

PORADNIK PROJEKTANTA

Rekuperacja

**wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła
jako alternatywa wentylacji grawitacyjnej
w nowoczesnym budownictwie.**

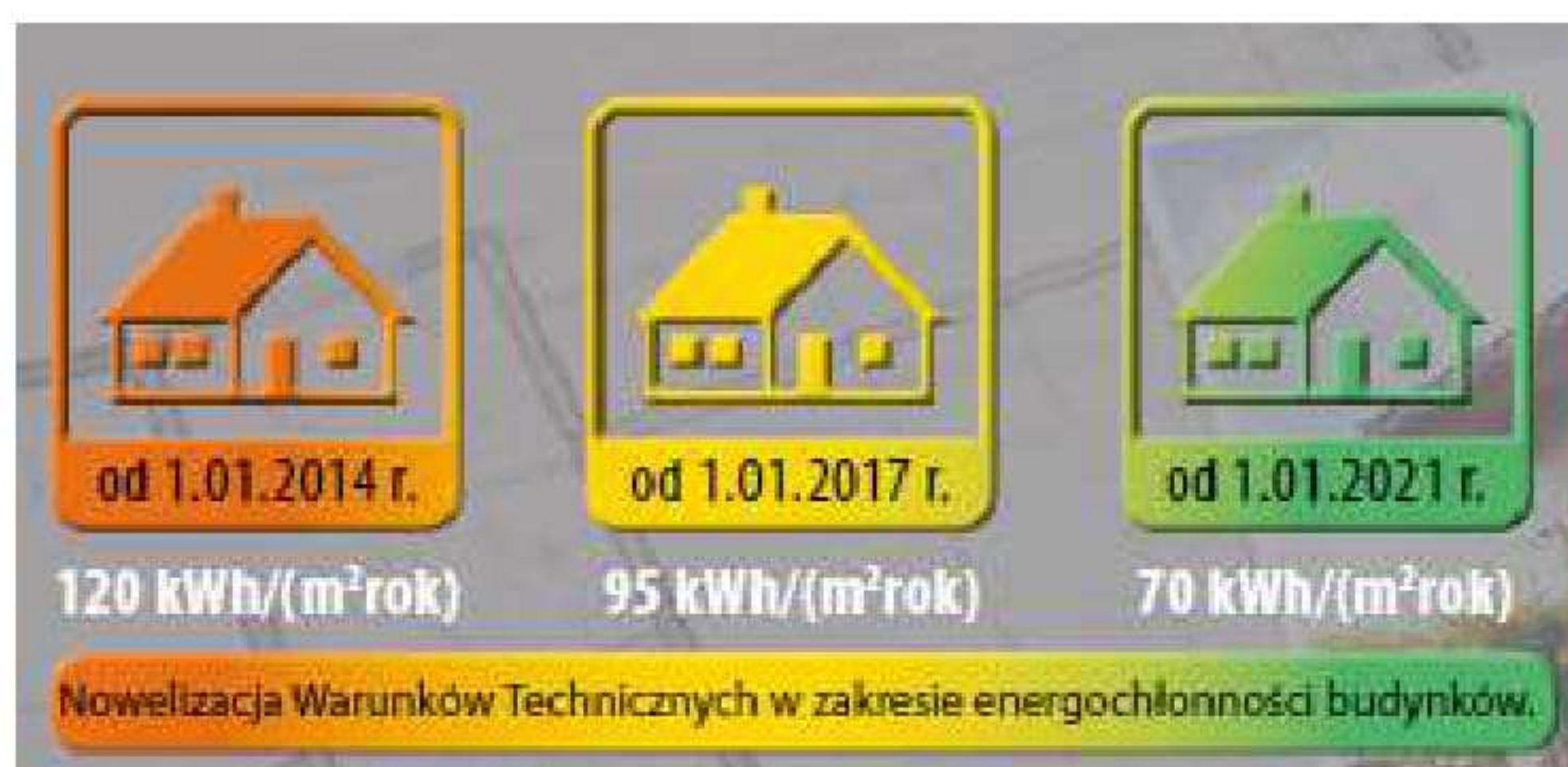
Rola wentylacji w budownictwie mieszkaniowym

Nowoczesne technologie budowlane - dzięki coraz lepszym materiałom posiadającym wysokie parametry izolacyjności oraz nowocześniejszym sposobom budowania - zapewniają budynkom **bardzo wysoką szczelność**.

Pozwala to na **znaczne oszczędności kosztów eksploatacyjnych** związanych z ogrzewaniem.

Duży rozwój technologii termoizolacyjnych w ostatnich latach spowodował także **diametralną zmianę podejścia** do zagadnienia jakości izolacji w budynkach: zmieniły się dopuszczalne parametry przenikania ciepła dla ścian i okien, zmieniona została klasa szczelności okien. Zmieniono nawet przepisy, które zaostrzają wymagania cieplne stawiane budynkom.

Rząd od 2014 r. zaostrzał wymagania dotyczące zapotrzebowania energetycznego dla budynków jednorodzinnych określając maksymalny wskaźnik energii pierwotnej EP (w kWh/(m²/rok). Progi dotyczyły lat 2014, 2017, a najnowszy, obecnie obowiązujący od 1.01.2021 r. maksymalna wartość zapotrzebowania budynku na energię pierwotną wynosi do 70 kWh/(m²/rok).



Od 1 stycznia 2021 roku domy jednorodzinne muszą posiadać zużycie energetyczne maksymalnie na poziomie 70 kWh/(m²/rok).

Rekuperacja jest jednym z najszybszych sposobów uzyskania tego parametru przez budynek. Do innych należą m.in. zwiększanie izolacji budynku, montaż energooszczędnych okien czy pompy ciepła.

Zastosowanie rekuperacji umożliwia znaczące obniżenie zapotrzebowania energetycznego domu EP nawet o 20 kWh/(m²/rok). Poza tym rekuperacja daje również szereg innych korzyści, m.in. wymianę zużytego powietrza wewnętrznego o wysokiej zawartości dwutlenku węgla na świeże powietrze zewnętrzne, które jest dodatkowo filtrowane w rekuperatorze. Filtracja taka usuwa z nawiewanego strumienia powietrza większość kurzu oraz zanieczyszczeń smogowych. Jej dokładność zależy od rodzaju zastosowanego filtra.

Więcej na ten temat w dalszej części poradnika.

Skutkiem braku wentylacji są zagrzybione i zawilgotniałe ściany w stosunkowo nowych budynkach, skraplanie się nadmiaru pary wodnej na szybach, problemy z pracą kotłów czy kominków z otwartą komorą spalania.

Uszczelniając obecnie maksymalnie dom i mając jedynie na uwadze obniżenie kosztów ogrzewania, często **pomijają się niezwykle istotną z punktu widzenia zdrowia i komfortu życia ludzi kwestię dopływu świeżego powietrza** do budynków mieszkalnych. Projektowana bowiem obecnie w większości domów wentylacja grawitacyjna, bez spełnienia określonych warunków atmosferycznych - po prostu NIE DZIAŁA.

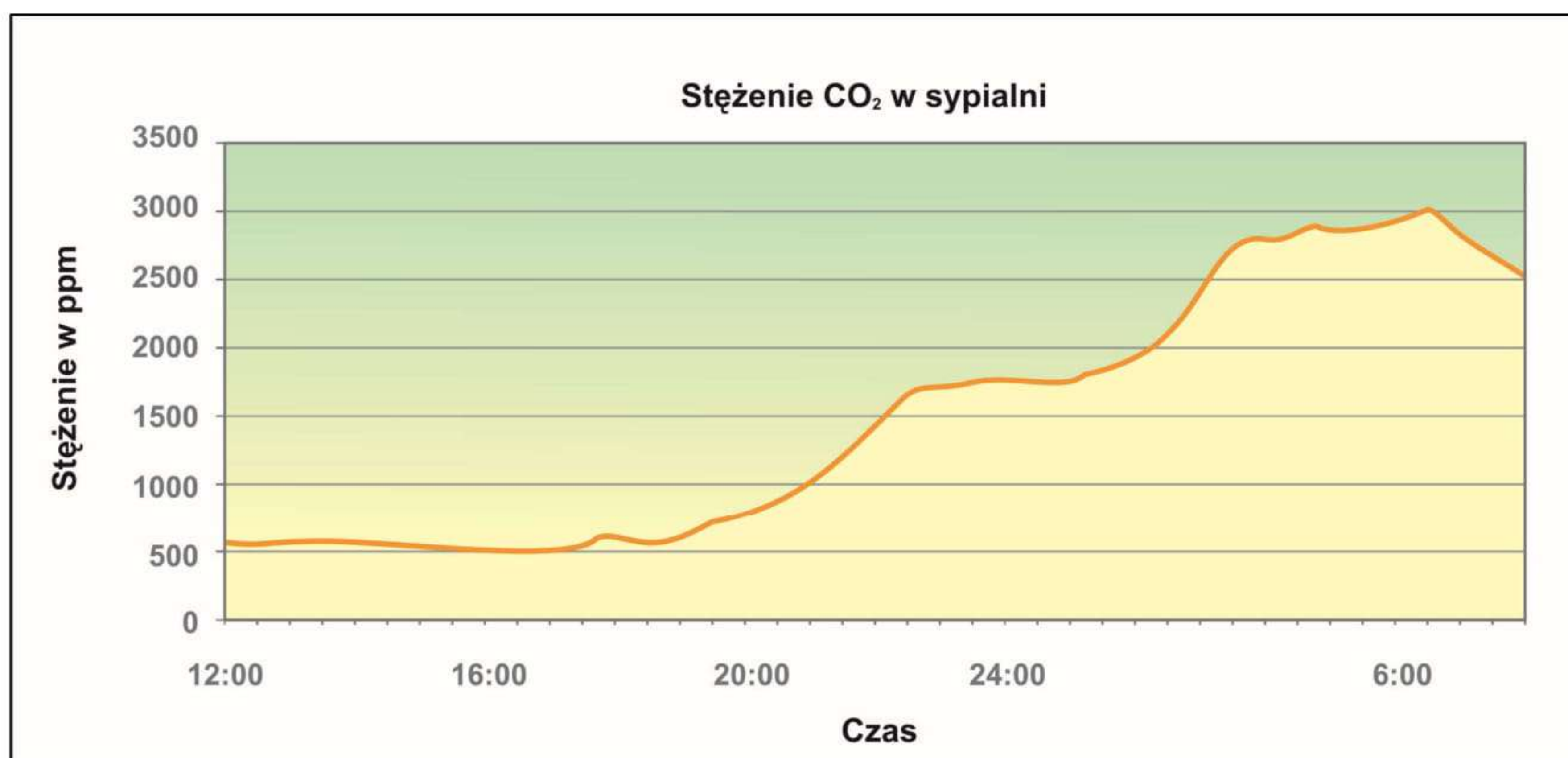
Prawidłowe jej funkcjonowanie, a więc wywiewanie powietrza zużytego z pomieszczeń i jego wyrzucanie poprzez kanały wentylacyjne na zewnątrz, bezpośrednio uzależnione jest od kilku czynników, które występują jedynie wtedy, gdy:

- **między temperaturą zewnętrzną i wewnętrzną występuje znaczna różnica:** siłą napędową wytworzenia ciągu w kominie wentylacyjnym jest różnica gęstości powietrza zimnego i ciepłego – latem więc tej siły nie będzie, zimą zaś jej intensywność jest zbyt duża (intensywność wentylacji rośnie liniowo w stosunku do różnicy temperatur, tzn. dwukrotny wzrost różnicy temperatury wewnątrz i na zewnątrz powoduje dwukrotny wzrost wentylacji),
- **na zewnątrz jest wietrznie** (intensywność wentylacji rośnie w kwadracie zmiany prędkości wiatru, tzn. dwukrotny wzrost prędkości wiatru powoduje czterokrotny wzrost intensywności wentylacji),
- **w oknach i ścianach budynku występują nieszczelności** (nieszczelna stolarka otworowa lub nawiewniki instalowane w oknach i ścianach).

Jakość powietrza, którym oddychamy

Myśląc o wentylacji, nie sposób nie wspomnieć o aspekcie jakości powietrza.

Dopóki człowiekowi nie brakuje tlenu, **jakość powietrza traktujemy jako coś oczywistego**. Dobrze jest pamiętać, że to właśnie skład powietrza i jego parametry zapewniają człowiekowi dobre samopoczucie i ochronę przed bólem głowy, uczuciem senności, mdłościami, zawrotami głowy, utratą energii, które często są pierwszymi objawami niedotlenienia. Zwykle człowiek nie zdaje sobie sprawy, że przyczyną dyskomfortu może być przebywanie w źle wentylowanych pomieszczeniach.



Rys. 1: Wykres wzrostu zawartości CO₂ w sypialni z wentylacją grawitacyjną. Około 6 rano poziom ten osiąga 3000 jednostek! podczas gdy górny próg w pomieszczeniach stałego przebywania ludzi według WHO wynosi 1000!

Rekuperacja - alternatywa dla nie działającej wentylacji grawitacyjnej

Działającą niezależnie od czynników atmosferycznych i w sposób kontrolowany alternatywą wentylacji grawitacyjnej jest **wentylacja mechaniczna**. Jej praca wymuszana jest przez wentylatory, które dodatkowo pozwalają na regulację intensywności wymiany powietrza. Zadaniem wentylacji mechanicznej jest – podobnie jak wentylacji grawitacyjnej - dostarczanie optymalnej ilości świeżego powietrza do budynku i usuwanie z niego powietrza zanieczyszczonego.

Wentylacja mechaniczna **powinna pracować w sposób CIĄGŁY** – 24h/dobę (również podczas nieobecności użytkownika) zapewniając usuwanie zanieczyszczeń emitowanych przez większość użytych w naszym domu materiałów, z których wykonane są meble, podłogi, stolarka otworowa i pozostałe.

Nieprzerwany przepływ powietrza w kanałach wentylacyjnych także osusza je gwarantując, że nie rozwinie się w nich wilgoć.

Prawidłowo zaprojektowana i wykonana wentylacja grawitacyjna

Mnogość zmiennych, które należy wziąć pod uwagę projektując wentylację grawitacyjną jest na tyle duża, że stanowi prawdziwe wyzwanie nie tylko dla projektanta i wykonawcy, ale również dla użytkownika.

Liczyć on się bowiem musi - jeżeli tylko chce zapewnić sobie komfort wentylacyjny - ze sporymi stratami ciepła w okresie, kiedy ciepła tego najbardziej się potrzebuje, czyli w zimie.

Wytyczne prawidłowo zaprojektowanej wentylacji grawitacyjnej:

1. Minimalna powierzchnia przekroju pojedynczego kanału wentylacyjnego 0,016 m².
2. Najmniejszy wymiar przewodu prostokątnego 10 cm.
3. Minimalna wysokość komina 14 x 14 dla zapewnienia wydajności 30 m³/h dla warunków obliczeniowych (różnica temperatur 8 K) ok. 3 m.
4. Minimalna wysokość komina 14 x 14 dla zapewnienia wydajności 50 m³/h dla warunków obliczeniowych (różnica temperatur 8K) ok. 5,5 m.
5. Minimalna wysokość komina 14 x 14 dla zapewnienia wydajności 70 m³/h dla warunków obliczeniowych (różnica temperatur 8K) ok. 10,5 m.

	murowany kanał wentylacji grawitacyjnej		
	14 x 14	14 x 20	14 x 27
wydajności (wartości przybliżone)	wysokość komina dla zapewnienia przepływów zgodnych z normą (przy różnicy temp 8K)		
m ³ /h	m	m	m
15	1,0	-	-
30	3,0	2,0	1,0
50	5,5	3,0	2,7
70	10,5	5,0	3,5

6. Wszystkie pokoje na poddaszu (ostatniej kondygnacji) powinny posiadać kanał wywiewny wentylacji grawitacyjnej.

7. Wysokość komina wentylacyjnego przy kącie nachylenia dachu mniejszym od 12° wynosi minimum 0,6 m ponad najwyższy punkt dachu.
8. Wysokość komina wentylacyjnego przy kącie nachylenia dachu większym od 12° wynosi również minimum 0,6 m ponad najwyższy punkt dachu, przy czym zmienia się wysokość wystającej ponad dach części komina.
9. Wysokość komina wentylacyjnego oddalonego od kalenicy więcej niż 1 m = minimum 0,3 m.
10. Kanał wyciągowy wentylacji grawitacyjnej powinno posiadać każde pomieszczenie pomocnicze bezokienne (grawitację - nie wywiewkę dachówkową), np. garderoba, pomieszczenie gospodarcze, pomieszczenie pomocnicze itp.
11. Kanał wyciągowy wentylacji grawitacyjnej powinien posiadać każdy pokój, w którym przepływ powietrza od okna do najbliższej kratki wentylacji grawitacyjnej jest oddzielony więcej niż dwójgim drzwiami.
12. Każde pomieszczenie mieszkalne typu pokój oraz kuchnia z oknem zewnętrznym powinny mieć doprowadzone powietrze zewnętrzne.
13. Dopływ powietrza do pomieszczeń mieszkalnych oraz kuchni z oknem zewnętrznym powinien być zapewniony przez nawiewniki powietrza o regulowanym stopniu otwarcia. Miejsce zamontowania nawiewnika to:
 - górna część okna, rama okienna,
 - otwór okienny, między nadprożem a ościeżnicą okna w obudowie rolety zewnętrznej,
 - w przegrodzie zewnętrznej ponad oknem.
14. Dla urządzeń gazowych z grawitacyjnym odprowadzeniem spalin należy zapewnić wentylację grawitacyjną z nawiewem i wyciągiem powietrza - nie należy montować kotłów z otwartą komorą spalania w łazienkach!
15. Przepływ powietrza między pomieszczeniami powinien być zapewniony poprzez otwory lub szczeliny w dolnej części drzwi. Przekrój netto dla pomieszczeń higieniczno-sanitarnych wynosi 200cm² dla pomieszczeń mieszkalnych 80 cm².
16. Stosowanie przewodów poziomych dla wentylacji grawitacyjnej jest nieprawidłowe.
17. Stosowanie wentylatorów wyciągowych w łazienkach pracujących tylko w funkcji zapalenia światła jest niewskazane z powodów znaczących oporów przepływu powietrza podczas postoju wentylatora.
18. Stosowanie wspólnych kanałów wentylacyjnych dla dwóch pomieszczeń jest nieprawidłowe.
19. Stosowanie kominków wentylacyjnych i innych wywiewek dachówkowych bez zapewnienia odpowiedniej średnicy i długości odcinka pionowego jest błędem.
20. Strumień powietrza nawiewanego powinien równać się strumieniowi powietrza usuwanego.

Zaprojektowana i wykonana w prawidłowy sposób wentylacja grawitacyjna to dużo wyższy wydatek, niż mogłoby się wydawać.

