2000): „Klimatyzacja sektorowa na froncie wybranego oddziału eksploatacyjnego kopalni rudy miedzi”, *CUPRUM*, nr 15.
135. Sułkowski J. (2009): „O ograniczeniach wentylacyjnego zwalczania zagrożeń aerologicznych w kopalniach rud miedzi”, 5 Szkoła Aerologii Górniczej, Wrocław.

136. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (2002): „Efektywność chłodzenia powietrza w rejonach eksploatacyjnych w oparciu o centralną klimatyzację”, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Kraków.
137. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (2008): „Kierunki zmian w systemach przewietrzania ścian eksploatacyjnych z uwagi na zwalczanie zagrożeń wentylacyjnych”, Gospodarka Surowcami Mineralnymi, t.24.
138. Szlązak N., Gruszczyk B., Gruszczyk D. (2001): „Prognozowanie temperatur i wilgotności powietrza w wyrobiskach eksploatacyjnych przewietrzanych systemem Y”, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Szczyrk.
139. Szlązak N., Gruszczyk B., Gruszczyk D. (2001): „Prognozowanie temperatury i wilgotności powietrza w wyrobiskach eksploatacyjnych przewietrzanych systemem na U”, Górnictwo Kwartalnik AGH, t.26, nr 3.
140. Szlązak N., Jakubów A., Tor A. (2005): „Klimatyzacja wyrobisk dołowych w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A.”, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Szczyrk.
141. Szlązak N., Konsek S., Matuszek J., Duda T. (2009): „Ocena działania grupowego systemu klimatyzacji w wyrobiskach KWK Rydułtowy-Anna”, 5 Szkoła Aerologii Górniczej, Wrocław.
142. Szlązak N., Nawrat S., Jakubów A. (2000): „Pierwsza w Polsce klimatyzacja centralna w Kopalni Węgla Kamiennego „Pniówek” Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A.”, Przegląd Górniczy, nr 10.
143. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (1999): „Warunki klimatyczne w wyrobiskach ścianowych przy różnej lokalizacji urządzeń chłodniczych”, Materiały z Konferencji „Najnowsze osiągnięcia w zakresie przewietrzania kopalń oraz zwalczania zagrożeń pożarowych, gazowych i klimatycznych”, konferencja Szczyrk.
144. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (1999): „Warunki klimatyczne w wyrobiskach ścianowych przy miejscowym i rozłożonym schładzaniu powietrza”, Górnictwo, Kwartalnik AGH, t.23.
145. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (2001): „Optymalny dobór parametrów wentylacji lutniowej dla drążonych wyrobisk korytarzowych”, Wiadomości Górnicze, nr 6.
146. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (2001): „Optymalny dobór parametrów wentylacji lutniowej dla wyrobisk korytarzowych przy wykorzystaniu programu komputerowego AGHWEN”, Górnictwo, Kwartalnik AGH, t.25.
147. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (2003): „Systemy przewietrzania wyrobisk ślepych w kopalniach węgla kamiennego”, Przegląd Górniczy, nr 7/8.
148. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (2005): „Warunki klimatyczne w ścianach eksploatacyjnych przewietrzanych na U”, 10 Sesja Międzynarodowego Biura Termofizyki Górniczej, Gliwice.
149. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (2007): „Ocena pracy przeponowych chłodnic powietrza w kopalniach węgla kamiennego”, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Szczyrk.
150. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (2007): „Program projektowania wentylacji lutniowej z uwzględnieniem oceny i doboru warunków klimatycznych”, Eksploatacji Podziemnej, Szczyrk.
151. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (2007): „Metody zwalczania zagrożenia temperaturowego w polskich kopalniach węgla kamiennego”, Polski Kongres Górniczy.

152. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (2008): „Metody zwalczania zagrożenia temperaturowego w polskich kopalniach”, *Archiwum Górnictwa*, t.53, nr 4.
153. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (2009): „Rozwiązanie klimatyzacji centralnej w kopalni węgla kamiennego”, 5 Szkoła Aerologii Górniczej, Wrocław.
154. Szlązak N., Szlązak J., Nawrat S. (1997): „Stan zagrożenia klimatycznego i możliwości jego poprawy na przykładzie Jastrzębskiej Spółki Węglowej”, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Szczyrk.
155. Szlązak N., Borowski M., Obracaj D. (2001): „Wykorzystanie ciepła odpadowego w skojarzonym układzie energetyczno-chłodniczym”, *Górnictwo, Kwartalnik AGH*, t.25, nr 2.
156. Szlązak N., Tor A., Jakubów A. (2004): „Grupowy system klimatyzacji wyrobisk dołowych w kopalni „Zofiówka””, 3 Szkoła Aerologii Górniczej, Zakopane.
157. Szlązak N., Tor A., Jakubów A. (2005): „Klimatyzacja wyrobisk dołowych w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A.”, *Bezpieczeństwo i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, nr 5.
158. Szlązak N., Tor A., Jakubów A. (2008): „Stan zagrożenia klimatycznego i metody jego zwalczania w kopalniach Jastrzębskiej Spółki Węglowej S.A.”, I Konferencja Naukowo-Szkoleniowa, Jaworze.
159. Szlązak N., Tor A. (2000): „Wpływ trudnych warunków cieplnych na organizm ludzki”, *Bezpieczeństwo i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, nr 5.
160. Szlązak N., Tor A. (1999): „Wymiana ciepła przez organizm ludzki i możliwości jego termoregulacji”, *Wiadomości Górnicze*, nr 9.
161. Szlązak N., Zasadni W., Sobik Ł., Duda T., Baluch K. (2008): „Stan zagrożenia klimatycznego i metody jego zwalczania w kopalniach Centrum Wydobywcze Południe KW S.A.”, *Wiadomości Górnicze*, nr 2.
162. Szlązak N. (2008): „Stosowane metody zwalczania zagrożenia temperaturowego w polskich kopalniach”, *Wiadomości Górnicze*, nr 2.
163. Waćławik J., Borodulin-Nadzieja L., Branny M., Kowalik M. (2002): „Mikroklimat i cieplne warunki pracy w wyrobiskach solnych kopalni „Polkowice-Sieroszowice””, *Materiały 2 Szkoły Aerologii Górniczej, Zakopane*.
164. Waćławik J., Branny M. (2004): „Cieplne warunki pracy w górnictwie w świetle badań bilansu cieplnego organizmu”, *Materiały 3 Szkoły Aerologii Górniczej, Zakopane*.
165. Waćławik J., Branny M. (2004): „Modelowanie numeryczne wymiany ciepła między organizmem człowieka a otoczeniem”, *Archiwum Górnictwa*, t.49, nr 2.
166. Waćławik J., Branny M. (2005): „O wymianie ciepła między górnikiem a otoczeniem w głębokich kopalniach”, 10 Sesja Międzynarodowego Biura Termofizyki Górniczej, Gliwice.
167. Waćławik J., Branny M. (2006): „Stres i obciążenie cieplne pracownika w badaniach fizjologicznych i normach ISO”, *Materiały 4 Szkoły Aerologii Górniczej, Kraków*.
168. Waćławik J., Branny M. (2002): „Symulacja numeryczna wymiany ciepła między ciałami górnika a otoczeniem oraz stanu obciążenia cieplnego”, *Materiały 2 Szkoły Aerologii Górniczej, Zakopane*.
169. Waćławik J., Branny M. (2007)P: „Zagadnienia czasu pracy górników w środowisku gorącym”, *Polski Kongres Górnictwa*.