Jeżeli dodamy do tego straty ciepła, jakie powoduje działająca wentylacja grawitacyjna (ucieczka ciepłego, ogrzanego powietrza przez kanały wywiewne), okaże się, że **koszt wykonania wentylacji grawitacyjnej jest porównywalny** z kosztem wykonania systemu rekuperacji.

Wentylacja grawitacyjna – porównanie kosztów wykonania

Porównajmy zatem koszt wykonania wentylacji grawitacyjnej w domu o powierzchni użytkowej 142,2 m². Pomieszczenia na parterze: pokój dzienny, gabinet, wiatrołap, łazienka, pomieszczenie gospodarcze, kuchnia z jadalnią.

Pomieszczenia na piętrze: 3 pokoje, garderoba, łazienka, hol.

Ilość kanałów grawitacyjnych:

- kuchnia 2 szt. (likwidacja jednego, drugi pozostaje do okapu)
- pomieszczenie gospodarcze 1 szt.
- łazienka 1 szt.
- 3 pokoje 3 szt.
- łazienka 1 szt.
- garderoba 1 szt.

SUMA: 9 szt. kanałów wentylacyjnych wraz z orientacyjnym kosztem wybudowania kanałów wraz z obróbką może wynieść nawet 20.000 zł.

Wykonanie rekuperacji dla tego budynku opartej na przeciwprądowym rekuperatorze AERISnext wyniesie około 23.500 zł.

Czy to aż taka duża różnica? Pamiętać przy tym należy, że budynek musi posiadać jakiś system wentylacji, więc wykonuje się w nim albo wentylację grawitacyjną, albo mechaniczną z odzyskiem ciepła (lub jej odmiany).

Aktualne podstawy prawne

- PN - 83/B-03430 Az3 2000

Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej.

- PN - Przewody dymowe, spalinowe i wentylacje murowane z cegły. Wymagania techniczne i badania przy odbiorze
- Dz.U. nr 75 Rozporządzenie Ministra infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z dnia 12.02.2002 z późniejszymi zmianami, rozdział 6 „Wentylacja i klimatyzacja”.
- obowiązująca wiedza techniczna.

Wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła - najważniejsze cechy

- 1. Możliwość regulacji systemu** – w zależności od warunków zewnętrznych i wewnętrznych użytkownik każdorazowo ma wpływ na ilość powietrza dostarczanego i usuwanego z budynku.

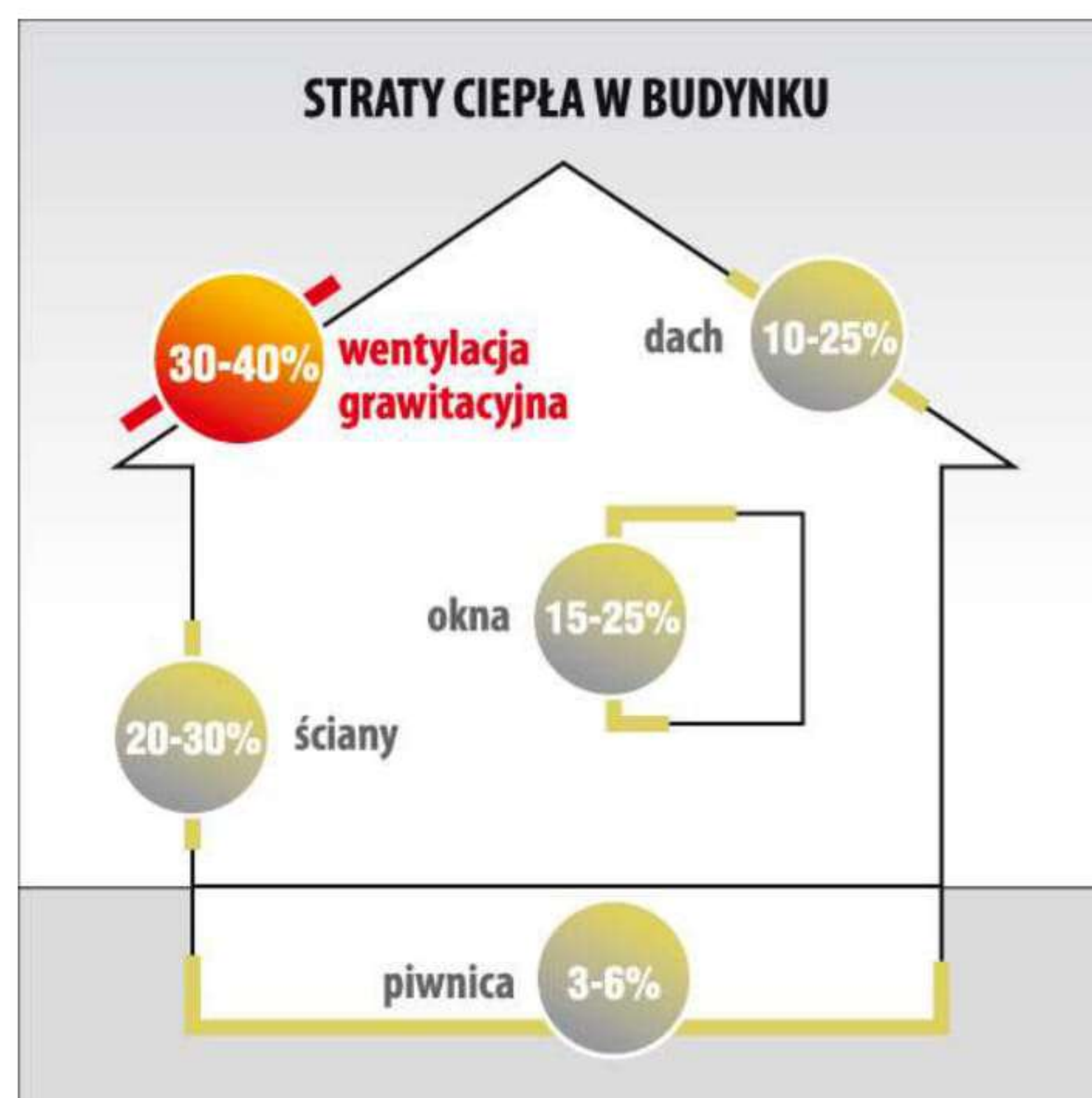
W czasie nieobecności domowników oraz w miesiącach zimowych, intensywność wentylacji powinna być bardzo niska. Zbyt intensywna wentylacja byłaby marnotrawieniem energii cieplnej i elektrycznej, dlatego zmniejsza się wydajność układu do minimum, np. 15% wartości projektowanej, co na poziomie użytkownika systemy oznacza ustawienie najniższego biegu rekuperatora. W czasie dużej wilgotności, większej ilości domowników lub większego wysiłku zawsze jest możliwość zmiany ustawień. Podobnie jest zimą: podczas gdy wentylacja grawitacyjna

pracowałyby najintensywniej, w przypadku wentylacji mechanicznej mamy możliwość rozsądnego jej ograniczenia.

Możliwość stopniowego regulowania intensywności pracy wentylatorów (przewietrzania) jest zależna od rodzaju rekuperatora. Dla urządzeń z silnikami stałoprądowymi może ona wynosić od 15 - 100%. Dla typowych wentylatorów zmiennoprądowych wynosi ona najczęściej 50 - 70 - 100% wartości nominalnej.

Dla bardziej zaawansowanych rekuperatorów sterowanie wydajnością może odbywać się w funkcji wilgotności lub stężenia CO₂. Zwiększenie któregoś z parametrów powoduje zwiększenie intensywności wentylowania.

2. **Odzysk ciepła, oszczędności** – każdy rekuperator, niezależnie od swojej sprawności, odzyskuje energię ciepłą. Prawidłowe, zapewniające dostateczną wymianę powietrza wentylowanie budynku w okresie zimowym bez odzysku ciepła drastycznie podnosi koszty ogrzewania budynku. Im jest on lepiej zaizolowany, straty energetyczne na wentylacji grawitacyjnej są procentowo największe.



Rys. 2. Straty ciepłne budynku o średnim stopniu izolacji.

Dla budynków pasywnych straty energetyczne z powodu prawidłowo funkcjonującej wentylacji mogą sięgać 70% lub nawet 80% strat ciepła w budynku. Pamiętajmy, że kolejne polepszanie parametrów termicznych budynku w obecnych czasach bez wykonania systemu wentylacji z odzyskiem ciepła dyskwalifikuje ten obiekt jako dom niskoenergetyczny. **Domem energooszczędnym może być wyłącznie dom z rekuperacją.**

Należy sobie zdawać sprawę, że poziom ilości zaoszczędzonej energii dla danego budynku można wykonać wyłącznie przez porównanie jej ze stratami ciepła poniesionymi na wentylację w sporządzonym bilansie ciepła dla budynku. Jakiegokolwiek inne podawanie procentowych czy ilościowych oszczędności jest tylko przybliżone.

- 3. Komfort** – tylko prawidłowo zaprojektowana i wykonana wentylacja mechaniczna zapewnia poprawne parametry wentylowania budynku. Bardzo ważne jest, by instalacja została zaprojektowana i wykonana z najwyższą starannością i znajomością sztuki, ponieważ błędy w instalacji wentylacji nie zawsze widać w chwili odbioru budynku - potrafią one jednak dawać o sobie znać przez lata.

Rekuperacja nie jest systemem klimatyzacji ani ogrzewania. Jest to system wentylacyjny i nie gwarantuje on możliwości ustawienia konkretnych parametrów temperaturowych powietrza. Rekuperacja jest systemem, którego główną funkcją jest wymiana powietrza przy możliwie niskich kosztach eksploatacji.

W polskim klimacie, w każdym domu, w którym działa system wentylacji, musi równolegle funkcjonować system ogrzewania.

W celu zapewnienia komfortowej temperatury zewnętrznej podczas bardzo wysokich temperatur zewnętrznych latem, powinien również funkcjonować system klimatyzacji.

- 4. Usuwanie zanieczyszczeń** – przy zastosowaniu wentylacji mechanicznej mamy możliwość usunięcia większości zanieczyszczeń, których źródłem są ludzie, przedmioty i elementy stałe budynku, co w znaczący sposób poprawia jakość powietrza.
- 5. Filtracja powietrza** – przy wentylacji mechanicznej istnieje możliwość wpływu na jakość powietrza wewnętrznego. Nawiewane do pomieszczeń powietrze pobierane z zewnątrz jest filtrowane w filtrach rekuperatora. To pozbawia go zanieczyszczeń oraz pyłów, w tym smogowych. W zależności od zastosowanego rodzaju filtracji, oczyszczanie to może być podstawowe, dokładne lub zaawansowane. Filtrowanie zaawansowane realizuje opcjonalnie montowane urządzenie ALPHAclean z elektrofiltrem kanałowym.

3 poziomy oczyszczania powietrza w domu z rekuperacją				
		1	2	3
		Podstawowy	Dokładny	Zaawansowany
		Fabrycznie montowane filtry	Filtry dokładne w klasie F7	System antysmogowy ALPHAclean
Rodzaj cząsteczki	Rozmiar cząsteczki	Stopień filtracji		
Zanieczyszczenia zgrubne	> 10 µm	> 90%	> 90%	100%
Cząsteczka PM10	0,3 µm - 10 µm		> 85%	99,94% *
Cząsteczka PM2.5	0,3 µm - 2,5 µm		65% - 80%	99,94% *
Cząsteczka PM1	0,3 µm - 1,0 µm		50% - 65%	99,94% *

* - zgodnie z raportem TÜV Nord Nr TR-KKL-2020-053-S1.

Człowiek narażony jest obecnie na wdychanie substancji chemicznych oraz pyłów zawieszonych PM₁₀, PM_{2.5} i PM₁ obecnych w powietrzu zewnętrznym. W celu zapewnienia odpowiedniej jakości powietrza w pomieszczeniach, szczególnie na terenach zurbanizowanych, niezwykle istotne jest oczyszczanie powietrza w centralach wentylacyjnych.

Obecnie obowiązująca norma filtracji powietrza (PN-EN ISO 16890) oparta jest na skuteczności filtracji odniesionej do określonych wielkości cząstek pyłu.

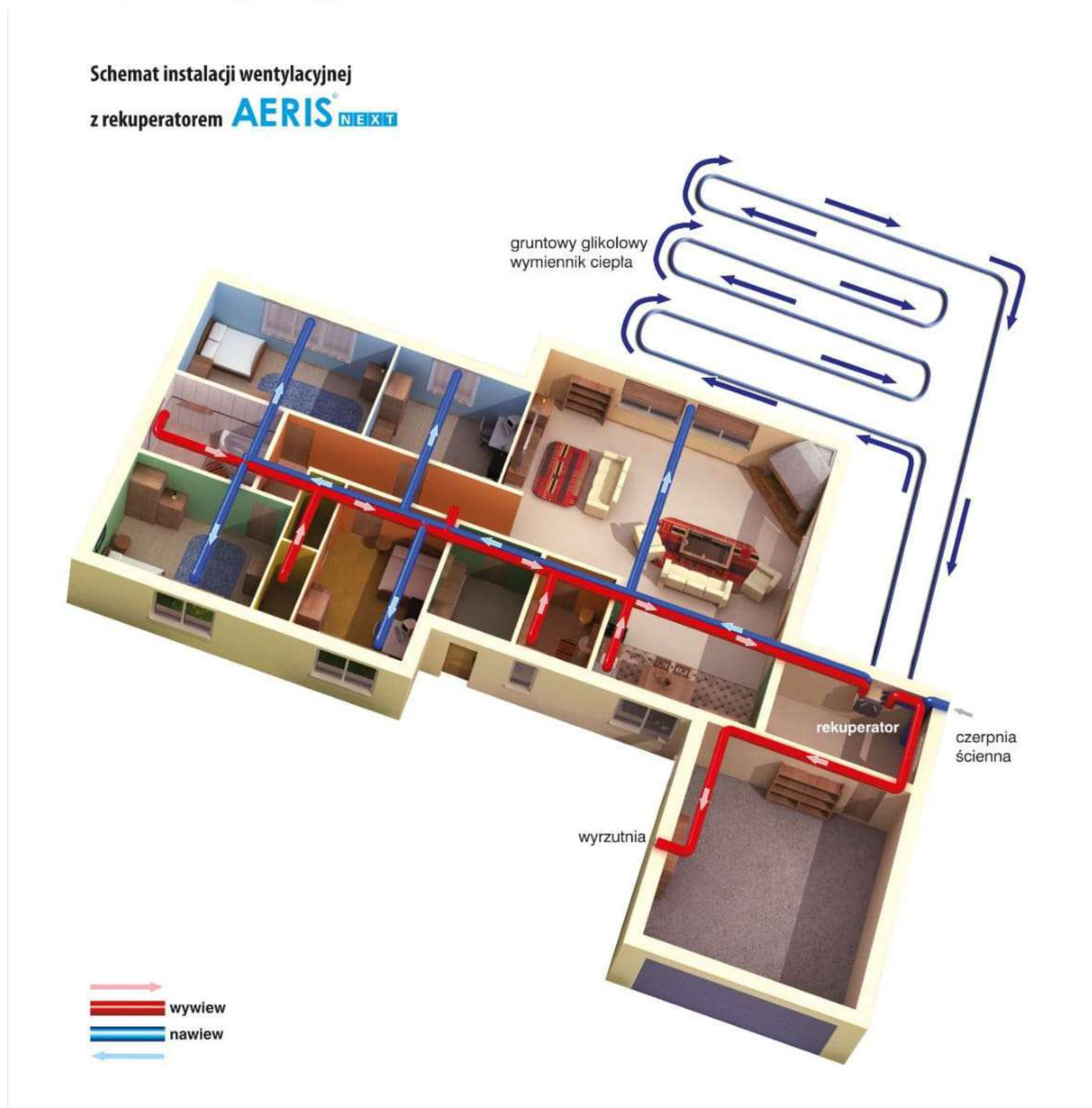
Grupy filtrów	Wymagania			Wartość odniesienia dla klasy filtra
	ePM _{1min}	ePM _{2.5 min}	ePM _{10min}	
	%	%	%	
ISO filtr wstępny	-	-	<50	początkowe, grawimetryczne zatrzymanie
ISO ePM ₁₀	-	-	≥50	ePM ₁₀
ISO ePM _{2,5}	-	≥50	-	ePM _{2,5}
ISO ePM ₁	≥50	-	-	ePM ₁

Klasyfikacja filtrów powietrza zgodnie z PN-EN ISO 16890.

6. **SBS** – Sick Building Syndrome (syndrom chorego budynku) to zespół objawów, takich jak zmęczenie, nudności, powtarzające się bóle i zawroty głowy, zaburzenia pamięci i koncentracji, zaburzenia w oddychaniu, podrażnienie błon śluzowych gardła, nosa i krtani, w skrajnych przypadkach nawet omdlenia pojawiające się u osób przebywających w pomieszczeniach, w których panują szkodliwe warunki środowiskowe, w szczególności w pomieszczeniach źle wentylowanych. Często objawy te podobne są do objawów astmy lub przeziębienia, znikają jednak szybko po uzyskaniu dostępu do świeżego powietrza lub po opuszczeniu zbyt szczelnego budynku. SBS jest reakcją organizmu na złą wentylację i wynikającego z niej nadmiaru nagromadzonych w powietrzu takich czynników jak zanieczyszczenia pyłowe, chemiczne i biologiczne, tlenek węgla, dwutlenek węgla, nadmiar pary wodnej oraz na niedomiar tlenu.
7. **Ekologia** – wbrew pozorom największym odbiorcą energii nie jest przemysł, a budownictwo mieszkaniowe. Zmniejszenie więc zapotrzebowania na energię ewidentnie przekłada się na mniej zanieczyszczone środowisko. Oczywiście w skali wielkości jest to potencjał bardzo rozproszony, ale najbardziej zmotywowany i działający najszybciej. To przysłowiowy Kowalski najszybciej podejmuje decyzje o oszczędnościach, a nie wielkie instytucje.
8. **Koszty eksploatacji** – należą do nich:
 - zużycie energii elektrycznej (między 140 – 290 zł w zależności od typu i rodzaju rekuperatora),
 - wymiana filtrów: co 2 – 3 miesiące w zależności od stopnia zabrudzenia (aktualne ceny na www.kupfiltry.pl)

- coroczne przeglądy serwisowe: aktualna oferta na www.kupfiltry.pl.

Zasada działania rekuperacji



W systemie wentylacji mechanicznej powietrze jest czerpane przez czepnię ścienną (zalecaną) lub dachową. Po przejściu przez kanał dochodzi do rekuperatora, gdzie w wymienniku ciepła następuje wymiana energii, przy czym powietrze wywiewane nie miesza się z powietrzem nawiewanym, mimo że pobiera od niego ciepło (jest to szczególnie istotne dlatego, że nie przenikają do niego zapachy). Dalej wentylator umieszczony w rekuperatorze tłoczy je kanałami nawiewnymi (niebieskimi) do pomieszczeń mieszkalnych. Nawiewniki są zazwyczaj rozmieszczone po przeciwnej stronie drzwi wyjściowych z pomieszczenia, co pozwala na prawidłowe wentylowanie całej kubatury. Przepływ powietrza pomiędzy pomieszczeniami umożliwiają otwory lub szczeliny w dolnej części drzwi.

Z pomieszczeń higieniczno-sanitarnych i pomocniczych następuje odbieranie powietrza niosącego wilgoć i zanieczyszczenia. Lokalizacja wyciągów w górnej strefie pozwala na skuteczny odbiór powietrza z

pomieszczenia. Następnie kanałami wyciągowymi (czerwonymi) powietrze trafia do rekuperatora, gdzie oddaje swoją energię cieplną (a czasami w zaawansowanych technologicznie centralach również wilgoć), a wentylator kanałami wywiewnymi usuwa je z budynku tzw. wyrzutnią zlokalizowaną w ścianie lub na dachu.

Szczegóły dotyczące lokalizacji kanałów czerpni i wyrzutni oraz średnic kanałów w dalszej części opracowania.

Elementy składowe systemu rekuperacji i budowa rekuperatora

Do podstawowych elementów systemu wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła zaliczamy:

- rekuperator (centralę wentylacyjną)
- kanały wentylacyjne
- sterowniki
- elementy nawiewne i wywiewne (anemostaty, kratki, inne)
- czerpnię
- wyrzutnię

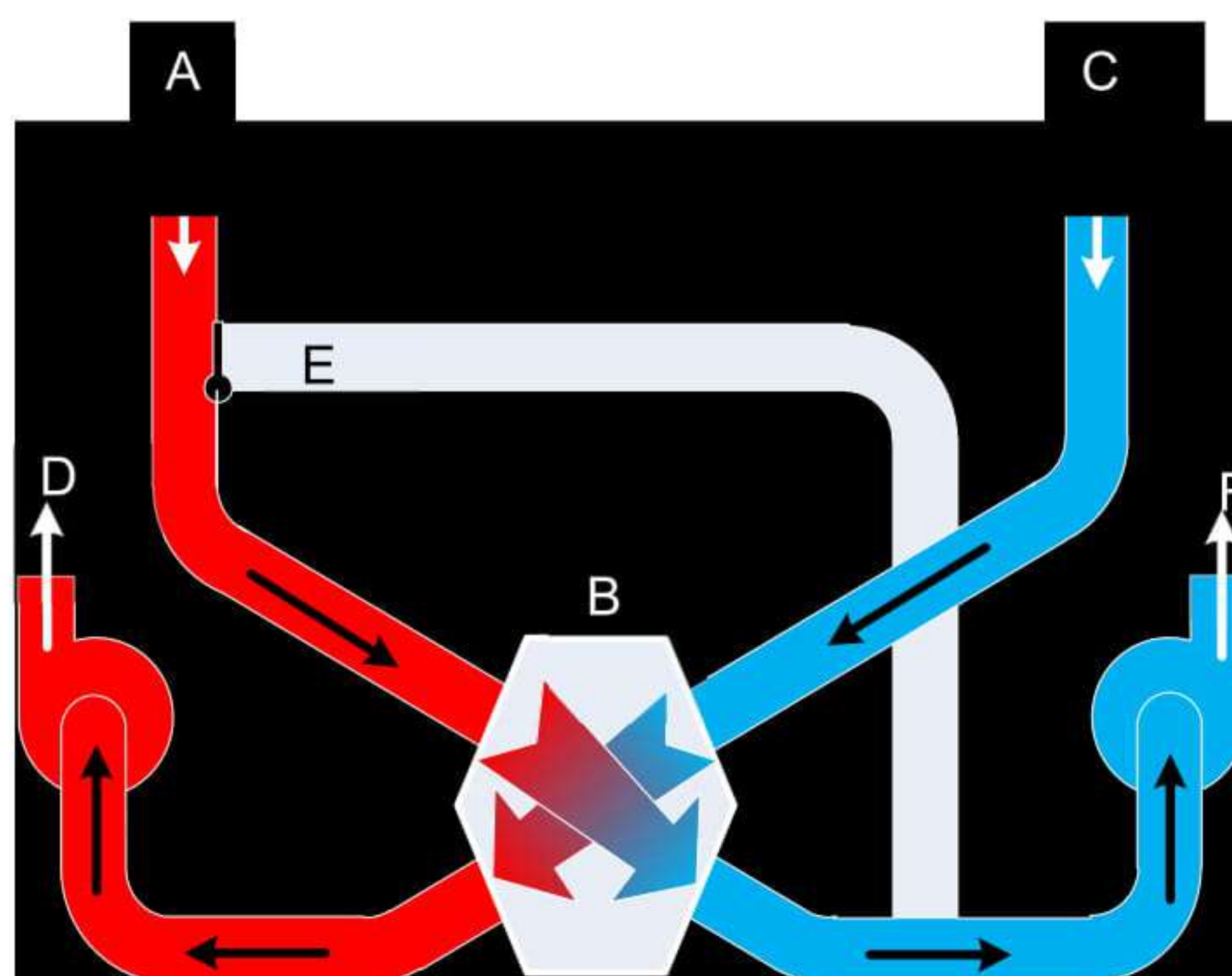
Dodatkowe elementy systemu rekuperacji:

- gruntowy wymiennik ciepła (powietrzny, glikolowy, żwirowy, inny)
- elementy grzewcze (nagrzewnice kanałowe)
- elementy chłodzące (chłodnice kanałowe)
- pompy ciepła jako element grzewczy lub chłodzący powietrze wentylacyjne

Rekuperator - urządzenie służące do wymiany powietrza w budynku pełniące dodatkowo funkcję odzysku ciepła i filtracji powietrza.



Przeciwprądowy rekuperator AERISnext 350.



Schemat zasady działania rekuperatora: **A** – powietrze wywiewane z pomieszczeń. **B** – wymiennik ciepła. **C** - powietrze świeże czerpane z zewnątrz. **D** - nawiew powietrza do pomieszczeń. **E** – bypass. **F** - wyrzut powietrza zużytego na zewnątrz.

Elementami rekuperatora są:
- **wymiennik ciepła**

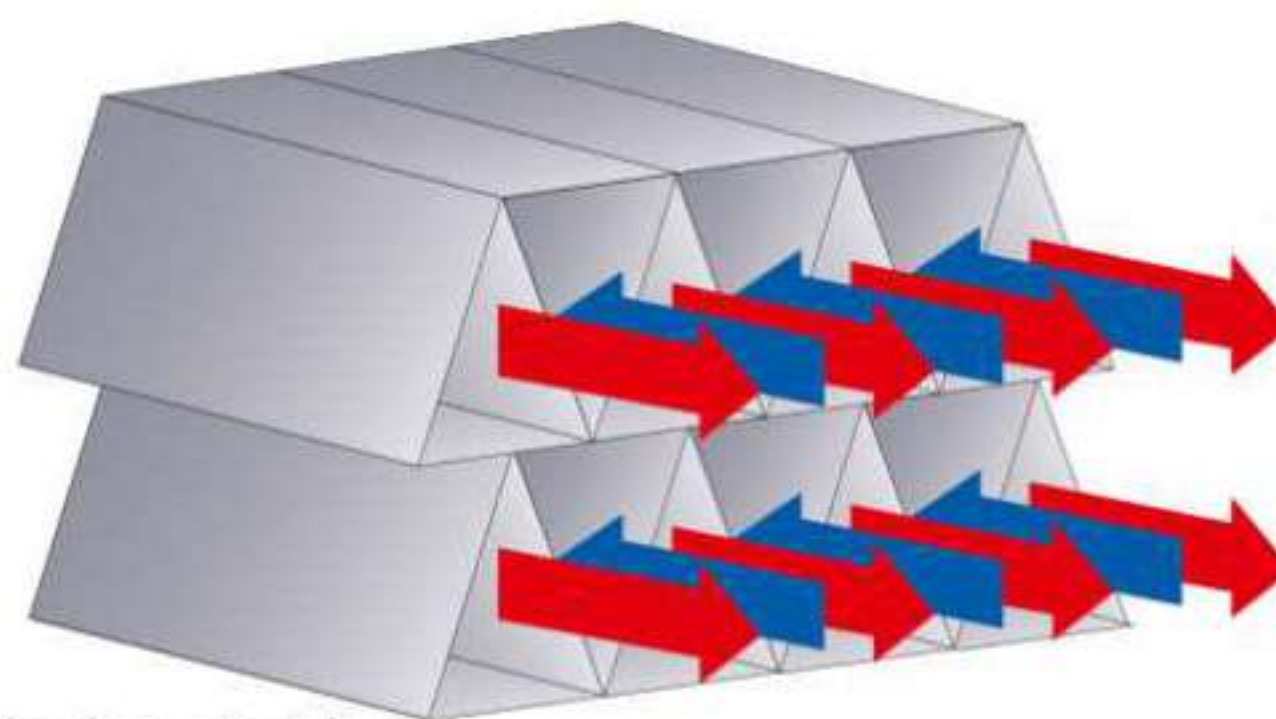


fig. 1 Triangular ducts principle.

Wymiennik ciepła decyduje o efektywności odzysku ciepła. Najczęściej zbudowany z tworzywa lub aluminium. Zasada działania wymiennika polega na przepływie ciepłego i zimnego powietrza wąskimi przylegającymi do siebie kanalikami, dzięki czemu dochodzi do wymiany energii cieplnej.

Najczęściej stosowane w domowych centralach wentylacyjnych rodzaje wymienników ciepła:

- wymienniki obrotowe: obracający się bęben pobiera ciepło z sekcji wyciągowej centrali i po nagraniu swojej powierzchni i dokonaniu obrotu oddaje zakumulowane ciepło powietrzu świeżemu; ze względu na konstrukcję wymiennika, niewielka część powietrza wyciąganego miesza się z powietrzem nawiewanym, sprawność: 80 - 88%



Wymiennik obrotowy rekuperatora

- wymienniki przeciwprądowe: kanaliki ułożone są równoległe, a powietrze przepływa w nich w przeciwnych kierunkach, dzięki czemu otrzymuje się korzystniejszy rozkład temperatur na powierzchni wymiennika, sprawność: 80 – 96%,
- wymienniki entalpiczne: oprócz ciepła odzyskują również wilgoć; występują jako krzyżowe lub przeciwprądowe).



Wymiennik przeciwprądowy rekuperatora

Zaleca się, by w domach jednorodzinnych stosować rekuperatory z wymiennikami o jak najwyższej sprawności (powyżej 80%), co ma znaczący wpływ na zmniejszenie kosztów ogrzewania.

Kolejnymi elementami rekuperatora są:

- wentylatory

Urządzenia służące do wygenerowania ruchu powietrza w instalacji wentylacyjnej. Można wyróżnić dwa typy wentylatorów ze względu na ich sposób zasilania:

- stałoprądowe: energooszczędne, umożliwiają elastyczną regulację układu wentylacyjnego w zakresie od 15 - 100%,
- zmiennoprądowe: energochłonne, posiadają ustawione fabrycznie stałe parametry wydajności na poszczególnych biegach.

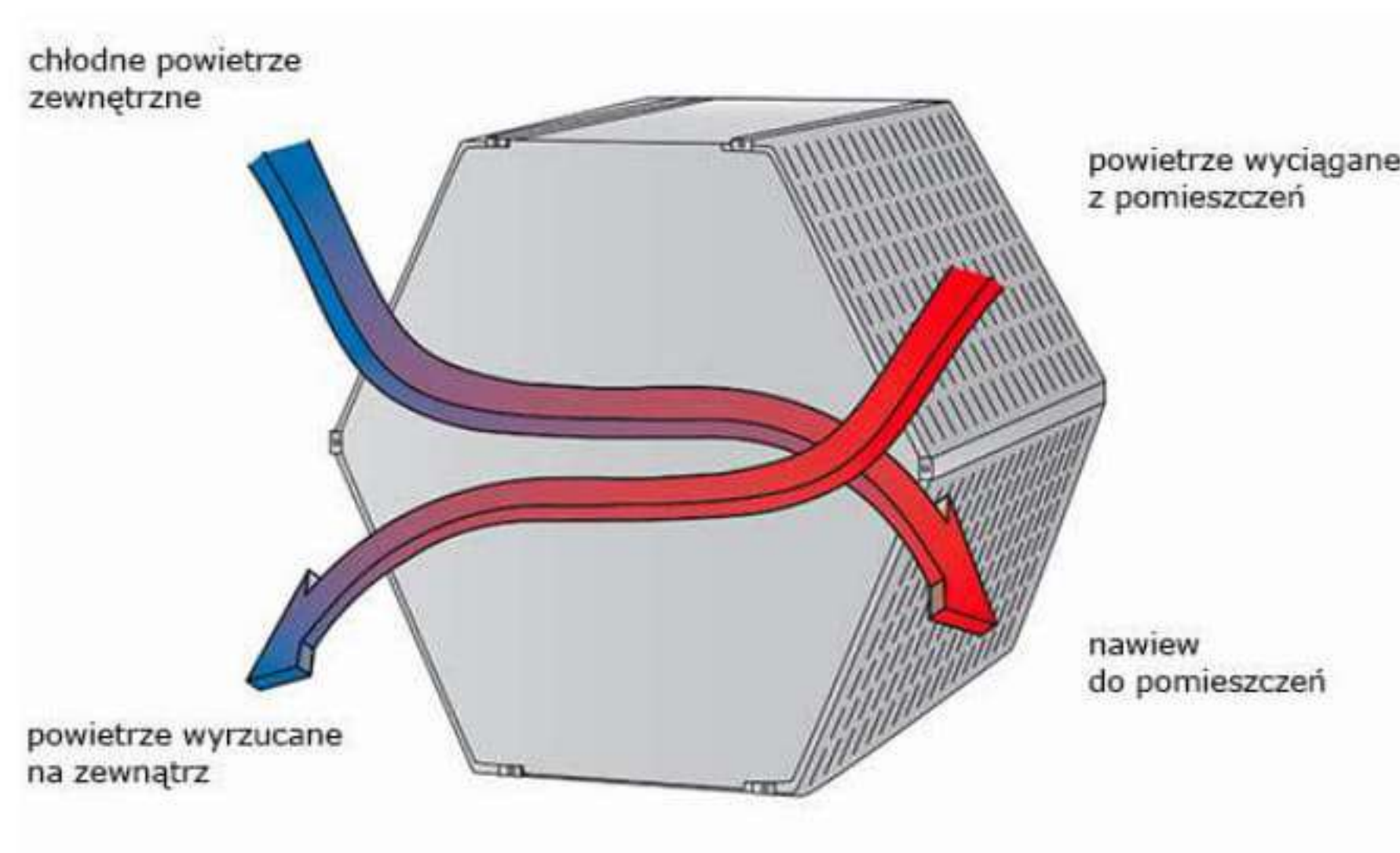
Zaleca się, by w domach jednorodzinnych stosować centrale wentylacyjne z silnikami stałoprądowymi, co pozwoli na elastyczne dopasowanie wydajności systemu do potrzeb użytkownika oraz znacząco obniży koszty jego użytkowania.

- by-pass

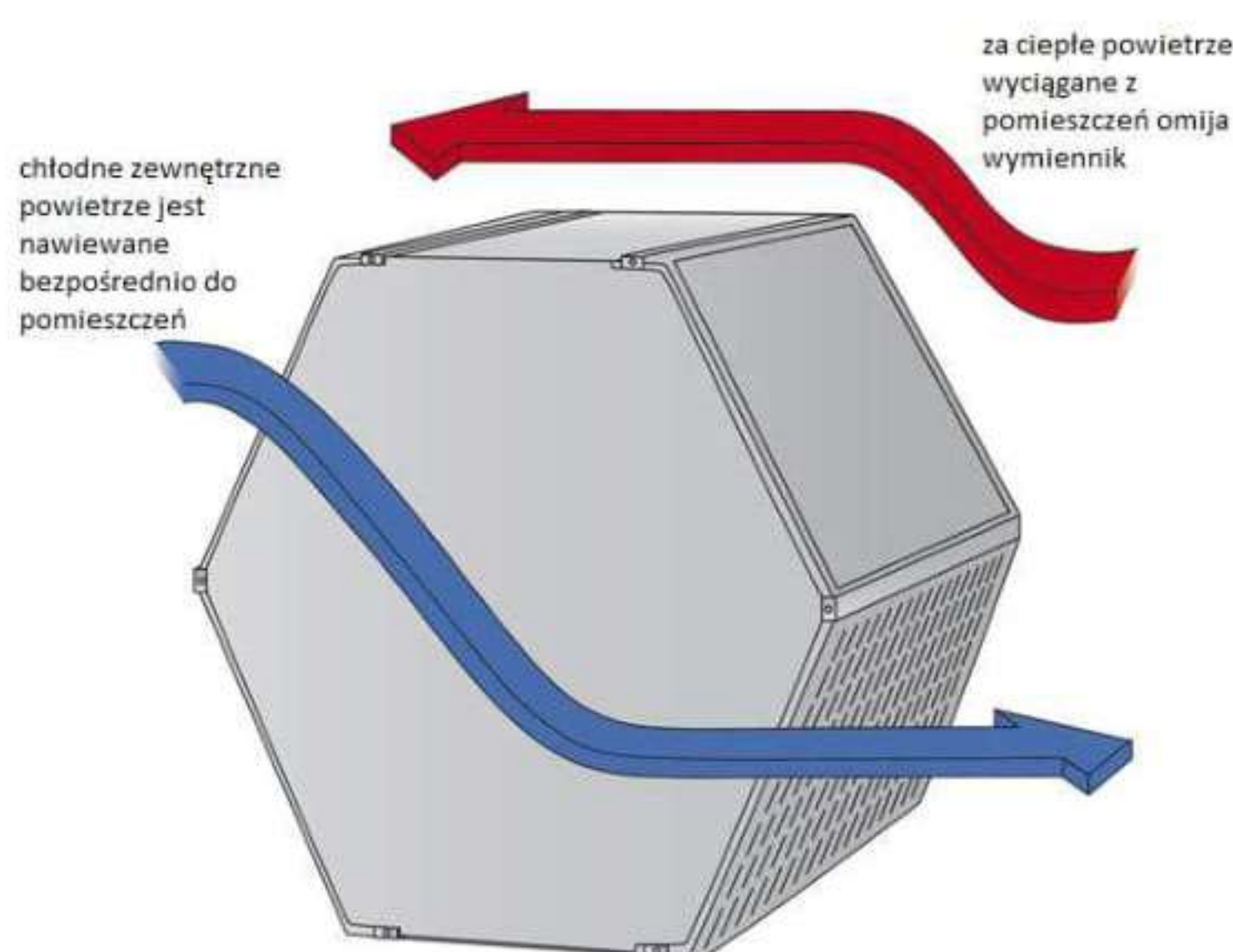
Element centrali wentylacyjnej stanowiący specjalne obejście powietrza nawiewanego lub wywiewanego (w zależności od konstrukcji centrali) poza wymiennikiem.