170. Waclawik J., Branny M. (2006): „Zasady oceny obciążenia termicznego metodą modelowania wymiany ciepła między pracownikiem a otoczeniem”, *Bezpieczeństwo Pracy i Ochrona Środowiska w Górnictwie*, nr 1.
171. Waclawik J., Cygankiewicz J., Knechtel J. (1994): „Pewne uwagi o warunkach klimatycznych w wyrobiskach górniczych”, *Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej*, Kraków.
172. Waclawik J., Cygankiewicz J., Knechtel J. (1995): „Warunki klimatyczne w ścianach o wysokiej koncentracji wydobywania”, *Biblioteka Szkoły Eksploatacji Podziemnej*, Kraków.
173. Waclawik J., Cygankiewicz J., Knechtel J. (1999): „Chłodnice przeponowe powietrza i wody w układach klimatyzacji kopalń o małej mocy”, *Konferencja „Najnowsze osiągnięcia w zakresie przewietrzania kopalń oraz zwalczania zagrożeń pożarowych, gazowych i klimatycznych”*, Szczyrk.
174. Waclawik J., Cygankiewicz J., Knechtel J. (2002): „Bilans cieplny przeponowych chłodnic powietrza”, *Szkoła Eksploatacji Podziemnej*, Szczyrk.
175. Waclawik J., Cygankiewicz J., Knechtel J. (2002): „Wymiana ciepła i masy (wilgoci) w górniczych urządzeniach klimatyzacyjnych”, *Materiały 2 Szkoły Aerologii Górniczej*, Zakopane.
176. Waclawik J., Cygankiewicz J., Knechtel J. (2008): „Ocena bezpieczeństwa pracowników przy wysokich obciążeniach termicznych”, *Konferencja Naukowo-Szkoleniowa*, Jaworze.
177. Waclawik J., Cygankiewicz J., Knechtel J. (2009): „O niejawnym wymianie ciepła w zagadnieniach klimatyzacji”, *Konferencja Naukowo-Szkoleniowa*, Jaworze.
178. Waclawik J., Turkiewicz W., Gajosiński S. (2000): „Bilans cieplny oddziaływy wydobywczego w kopalni rudy miedzi”, *Cuprum*, nr 15.
179. Waclawik J. (2006): „Czy temperatura zastępcza klimatu może być miarą obciążenia cieplnego”, *Szkoła Eksploatacji Podziemnej*, Szczyrk.
180. Waclawik J. (1994): „Kierunki rozwoju klimatyzacji kopalń – technika klimatyzacji, urządzenia”, *Szkoła Eksploatacji Podziemnej*, Jastrzębie Zdrój.
181. Waclawik J. (2007): „Numeryczne metody oceny stresu i obciążenia cieplnego pracownika”, *Prace Naukowe GIG, Górnictwo i Środowisko*.
182. Waclawik J. (1997): „O perspektywach klimatyzacji w górnictwie polskim”, *Szkoła Eksploatacji Podziemnej*, Szczyrk.
183. Waclawik J. (2005): „O wymianie ciepła w przodkach eksploatacyjnych”, *Archiwum Górnictwa*, t.50.
184. Waclawik J. (1992): „O zmianach temperatury i wilgotności powietrza w wyrobiskach kopalnianych”, *Kwartalnik AGH*, nr 3.
185. Waclawik J. (2006): „Obciążenie cieplne pracownika w normach ISO, EN i PN”, *Szkoła Eksploatacji Podziemnej*, Szczyrk.
186. Waclawik J. (2005): „Ocena obciążenia cieplnego pracownika w normach międzynarodowych i Unii Europejskiej (z punktu widzenia górnictwa)”, *CUPRUM*, nr 3.
187. Waclawik J. (2009): „Ocena obciążenia cieplnego pracownika w mikroklimacie gorącym”, *Materiały 5 Szkoły Aerologii Górniczej*, Wrocław.
188. Waclawik J. (2008): „Ocena warunków mikroklimatu i stanu obciążenia cieplnego pracowników w wyrobiskach podziemnych”, *Wiadomości Górnicze*, nr 2.

189. Waclawik J. (1998): „Optymalizacja doboru i regulacja parametrów pracy centralnych układów klimatyzacji kopalń z zimną wodą”, CUPRUM, nr 9.
190. Waclawik J. (2000): „Sposoby poprawy efektywności termodynamicznej kopalnianych układów klimatyzacji”, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Szczyrk.
191. Waclawik J. (2005): „Wpływ izolacji termicznej skał na intensywność wymiany ciepła w wyrobiskach”, CUPRUM, nr 2.
192. Waclawik J. (2007): „Wpływ temperatury skał na warunki klimatyczne w wyrobiskach eksploatacyjnych”, Szkoła Eksploatacji Podziemnej, Szczyrk.
193. Waclawik J., Jakubów A., Tor A. (2002): „Ziębiarki absorpcyjne w klimatyzacji kopalń”, Szkoła Aerologii Górniczej.
194. Waclawik J. (1999): „O możliwościach optymalizacji parametrów pracy układów klimatyzacji kopalń”, Szkoła Aerologii Górniczej.
195. Waclawik J. (1999): „Wpływ izolacji cieplnej powierzchni skalnej na temperaturę powietrza kopalnianego z punktu widzenia teorii wymiany ciepła”, Szkoła Aerologii Górniczej.
196. Waclawik J. (1999): „Problemy wentylacji i klimatyzacji kopalń”, Szkoła Aerologii Górniczej.
197. Projekt techniczny eksploatacji oddziału G-61.
198. Główna książka przewietrzania O/ZG „Polkowice-Sieroszowice”