Stosuje się go w okresie letnim w nocy, gdy temperatura zewnątrz jest niższa niż wewnątrz budynku, a wewnątrz budynku temperatura jest wyższa niż zadana przez użytkownika. W takiej sytuacji bypass otwiera się powodując przejście jednego strumienia powietrza poza wymiennikiem ciepła, co powoduje brak odzysku ciepła.

Bypass działa automatycznie powodując otwarcie lub zamknięcie kłapy i dzieje się to bez ingerencji użytkownika, przy czym ma on możliwość ustawienia tzw. temperatury komfortu, do której dążyć będzie centrala wentylacyjna.



Bypass zamknięty, powietrze przechodzi przez wymiennik ciepła w rekuperatorze.



Bypass otwarty: powietrze nie przechodzi przez wymiennik ciepła w rekuperatorze.

- sterowniki

Ich zadaniem jest regulacja ilości powietrza w zależności od zapotrzebowania budynku.

Sterowanie wydajnością pracy systemu rekuperacji może być realizowane przez różne rodzaje sterowania:

- manualne: sterowniki stopniowe pozwalające ręcznie ustawić wydajność pracy wentylatorów (ilości powietrza nawiewanego i wywiewanego z budynku),
- automatyczne: sterowniki umożliwiające zaprogramowanie wydajności i temperatury w cyklu dobowym lub tygodniowym,
- inne: rozbudowane układy sterowania oprócz typowych podstawowych możliwości programowania mogą posiadać również sterowanie w oparciu o inne parametry np. wilgotności powietrza oraz zawartości CO₂ w pomieszczeniach.



Przykładowy sterownik do rekuperatora.

Zaleca się stosowanie sterowania automatycznego. Sterowanie ręczne wymagające kilkakrotnej zmiany parametrów w ciągu doby, jest niepraktyczne i w przypadku braku zmiany ustawień może powodować zbyt intensywną lub za niską wentylację.

- filtry

Zamontowane w rekuperatorze służą do filtracji powietrza nawiewanego i wywiewanego. Służą nie tylko do oczyszczania powietrza, ale również chronią rekuperator przed zabrudzeniem i zwiększają jego żywotność.



Dwa filtry rekuperatora w klasie G4/ISO coarse, w które standardowo wyposażona jest centrala AERISnext.

- układ antyzamrozeniowy

Służy zabezpieczeniu wymiennika ciepła przed zamarzaniem i powstawaniem lodu w jego wnętrzu.

Kanały wentylacyjne służą do transportowania powietrza i są wykonywane najczęściej ze stalowych rur o dużych średnicach lub przewodów z tworzywa.



Instalacja rekuperacji zbudowana z kanałów wentylacyjnych stalowych przygotowana do zabudowania w ścianie kolankowej pomieszczenia na poddaszu.



Instalacja rekuperacji wykonana z systemu z tworzywa przygotowana do zalania w warstwie posadzki.

W instalacji rekuperacji wyróżniamy cztery typy kanałów:

- kanał czerpny: łączy on czerpnię powietrza z rekuperatorem, transportuje powietrze zewnętrzne do rekuperatora, gdzie jest ono filtrowane i poddawane obróbce termicznej,
- kanały nawiewne: prowadzą od rekuperatora do elementów nawiewnych w pomieszczeniach mieszkalnych, transportują one powietrze, które zostało już poddane obróbce termicznej i jakościowej,

- kanały wyciągowe: prowadzą od elementów wyciągowych zlokalizowanych w pomieszczeniach sanitarnych i pomocniczych do rekuperatora, transportują one powietrze niosące ze sobą wilgoć i zanieczyszczenia,
- kanał wyrzutowy: prowadzący pomiędzy rekuperatorem a wyrzutnią zlokalizowaną w dachu budynku lub na ścianie, transportuje on powietrze, które oddało już swoją energię w rekuperatorze, na zewnątrz budynku.

Elementy nawiewne i wywiewne (anemostaty): elementy służące do wtłaczania powietrza świeżego do budynku i usuwające powietrze zużyte z pomieszczeń. Powinny w swojej konstrukcji posiadać możliwość regulacji lub takie elementy dodatkowe, które pozwolą na osiągnięcie założonych wartości przepływów powietrza.



Anemostat wywiewny



Anemostat nawiewny



Anemostat nawiewny na suficie w pomieszczeniu z wentylacją mechaniczną.

Czerpnia – otwór w ścianie budynku lub w dachu, którego zadaniem jest pobieranie powietrza świeżego o możliwie najwyższej czystości. Musi on być właściwie zabezpieczony przed przedostawaniem się do niego jakichkolwiek niepożądanych elementów z zewnątrz.



Czerpnia w budynkach z wentylacją mechaniczną.

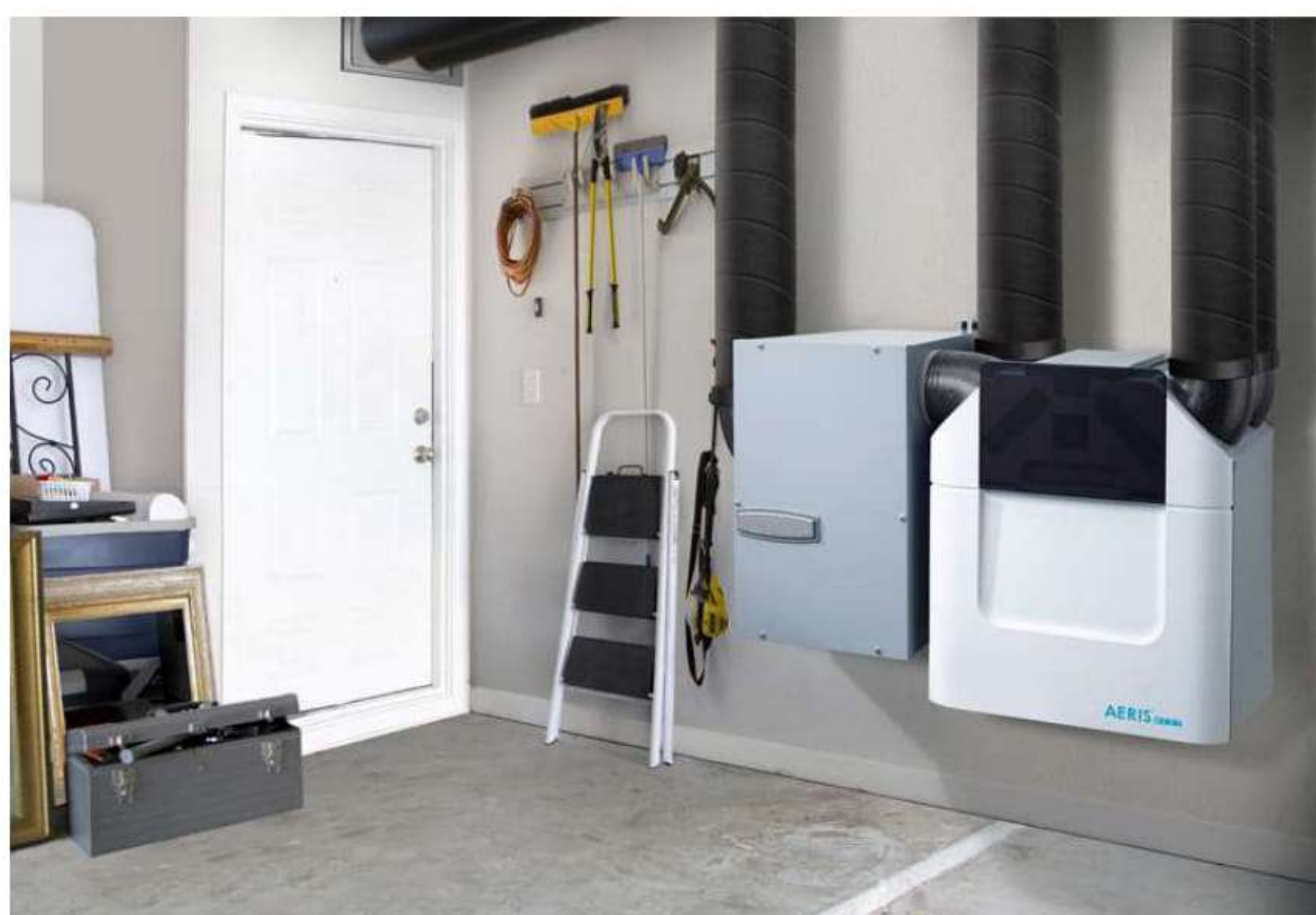


Wyrzutnia - otwór w ścianie budynku lub dachu, którego zadaniem jest odprowadzanie powietrza zużytego. Musi on być właściwie zabezpieczony przed przedostawaniem się do niego jakichkolwiek niepożądanych elementów z zewnątrz.

Gruntowy wymiennik ciepła - system zapewniający wstępną obróbkę termiczną powietrza czerpanego z zewnątrz zarówno zimą, jak i latem.

W okresie zimowym następuje wstępne podgrzanie natomiast w okresie letnim wstępne schłodzenie powietrza zewnętrznego transportowanego do rekuperatora gdzie następuje jego dalsza obróbka. GWC w okresie zimowym stanowi również zabezpieczenie wymiennika ciepła w rekuperatorze przed zamarzaniem.

Skuteczność wstępnego podgrzewania lub wstępnego schładzania powietrza są zależne od zastosowanego systemu, prawidłowego zaprojektowania układu oraz rodzaju gruntu i głębokości posadowienia.



Jednostka wewnętrzna gruntowego wymiennika ciepła (z lewej) z rekuperatorem przeciwprądowym AERISnext (z prawej) zamontowany w garażu.

Rodzaje gruntowych wymienników ciepła:

- układy zamknięte: wymienniki glikolowe



Spiralny sposób ułożenia zewnętrznej instalacji gruntowego glikolowego wymiennika ciepła

W wymiennikach glikolowych **nośnikiem energii jest glikol** krążący w węzownicy ułożonej w gruncie. Następnie energia przekazywana jest do powietrza nawiewanego za pośrednictwem wymiennika powietrznego (nagrzewnicy/chłodnicy powietrza).

Ten rodzaj wymiennika uznaje się za najbardziej higieniczny i wytrzymały.

W wymienniku rurowym przepływające powietrze w rurze ułożonej w gruncie zmienia swoją temperaturą wymieniając ciepło przez ścianki rury.

- układy otwarte: wymienniki powietrzne rurowe, płytowe i żwirowe

W wymienniku rurowym powietrze przepływa z czerpni terenowej przez rurę ułożoną w gruncie na odpowiedniej głębokości. Na całej powierzchni rury następuje przekazanie energii z gruntu do powietrza.

W wymienniku płytowym powietrze przepływa z czerpni terenowej między płytami wymiennika ułożonymi bezpośrednio w gruncie. Płyta musi być wykonana z odpowiednio wytrzymałego materiału: na powierzchni płyt dochodzi do wymiany termicznej.

W wymienniku żwirowym powietrze przepływa z czerpni terenowej do wymiennika w utworzonych szczelinach złoża żwirowego, następuje obróbka termiczna.

Elementy grzewcze – dodatkowe kanałowe nagrzewnice powietrza wodne lub elektryczne służące do podgrzania powietrza nawiewanego.

Elementy chłodzące – dodatkowe kanałowe chłodnice powietrza służące do schłodzenia powietrza nawiewanego.

Pompy ciepła jako element grzewczy lub chłodzący powietrze wentylacyjne – pełni te same funkcje co element grzewczy lub chłodzący przy dużo wyższej sprawności.

Parametry prawidłowo zaprojektowanej rekuperacji

Podstawowym i najważniejszym, choć nie jedynym parametrem doboru ilości powietrza jest ilość osób, które będą na stałe zamieszkiwać dany budynek. Wynosi ona 20 m³/h/osobę. Nie znaczy to tyle, że dla czteroosobowej rodziny odpowiedni będzie rekuperator o wydajności 80 m³/h. Chyba że dom będzie sprowadzał się do jednego pokoju z kuchnią, gdzie wszyscy mieszkają w jednym pomieszczeniu.

Kryteriów doboru jest więcej, a system trzeba projektować tak, by spełnić każdy z nich:

- ilość powietrza potrzebna dla mieszkańców,
- ilość powietrza potrzebna do usunięcia powietrza z pomieszczeń higieniczno-sanitarnych i pomocniczych,
- krotność wymian, która w ramowy sposób uwzględnia najczęściej wiele innych parametrów, takich jak ilość emitowanych zanieczyszczeń czy ilość emitowanej wilgoci, itd.

Dla uproszczenia poniższa tabela przedstawia wartości zalecane, które są zgodne z obowiązującymi przepisami oraz uwzględniają wieloletnie doświadczenie inżynierów Rekuperatory.pl w zapewnianiu komfortu klimatycznego.

Lp.	Rodzaj pomieszczenia i przeznaczenie	Ilość powietrza nawiewanego	Ilość powietrza wywiewanego	Krotność wymiany
		A		B
Należy stosować wartość większą z kolumn A lub B				
		[m³/h]	[m³/h]	[1/h]
1.	Kuchnia zamknięta, wyposażona w kuchnię gazową	70	70	2

2.	Kuchnia otwarta, wyposażona w kuchnię gazową	-	70	2
3.	Kuchnia otwarta, wyposażona w kuchnię elektryczną	-	50	2
4.	Łazienka	-	50	2 - 3
5.	WC (bez wanny lub kabiny prysznicowej)	-	30	2 - 3
6.	Pomieszczenia typu wiatrołap oraz pom. pomocnicze typu garderoba, spiżarnia	-	15	1
7.	Klatka schodowa / hol	-	50	-
8.	Pralnia/suszarnia	-	50	2
9.	Pokój, salon, sypialnia, gabinet	35	-	1
10.	Pomieszczenie rekreacyjne (siłownia domowa)	50	50	1
10.	Strych (w przypadku, kiedy nie jest jasno określone jego przeznaczenie)	50	50	1
11.	Garaż, kotłownia, pom. techniczne, pom. gospodarcze	wentylacja grawitacyjna		

Dla wszystkich pomieszczeń kryterium doboru ilości powietrza powinna być wartość większa z kolumny A i B.

Właściwy dobór kanałów wentylacyjnych i zaprojektowanie instalacji

Od rodzaju zastosowanych kanałów wentylacyjnych, ich ilości, średnicy, solidności wykonania połączeń i izolacji oraz trasy ich prowadzenia zależy efektywność działania całej instalacji.

Kanały powinny być wykonane z materiału nie ulegającego przetarciu, które nie zmieniają swoich właściwości w czasie i takich, które po kilkunastu latach będzie można mechanicznie wyczyścić.

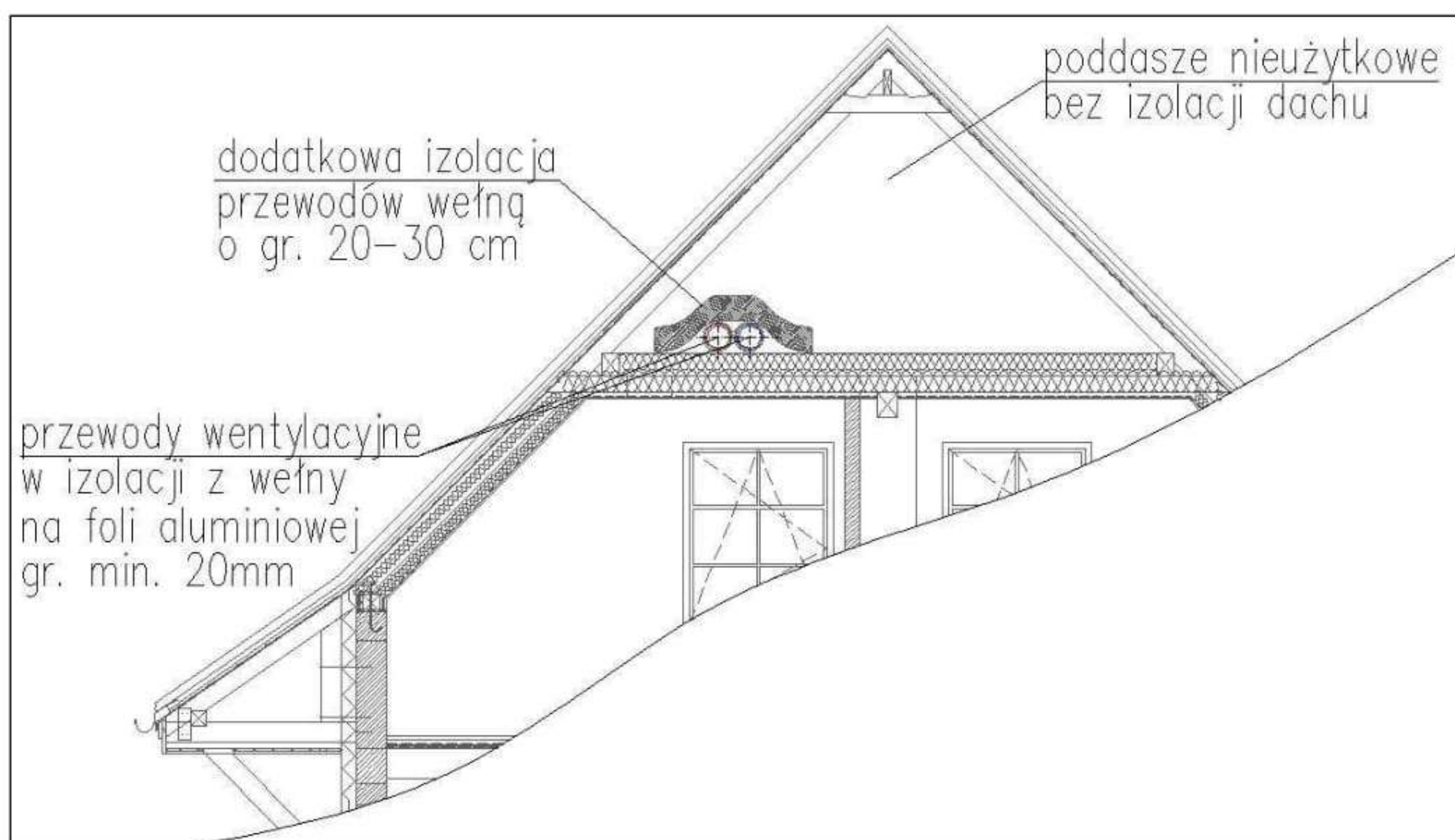
Solidne firmy instalacyjne zrezygnowały już z kanałów wykonywanych chętnie w nie tak dalekiej przeszłości z przewodów elastycznych (tzw. fleksów), które bardzo łatwo jest uszkodzić podczas montażu, a instalacja na nich oparta nie zapewnia dostatecznych przepływów powietrza z uwagi na zwiększone ryzyko powstania znaczących zwężeń średnic lub nieszczelności.

Obecnie w dalszym ciągu najwięcej instalacji wentylacyjnych wykonuje się ze stalowych kanałów o dużych średnicach, które w całości są sztywne, a właściwe połączenia nie zwiększające oporów powietrza zapewniają odpowiednie, również stalowe, elementy: kolana, trójniki i mufy.

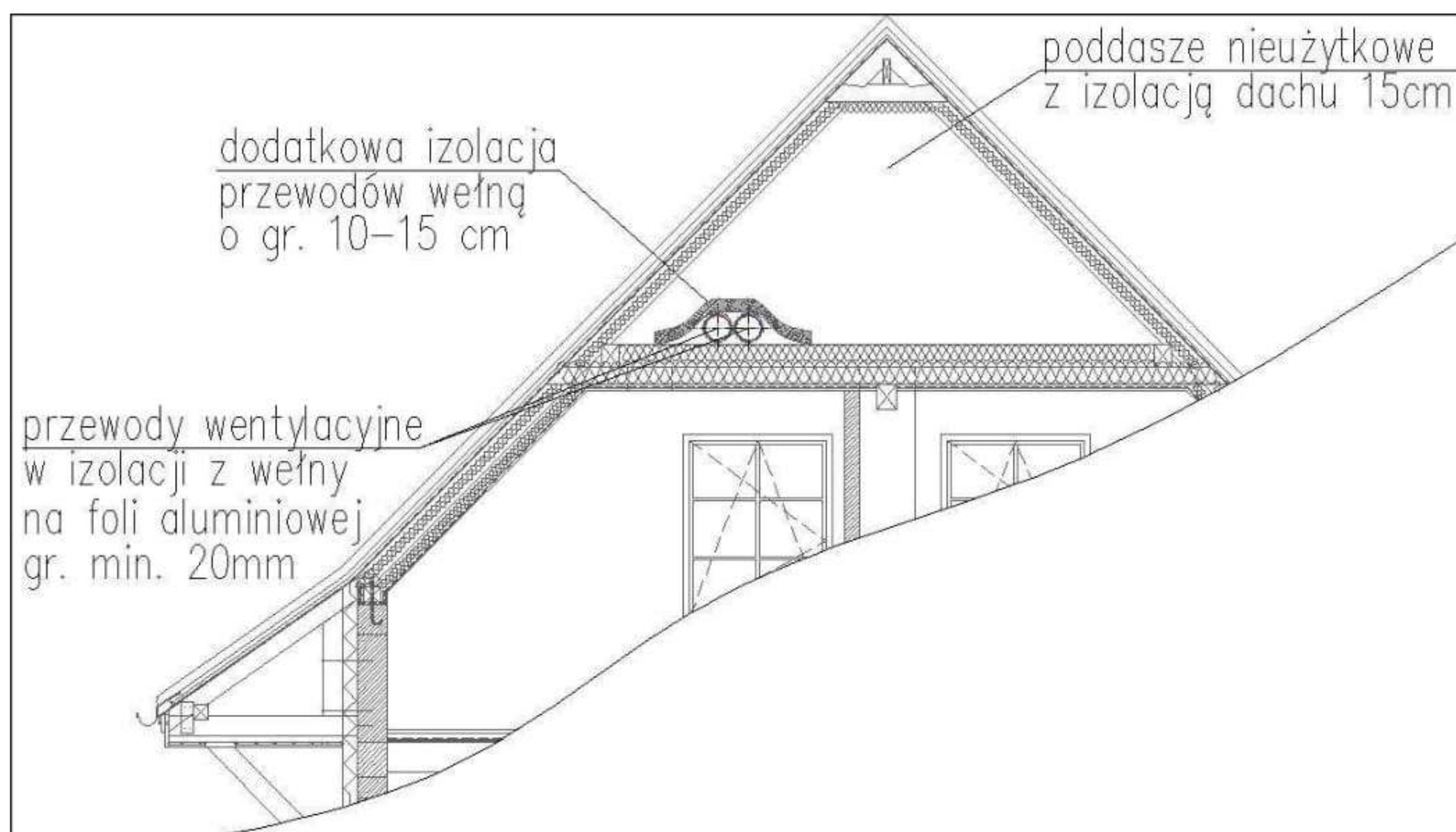
Łatwe nie jest również ani zaprojektowanie, ani prawidłowe wykonanie odpowiednich kanałów wentylacji grawitacyjnej – często spotyka się tutaj poważne błędy wykonawcze.

Stosowane średnice kanałów w rekuperacji to: 80, 100, 125, 160, 200, 250, 315 mm, przy czym należy pamiętać, że większości kanałów jest izolowana wełną mineralną z folią aluminiową o minimalnej grubości 20 mm. Wysokość i wielkość zabudowy nie zawsze określa tylko średnica rury liczona razem z izolacją, ale również układ kształtek i sposób podejścia pod element nawiewny lub wyciągowy oraz inne nieprzewidziane utrudnienia.

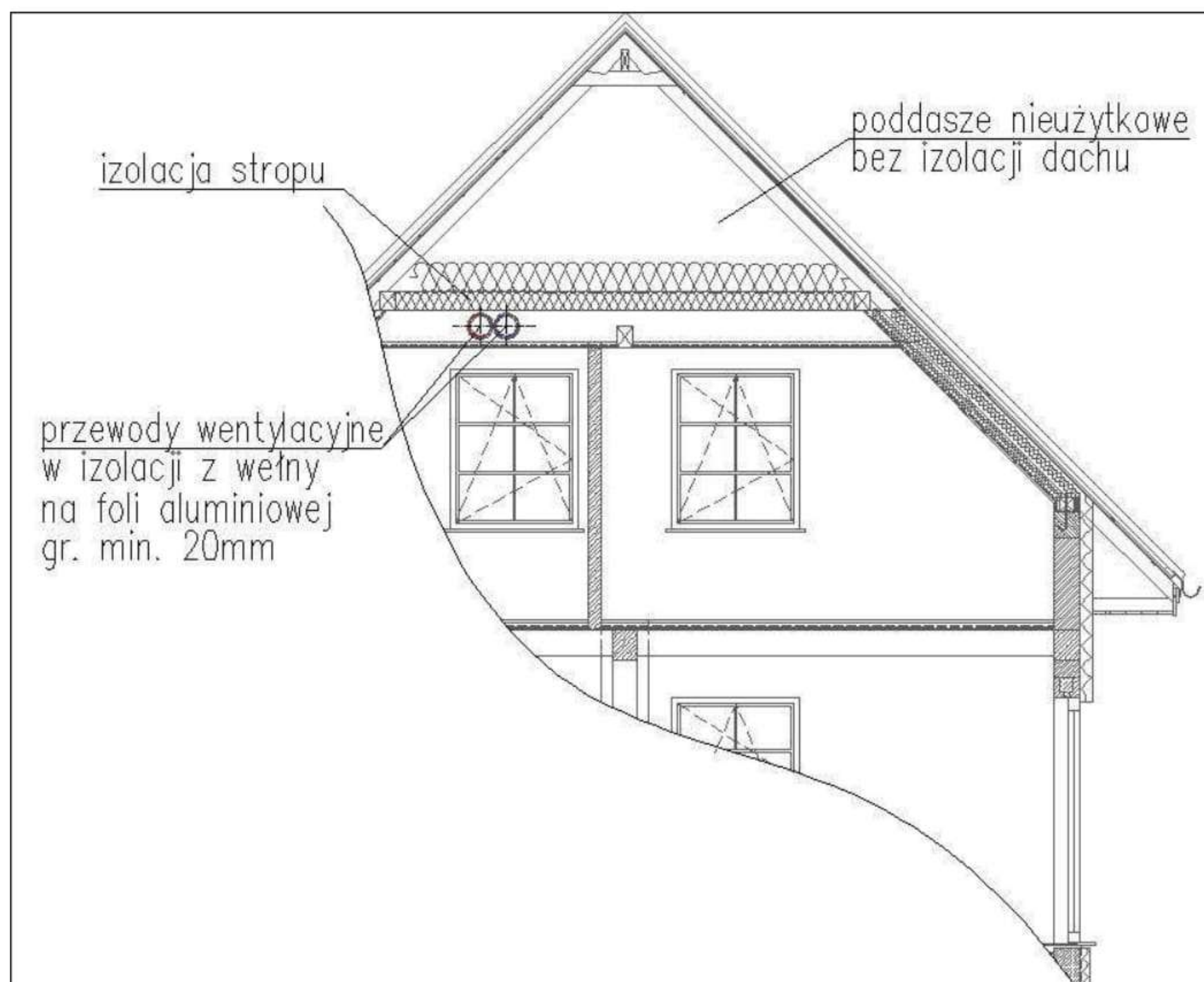
Sposoby rozmieszczenia kanałów wentylacji mechanicznej z rekuperacją w domu jednorodzinnym



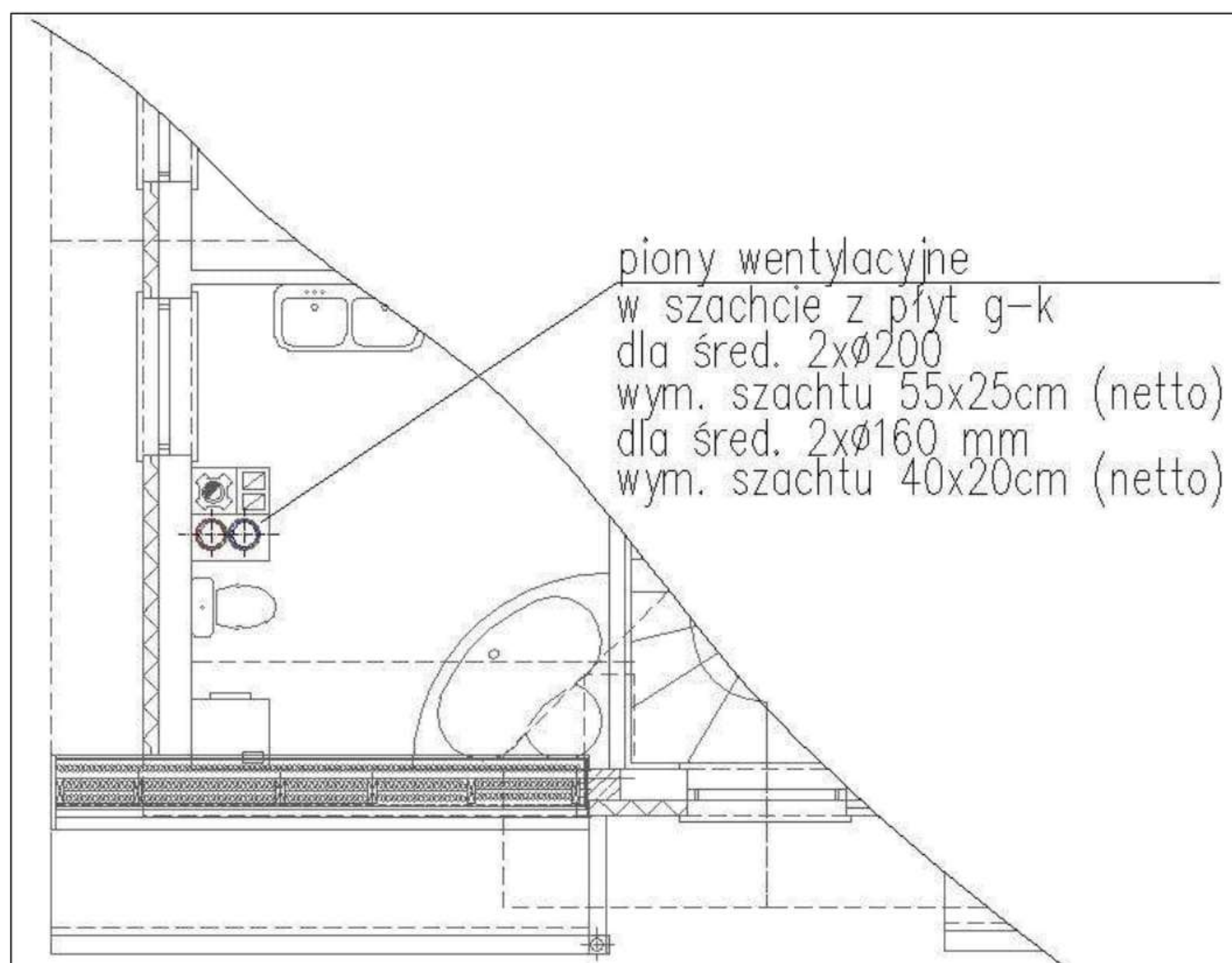
Rys. 1. Prowadzenie kanałów wentylacyjnych na nieocieplonym poddaszu nieużytkowym z zastosowaniem dodatkowej izolacji kanałów wełną mineralną o grubości 20 - 30 cm.



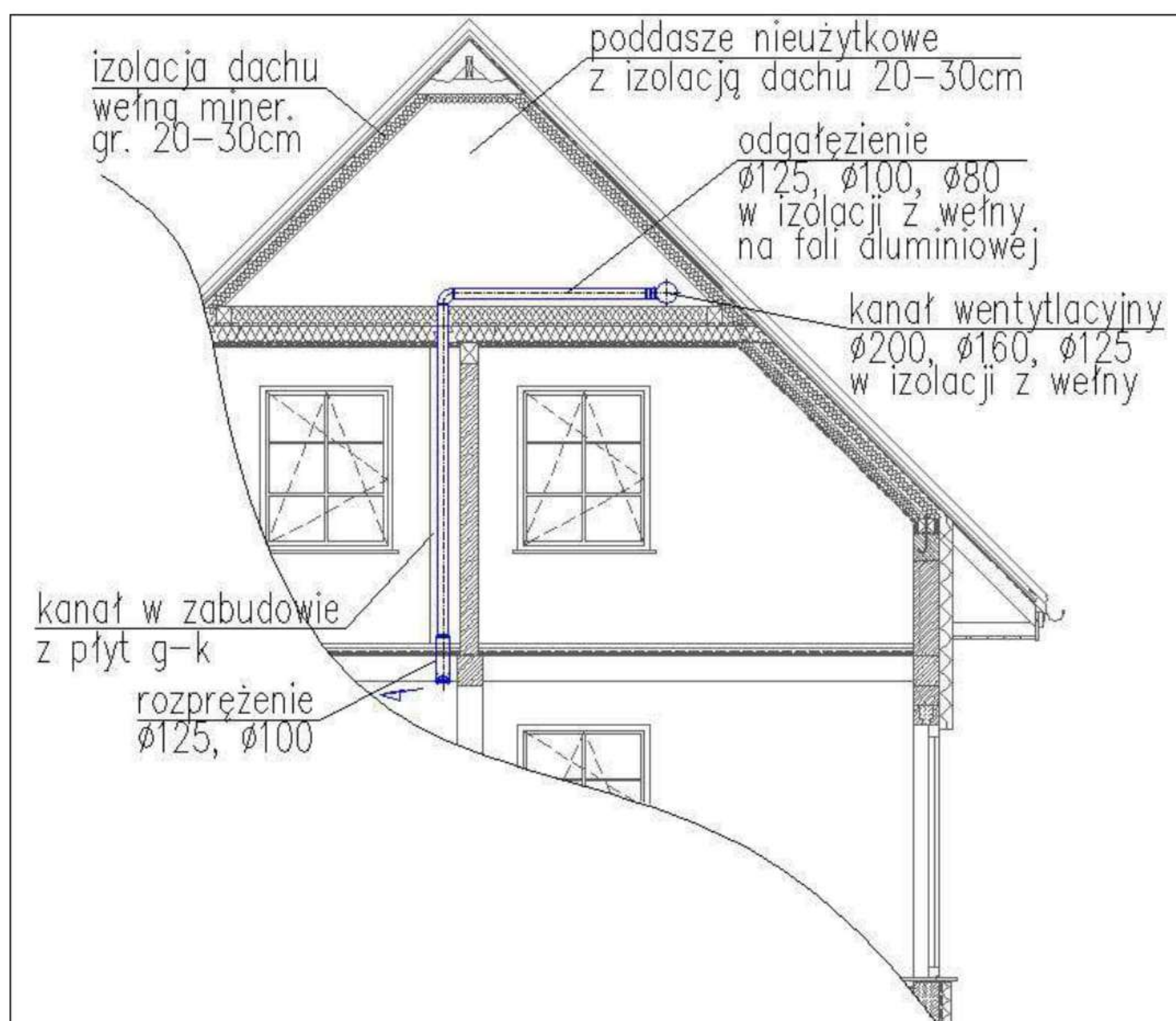
Rys. 2. Prowadzenie kanałów wentylacyjnych na nieużytkowym poddaszu ocieplonym cienką warstwą wełny mineralnej (15 cm) z zastosowaniem dodatkowej izolacji kanałów wełną mineralną o grubości 10 - 15 cm.