Spis rysunków

Rys. 1.1. Rozkład temperatur pierwotnych skał górotworu w O/ZG „Polkowice-Sieroszowice”	5
Rys. 4.1. Uproszczony schemat wentylacyjny kopani „Polkowice-Sieroszowice”	12
Rys. 4.2. Uproszczony schemat wentylacyjny rejonu SG kopalni „Polkowice- Sieroszowice”	14
Rys. 4.3. Schemat przewietrzania i prowadzenia robót eksploatacji systemem komorowo-filarowym z ugięciem stropu i ruchowym filarem zamykającym J-UGR-PS	16
Rys. 4.4. Rozmieszczenie stanowisk pomiarowych.....	18
Rys. 4.5. Pomiary wentylacyjne w rejonie oddziału G-61 blok C-II wraz z rozmieszczeniem stanowisk pomiarowych z dnia 07.10.2007r.....	23
Rys. 5.1. Schemat blokowy tworzenia modelu matematycznego.....	28
Rys. 5.2. Program AutoWENT – widok ogólny programu wraz z aktywną formatką „Dane węzła”	29
Rys. 5.3. Program AutoWENT – widok ogólny programu wraz z aktywną formatką „Edycja bocznicy”	30
Rys. 5.4. Program AutoWENT – widok ogólny programu wraz z aktywną formatką „Obliczanie rozplywu”	31
Rys. 5.5. Program AutoWENT – widok ogólny programu wraz z aktywną formatką „Edycja bocznicy”	32
Rys. 5.6. Model numeryczny wentylacyjnej sieci kopalnianej w systemie AutoWENT	33
Rys. 5.7. Model numeryczny oddziału G-61 w systemie AutoWENT.....	34
Rys. 5.8. Lokalizacja stanowiska pomiarowego do wyznaczania oporu aerodynamicznego	39
Rys. 5.9. Schemat pomiarowy do wyznaczania oporu aerodynamicznego	40
Rys. 5.10. Konstrukcja tamy T.01	43
Rys. 5.11. Konstrukcja tamy T.02.....	44
Rys. 5.12. Konstrukcja tamy T.03.....	44
Rys. 5.13. Konstrukcja tamy T.04.....	45
Rys. 5.14. Konstrukcja tamy T.05.....	45
Rys. 5.15. Konstrukcja tamy T.06.....	46
Rys. 5.16. Konstrukcja tamy T.07.....	46
Rys. 5.17. Konstrukcja tamy T.08.....	47
Rys. 5.18. Konstrukcja tamy T.09.....	47
Rys. 5.19. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.01	51
Rys. 5.20. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.02.....	55
Rys. 5.21. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.03.....	59
Rys. 5.22. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.04.....	63
Rys. 5.23. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.05.....	67
Rys. 5.24. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.06.....	71
Rys. 5.25. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.07.....	75
Rys. 5.26. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.08.....	79
Rys. 5.27. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.09.....	83
Rys. 5.28. Rozkład temperatur w oddziale górniczym G-61 blok C-II dla wariantu T.10.....	87

Rys. 5.29. Zestawienie rozkładów temperatury w oddziale górniczym G-61 blok C-II.....	91
Rys. 5.30. Rozkład temperatur na froncie eksploatacyjnym bloku C-II	92
Rys. 5.31. System POLKO	108
Rys. 5.10. Rozkład temperatur na froncie eksploatacyjnym oddziału G-61 blok C-II.....	118

Spis tablic

Tablica 4.1. Przyrządy pomiarowe.....	20
Tablica 4.2. Wyniki dołowych pomiarów wentylacyjnych w oddziale G-61 blok C-II na stanowiskach pomiarowych.....	21
Tablica 5.1. Wyniki pomiarów z badań i wyniki obliczeń z modelu cyfrowego	35
Tablica 5.2. Wartości oporów aerodynamicznych tam izolacyjnych.....	48
Tablica 5.3. Wyniki wartości temperatury suchej na wylocie z bloku C-II frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 na wysokości komory K-20 w zależności od wartości oporu tam i wydatku powietrza dopływającego do oddziału G-61	101
Tablica 5.4. Zestawienie wyników pomiarowych i obliczeniowych	106