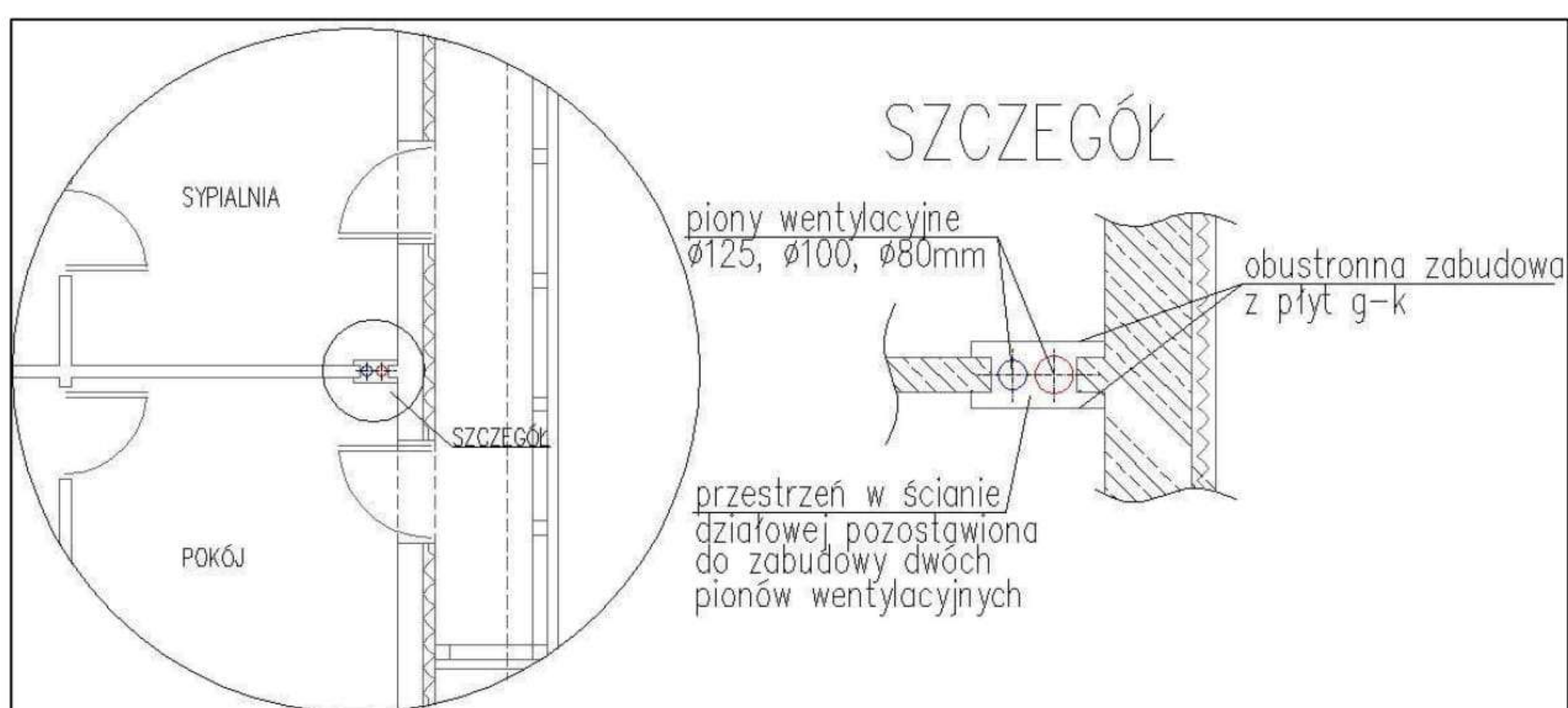
Rys. 3. Prowadzenie kanałów wentylacyjnych w przestrzeni sufitu z zaizolowanym stropem pomiędzy piętrem a poddaszem nieużytkowym.



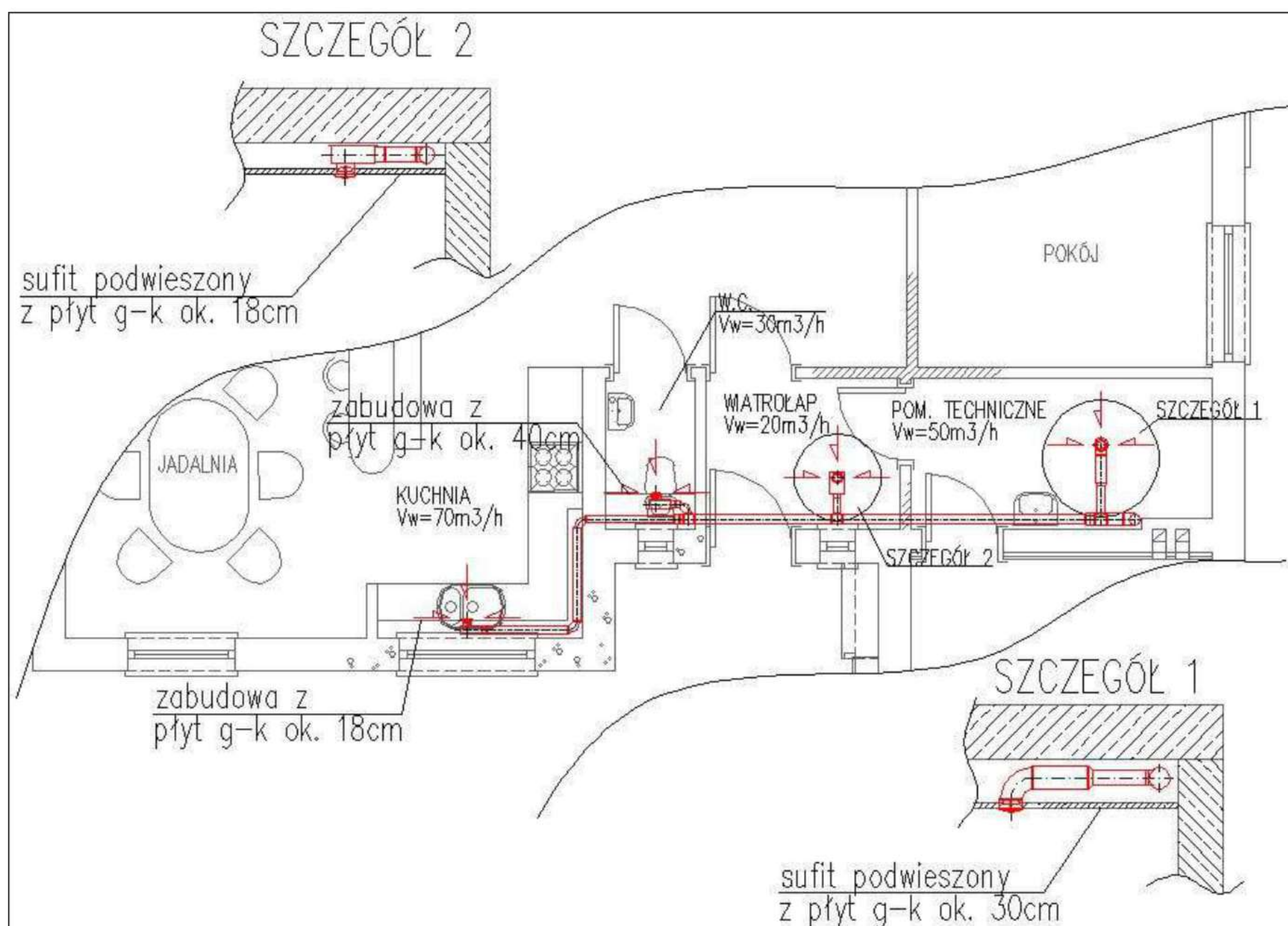
Rys. 4. Wejście z parteru na poddasze dwoma pionami wentylacyjnymi z wykorzystaniem zabudowy przy kominie.



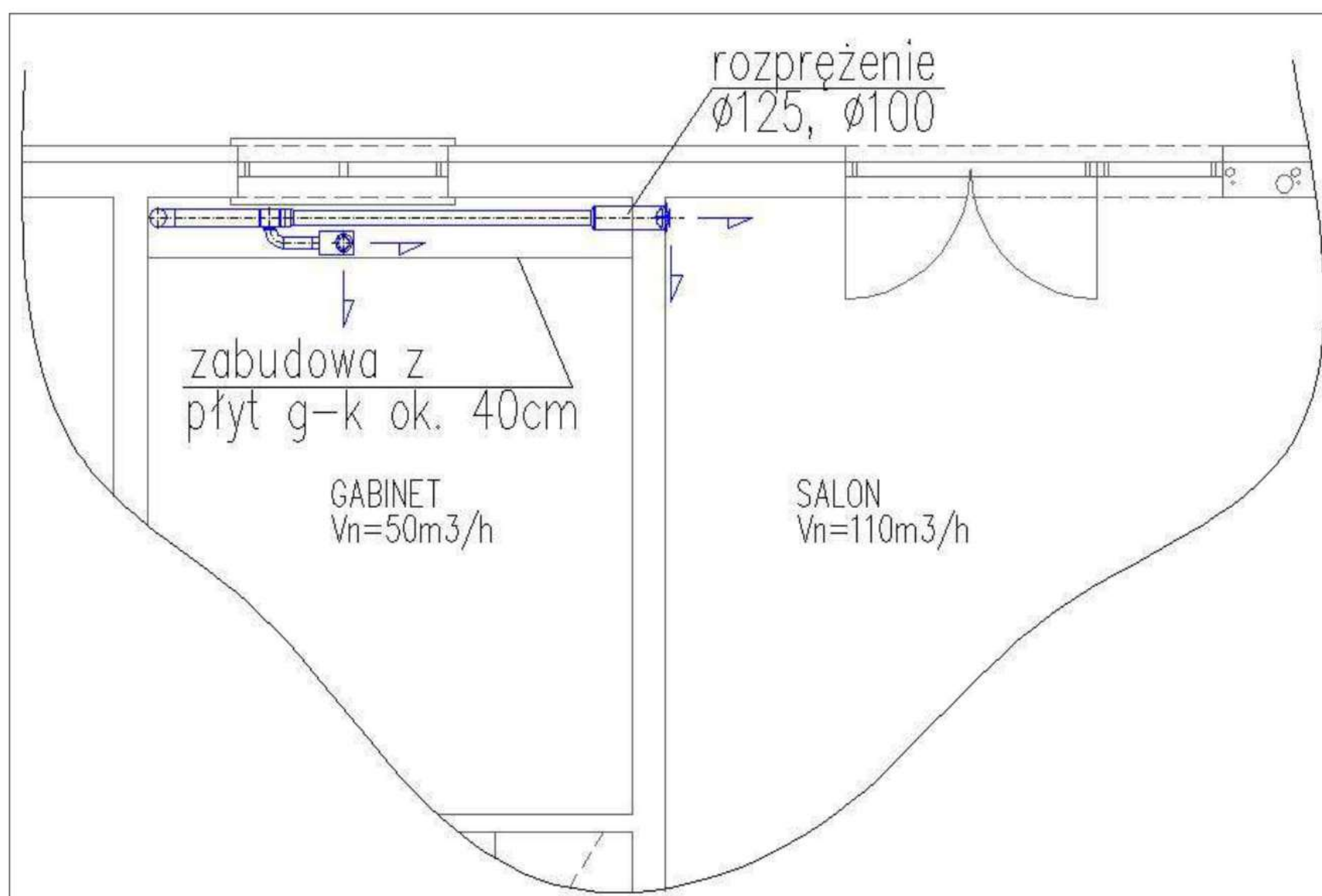
Rys. 5 Zejście kanałem wentylacyjnym w narożniku pomieszczenia z poddasza nieużytkowego na parter.



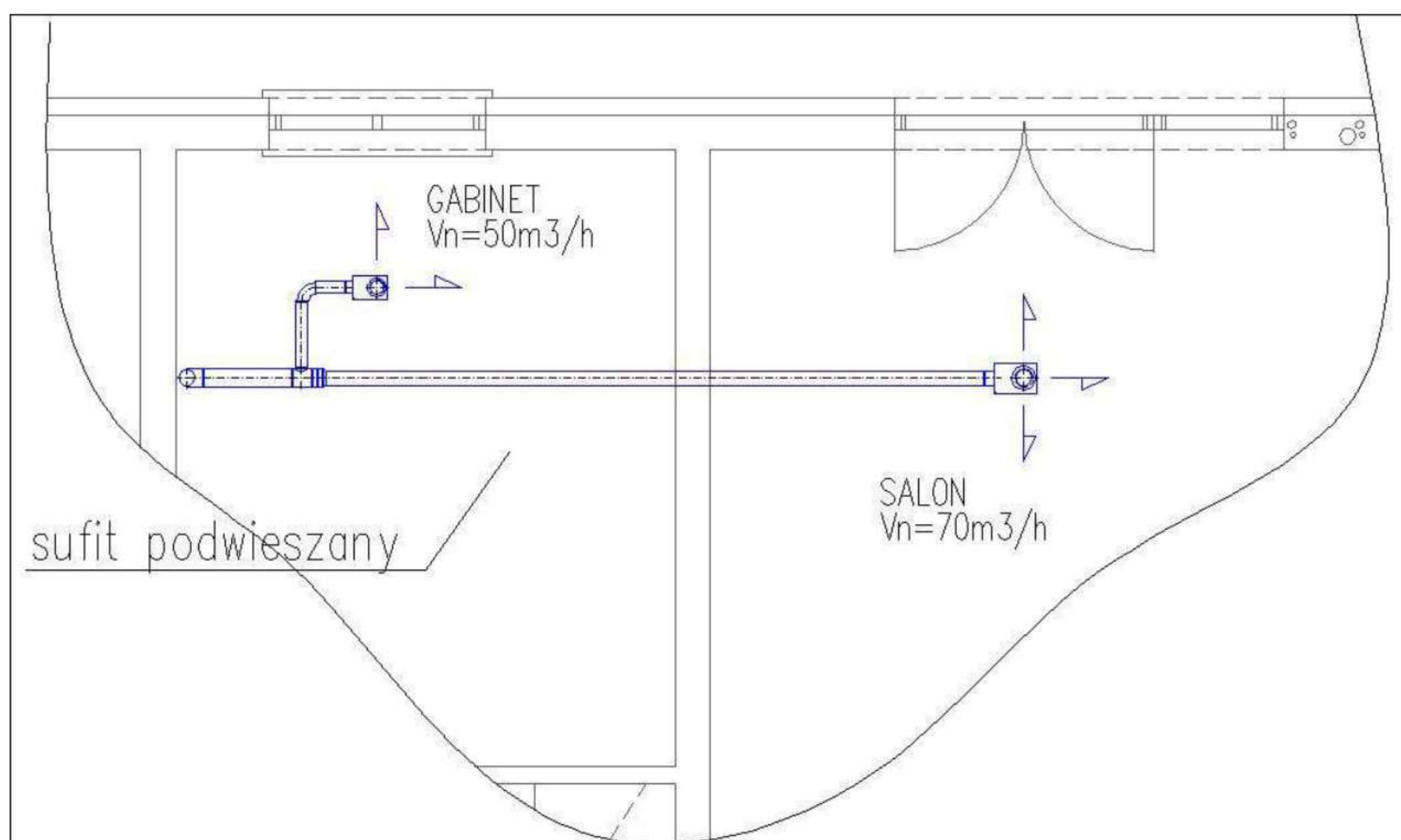
Rys. 6 Zejście kanałami wentylacyjnymi w ścianie działowej obustronnie zabudowanej z poddasza nieużytkowego na parter.



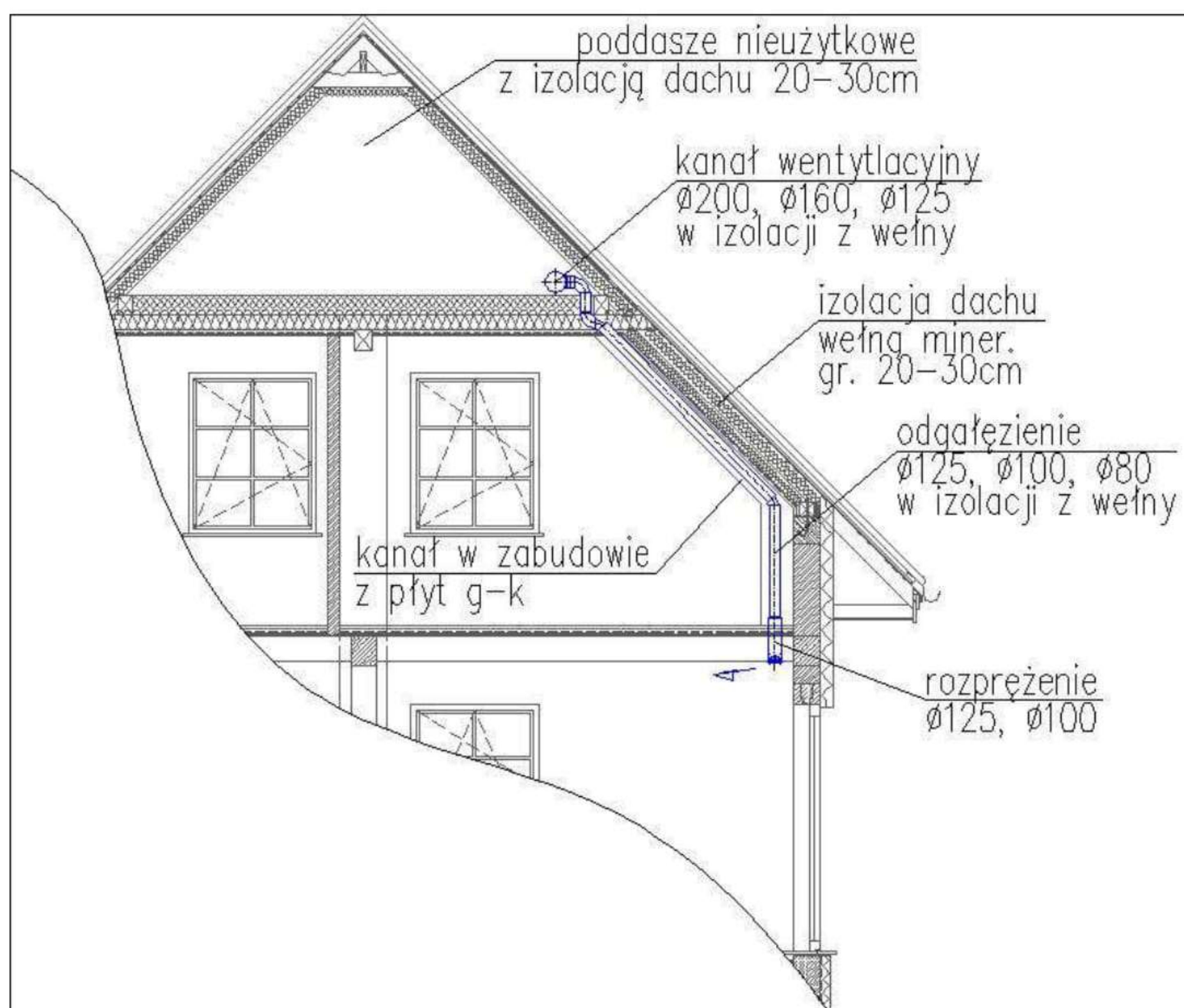
Rys. 7 Prowadzenie kanału wentylacyjnego między sufitem a ścianą w różnych wariantach: sufitu podwieszanego oraz zabudowy miejscowej z wykorzystaniem skrzynki rozprężnej VENT i standardowych kształtek wentylacyjnych.



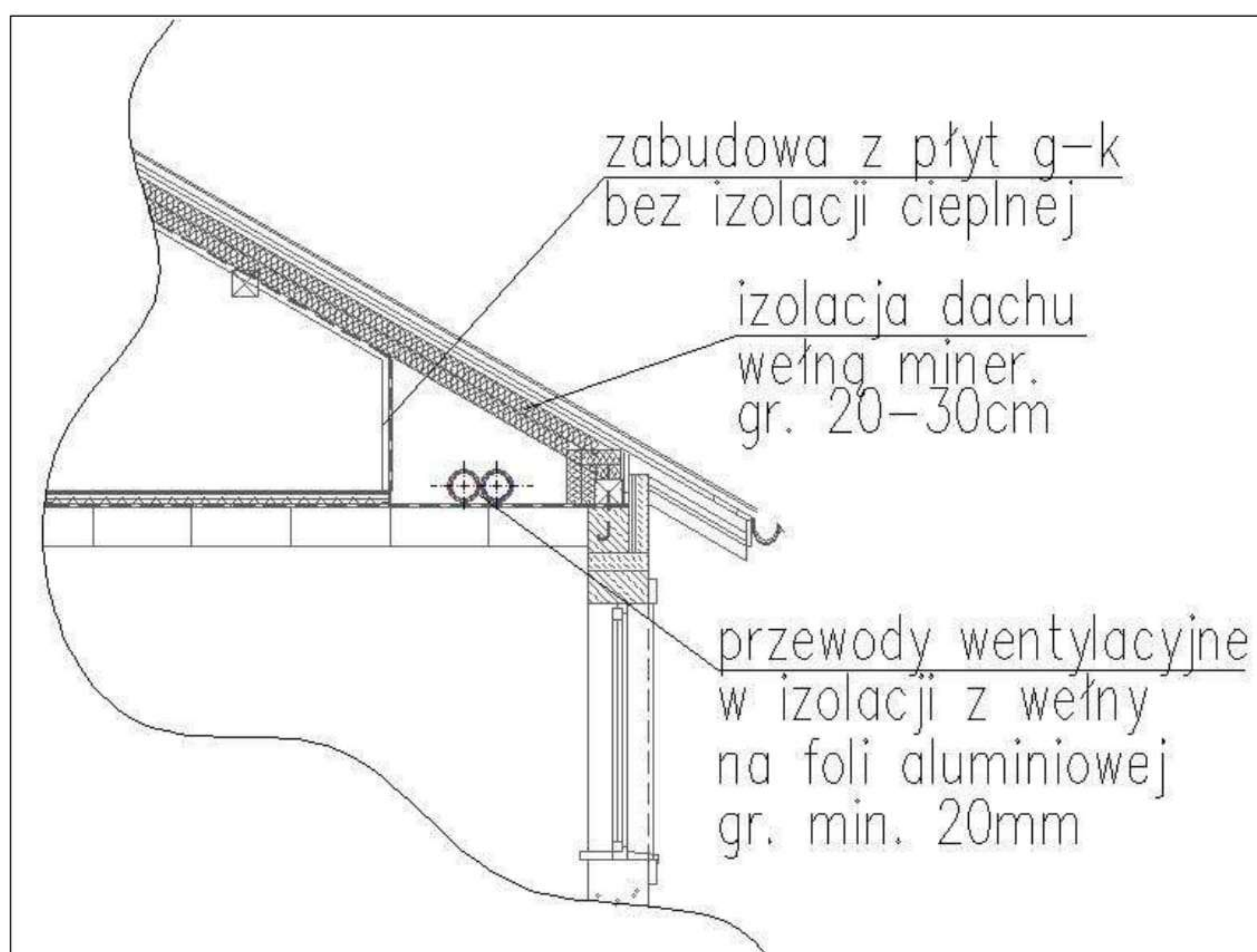
Rys. 8 Prowadzenie kanału wentylacyjnego w zabudowie między sufitem a ścianą bez konieczności obniżania sufitu.



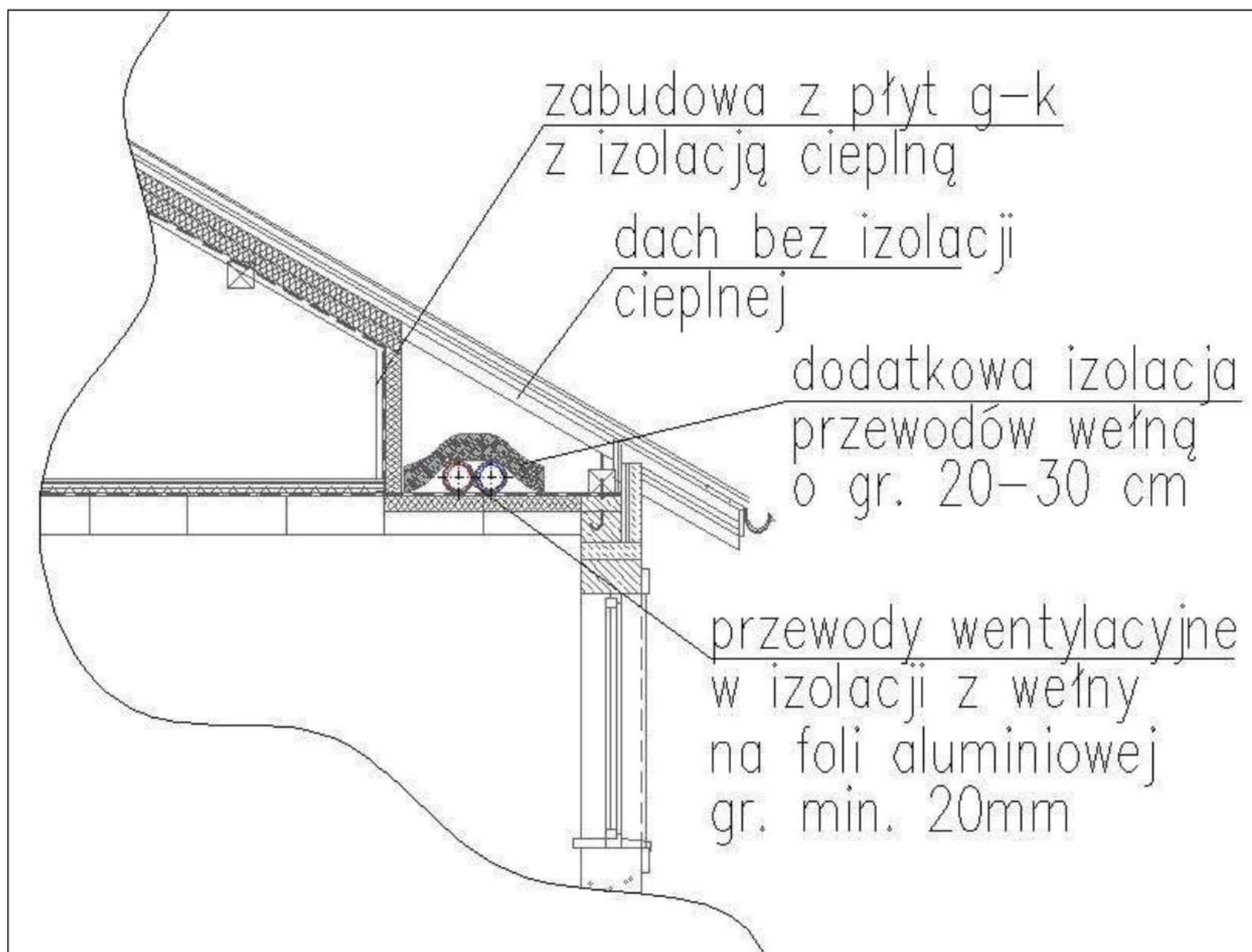
Rys. 9 Prowadzenie kanału wentylacyjnego w przestrzeni sufitu podwieszanego.



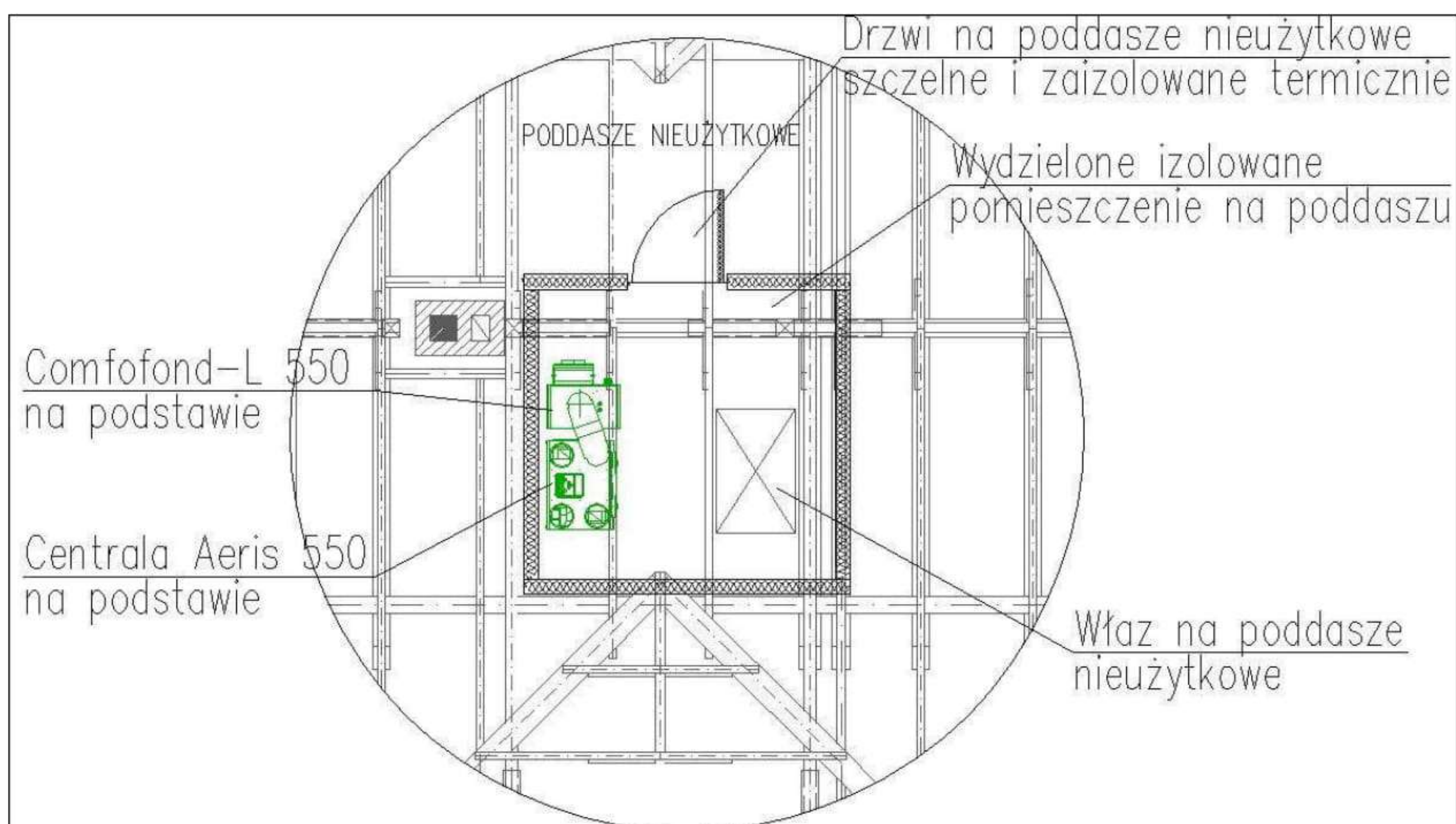
Rys. 10 Zejście kanałem wentylacyjnym z poddasza nieużytkowego na parter wzdłuż linii dachu.



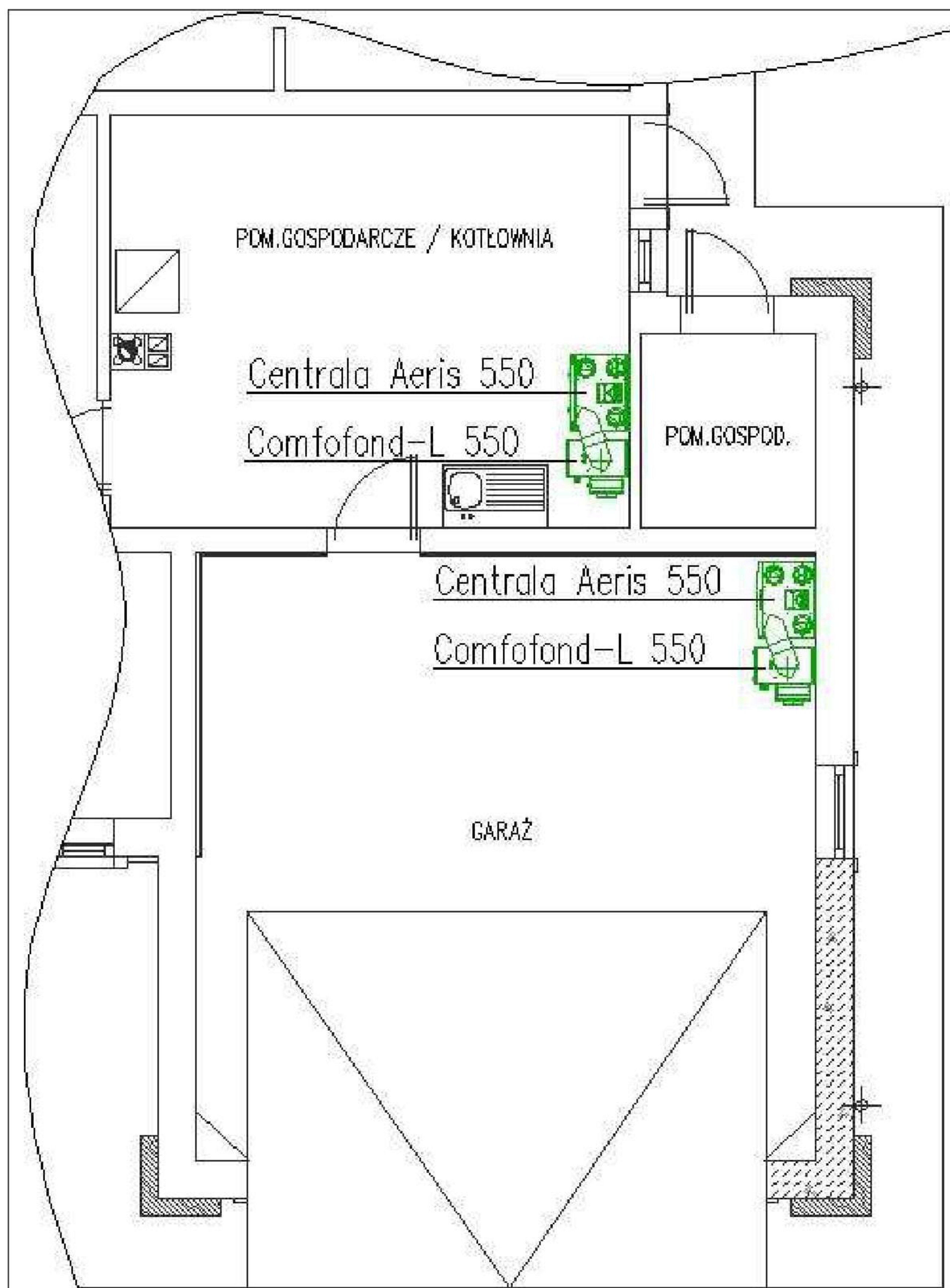
Rys. 11 Prowadzenie kanałów wentylacyjnych w ścianie kolankowej z izolacją dachu wełną mineralną o grubości 20 - 30 cm.



Rys. 12 Prowadzenie kanałów wentylacyjnych w ścianie kolankowej bez izolacji dachu z zastosowaniem dodatkowej izolacji kanałów wełną mineralną o grubości 20 - 30 cm.



Rys. 13 Lokalizacja rekuperatora w wydzielonym zaizolowanym pomieszczeniu na poddaszu nieużytkowym.



Rys. 14 Lokalizacja rekuperatora w pomieszczeniu pomocniczym (garaż, kotłownia, pom. gospodarcze).

Prowadzenie przewodów z tworzywa w warstwie izolacji termicznej lub akustycznej



Prowadzenie przewodów z tworzywa sztucznego w warstwie stropu



Jak lokalizować czerpnię i wyrzutnię powietrza.

Lokalizacja czerpni i wyrzutni musi być zgodna z Dz.U. nr 75 Rozporządzenie Ministra infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, z dnia 12.02.2002 z późniejszymi zmianami w Dz. U. nr 56 z dnia 12 marca 2009, Rozdział 6 Wentylacja i klimatyzacja.

Czerpnie powietrza w instalacjach wentylacji i klimatyzacji powinny być zabezpieczone przed opadami atmosferycznymi i działaniem wiatru oraz być zlokalizowane w sposób umożliwiający pobieranie w danych warunkach jak najczystsze i, w okresie letnim, najchłodniejsze powietrze.

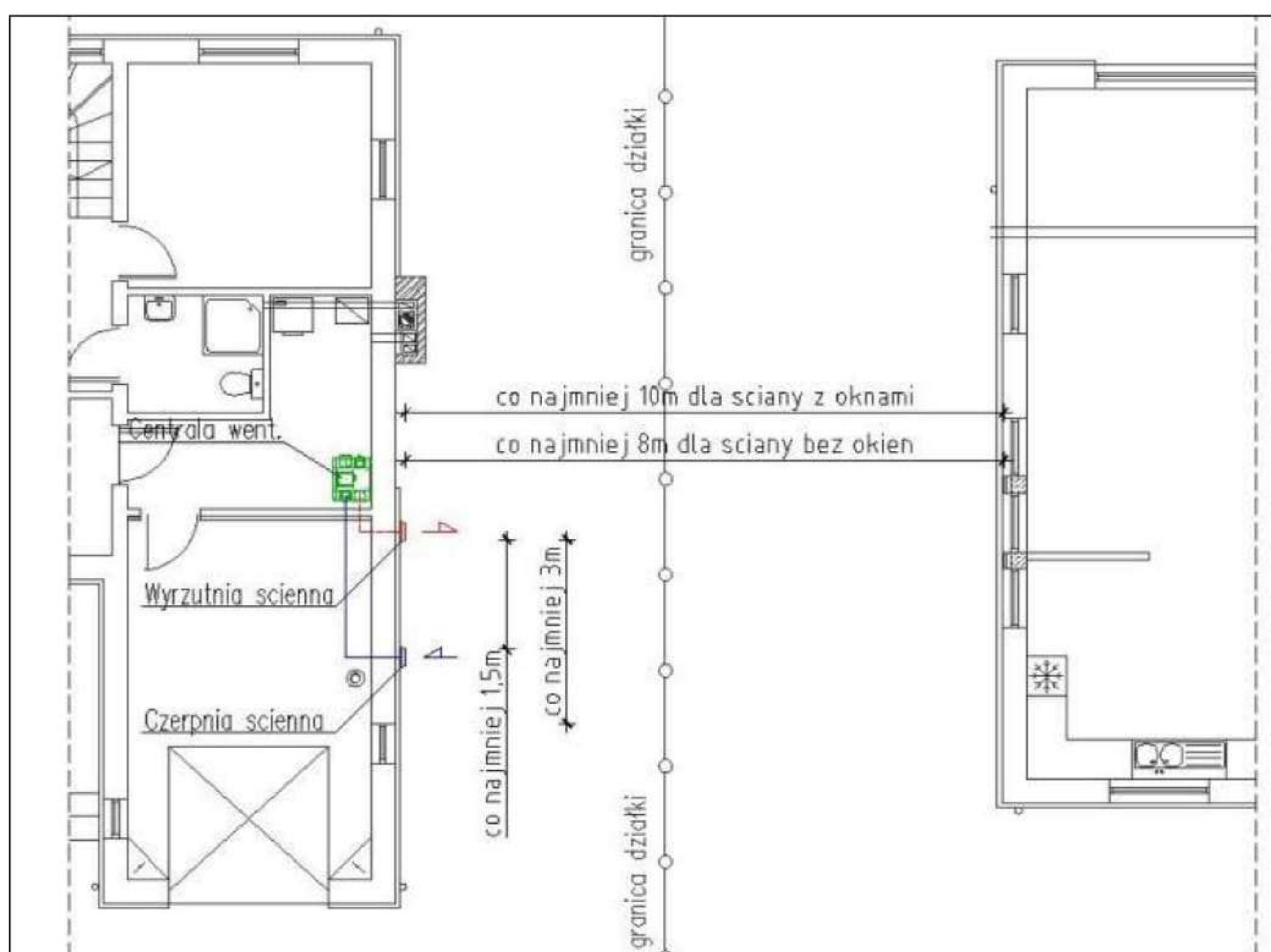
Czerpni powietrza nie należy lokalizować w miejscach, w których istnieje niebezpieczeństwo napływu powietrza wywiewanego z wyrzutni.