Spis wykresów

Wykres 5.1. Odchylenia wartości temperatury suchej i wilgotnej oraz wydatku powietrza dla stanowisk pomiarowych od P.0 do P.4.5.....	37
Wykres 5.2. Odchylenia wartości temperatury suchej i wilgotnej oraz wydatku powietrza dla stanowisk pomiarowych od P.5.1 do P.10.3.....	37
Wykres 5.3. Odchylenia wartości wydatku powietrza dla grupy stanowisk pomiarowych od P.0 do P.10	38
Wykres 5.4. Wartości oporów aerodynamicznych tam T.01÷T.09	49
Wykres 5.5. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.01.....	52
Wykres 5.6. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.01.....	53
Wykres 5.7. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.01	53
Wykres 5.8. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.01.....	54
Wykres 5.9. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.02.....	56
Wykres 5.10. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.02.....	57
Wykres 5.11. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.02	57
Wykres 5.12. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.02.....	58
Wykres 5.13. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.03.....	60
Wykres 5.14. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.03.....	61
Wykres 5.15. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.03.....	61
Wykres 5.16. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.03.....	62
Wykres 5.17. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.04.....	64
Wykres 5.18. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.04.....	65
Wykres 5.19. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.04.....	65
Wykres 5.20. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.04.....	66

Wykres 5.21. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.05.....	68
Wykres 5.22. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.05.....	69
Wykres 5.23. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.05.....	69
Wykres 5.24. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.05.....	70
Wykres 5.25. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.06.....	72
Wykres 5.26. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.06.....	73
Wykres 5.27. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.06	73
Wykres 5.28. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.06.....	74
Wykres 5.29. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.07	76
Wykres 5.30. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.07	77
Wykres 5.31. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.07	77
Wykres 5.32. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.07.....	78
Wykres 5.33. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.08.....	80
Wykres 5.34. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.08.....	81
Wykres 5.35. Zmiany temperatury suchej powietrza stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.08.....	81
Wykres 5.36. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.08.....	82
Wykres 5.37. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.09.....	84
Wykres 5.38. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.09.....	85
Wykres 5.39. Zmiany temperatury suchej powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.09.....	85
Wykres 5.40. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.09.....	86
Wykres 5.41. Zmiany wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.10.....	88

Wykres 5.42. Entalpia właściwa powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.10.....	89
Wykres 5.43. Zmiany temperatury powietrza na stanowiskach pomiarowych dla wariantu T.10.....	89
Wykres 5.44. Zmiany temperatury powietrza na pasach P-77,78,79 i 80 od komory K-36 do komory K-20 frontu eksploatacyjnego oddziału G-61 blok C-II dla wariantu T.10.....	90
Wykres 5.45. Zmiany wartości wydatku powietrza na stanowiskach pomiarowych w zależności od oporu aerodynamicznego tam	93
Wykres 5.46. Entalpia właściwa na stanowiskach pomiarowych	94
Wykres 5.47. Zmiany wartości temperatury powietrza kopalnianego na stanowiskach pomiarowych	95
Wykres 5.48. Zmiany temperatury suchej powietrza na pasie przyzrobowym P-77 bloku C-II od komory K-36 do komory K-20.....	96
Wykres 5.49. Zmiany temperatury powietrza na pasie komunikacyjnym P-78 bloku C-II od komory K-36 do komory K-20	97
Wykres 5.50. Zmiany temperatury powietrza na pasie komunikacyjnym P-79 bloku C-II od komory K-36 do komory K-20	98
Wykres 5.51. Zmiany temperatury powietrza na pasie przycaliznowym P-80 bloku C-II od komory K-36 do komory K-20	99
Wykres 5.52. Wartość entalpii właściwej powietrza wypływającego ze zrobów na pas przyzrobowy P-77	100
Wykres 5.53. Wykres konturowy zależności temperatury suchej od wydatku powietrza dopływającego do oddziału i wartości oporu aerodynamicznego tam oddzielających zrobów	104
Wykres 5.54. Wykres przestrzenny zależności temperatury suchej od wartości wydatku strumienia powietrza dopływającego do oddziału i wartości oporu tam oddzielających zrobów	105

Spis fotografii

Fot. 5.1. Miejsce pomiarowe ciśnienia powietrza kopalnianego	41
Fot. 5.2. Pomiar wartości prędkości przepływu powietrza w oknie regulacyjnym	41
Fot. 5.3. Pomiar wartości ciśnienia powietrza kopalnianego	42
Fot. 5.4. Doszczelnienie tam środkiem ekoflex	110