Czerpnie powietrza sytuowane na poziomie terenu lub na ścianie dwóch najniższych kondygnacji nadziemnych budynku powinny znajdować się w odległości co najmniej 8 m w rzucie poziomym od ulic i zgrupowania miejsc postojowych dla więcej niż 20 samochodów, miejsc gromadzenia odpadów stałych, wywiewek kanalizacyjnych oraz innych źródeł zanieczyszczenia powietrza.

Przykłady:

Rys 1 §152 pkt. 9 - dopuszcza się sytuowanie wyrzutni powietrza w ścianie budynku, pod warunkiem że:

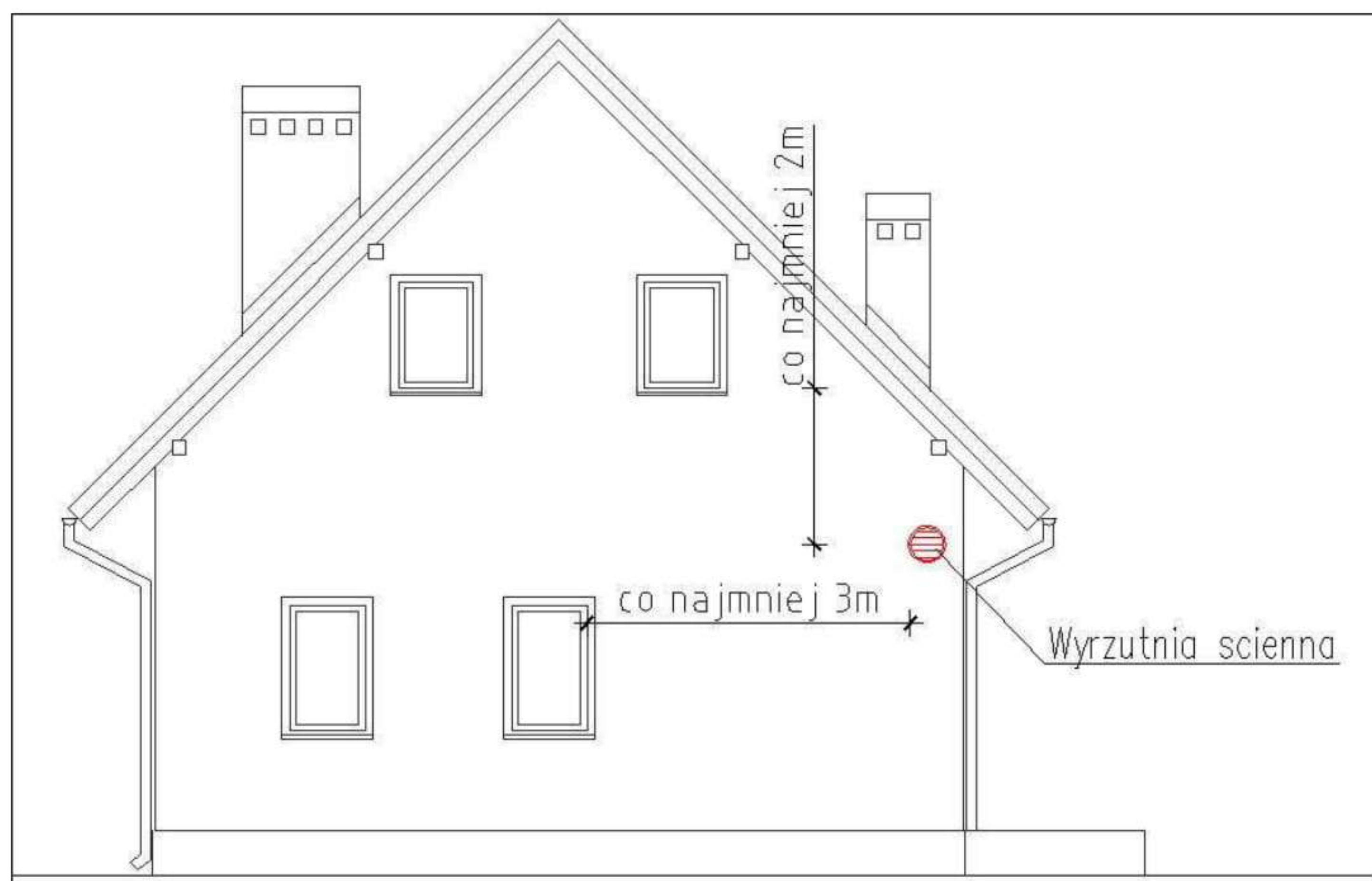
- 1) powietrze wywiewane nie zawiera uciążliwych zapachów oraz zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia,
- 2) przeciwległa ściana sąsiedniego budynku z oknami znajdującymi się w odległości co najmniej 10 m lub bez okien w odległości co najmniej 8 m.



Rys. 1

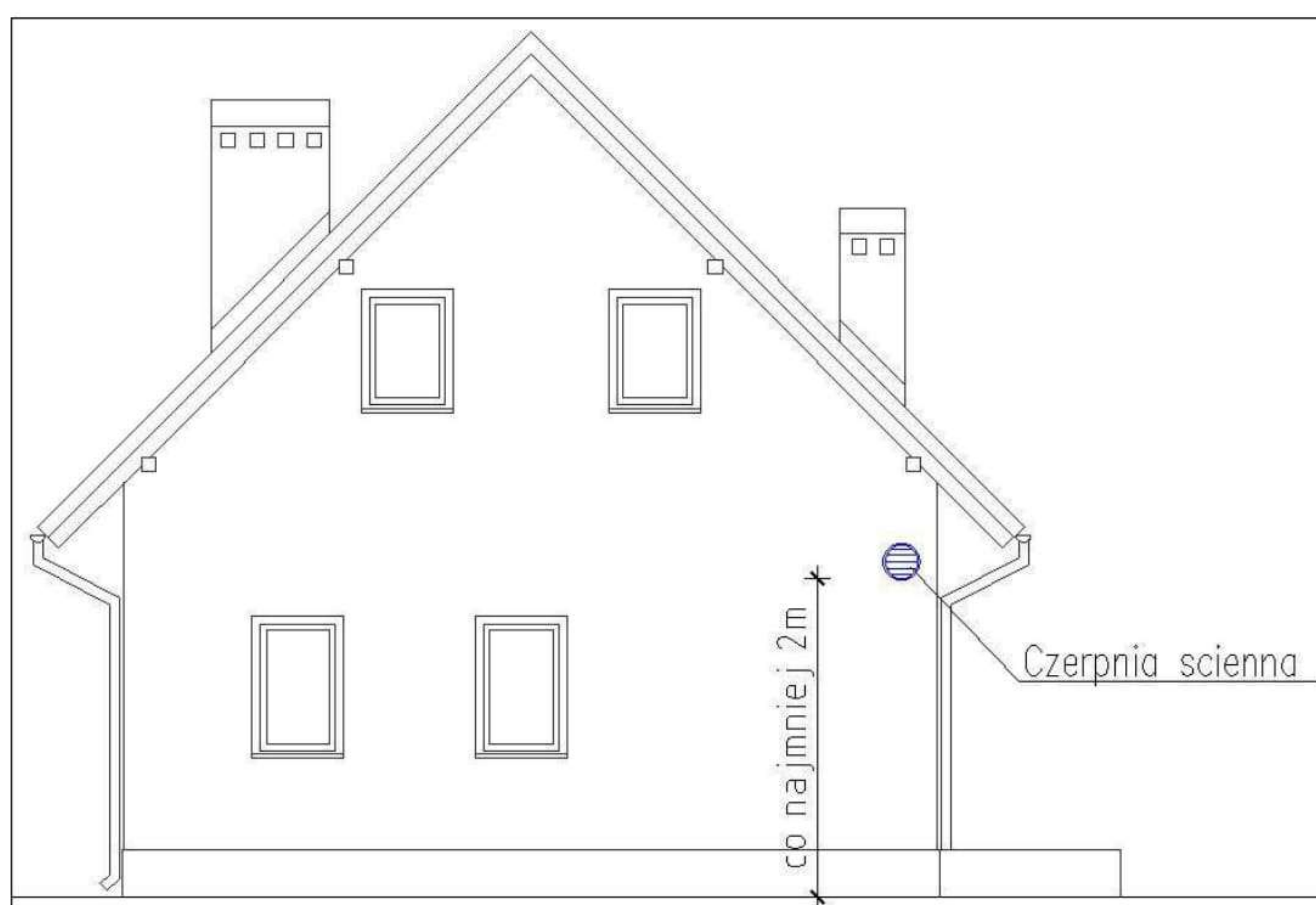
Rys. 2 §152 pkt. 9 - dopuszcza się sytuowanie wyrzutni powietrza w ścianie budynku, pod warunkiem że:

1) okna znajdujące się na tej samej ścianie są oddalone w poziomie od wyrzutni co najmniej 3 m, a poniżej lub powyżej wyrzutni - co najmniej 2 m.



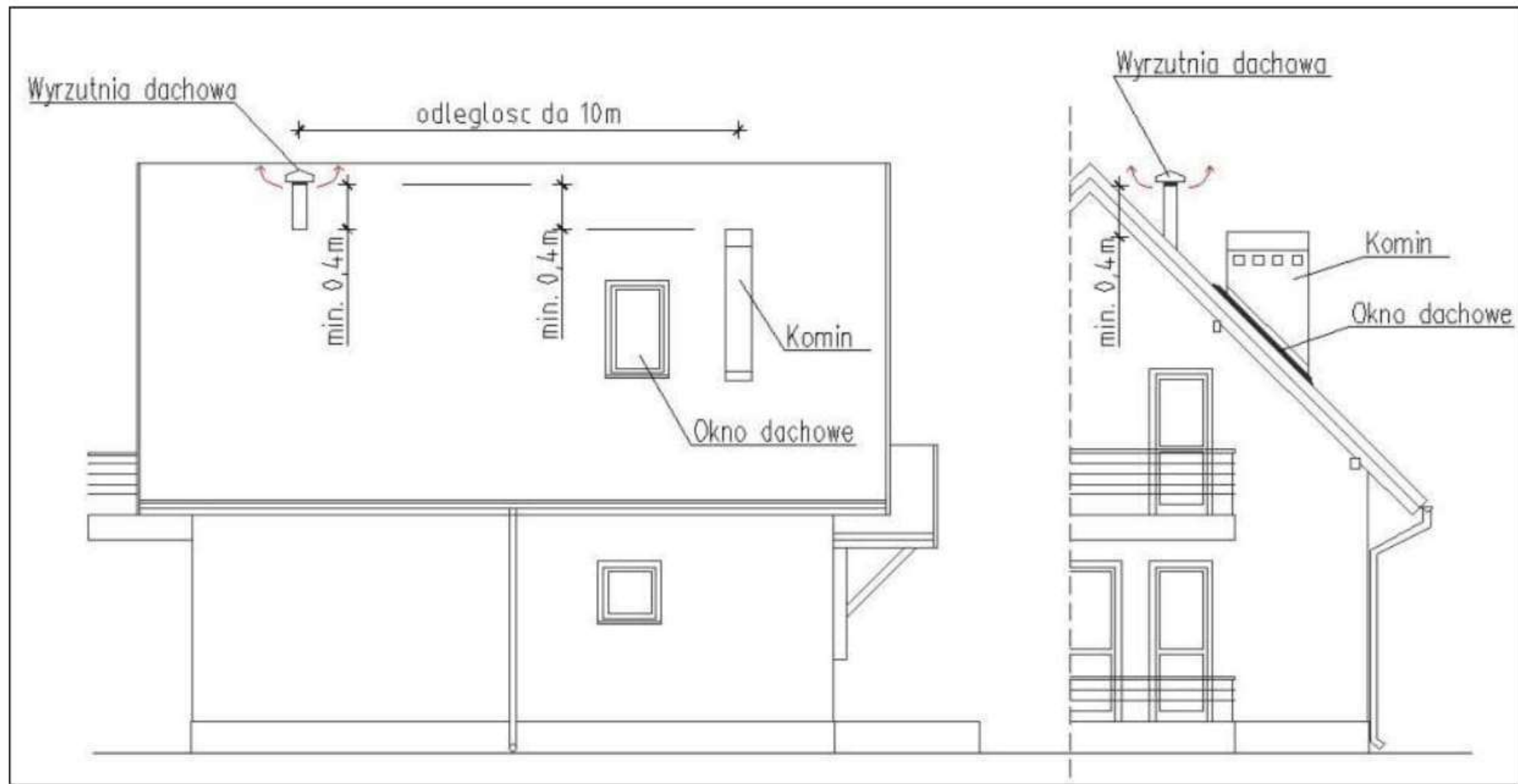
Rys. 2.

Rys 3 §152 pkt. 3 – (...) Odległość dolnej krawędzi otworu wlotowego czerpni od poziomu terenu powinna wynosić co najmniej 2 m



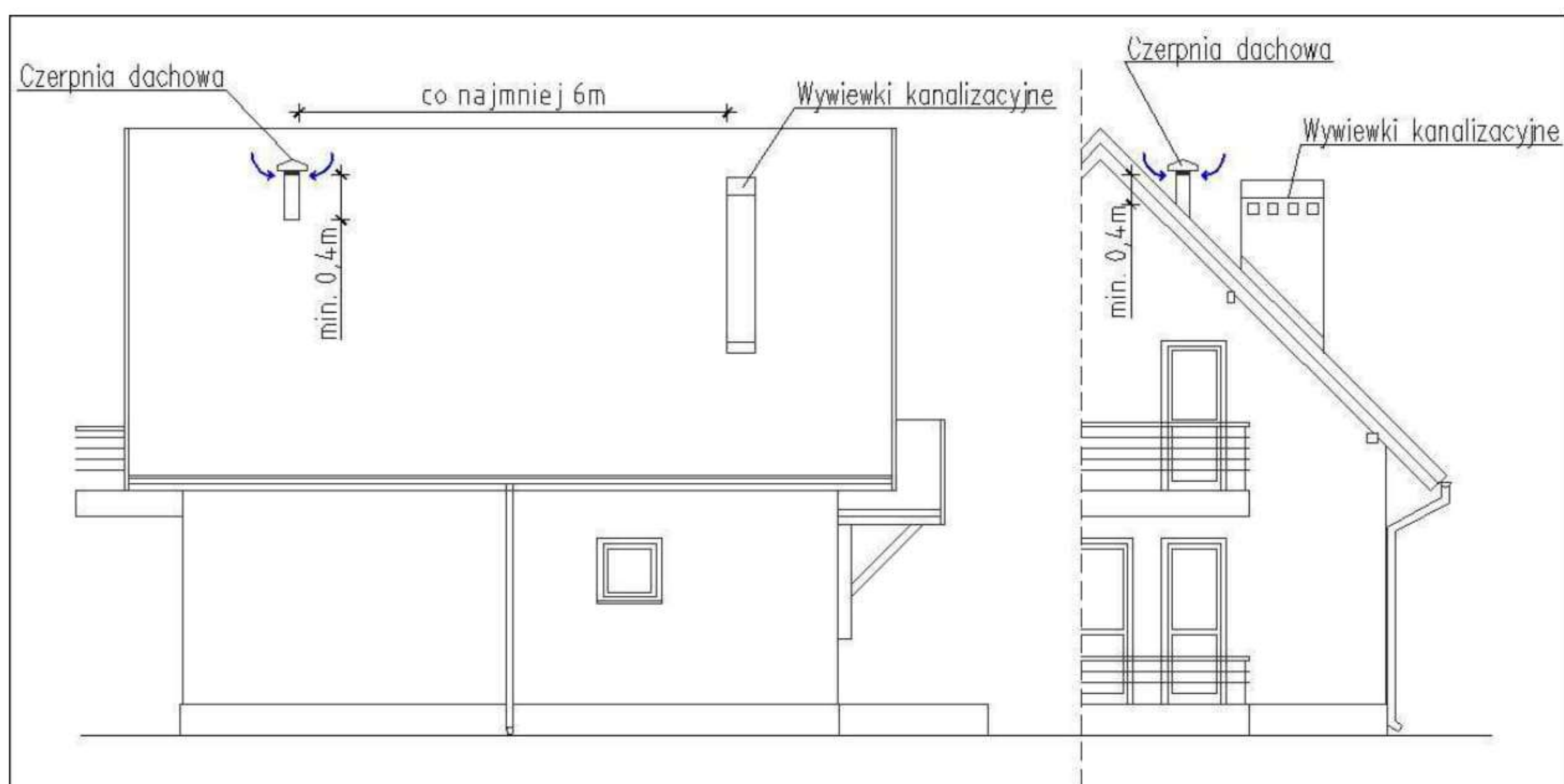
Rys. 3

Rys 4 §152 pkt. 7 - dolna krawędź otworu wyrzutni z poziomym wylotem powietrza usytuowanej na dachu budynku powinna znajdować się co najmniej 0,4 m powyżej powierzchni, na której wyrzutnia jest zamontowana oraz 0,4 m powyżej linii łączącej najwyższe punkty wystających ponad dach części budynku znajdujących się w odległości do 10 m od wyrzutni mierząc w rzucie poziomym.



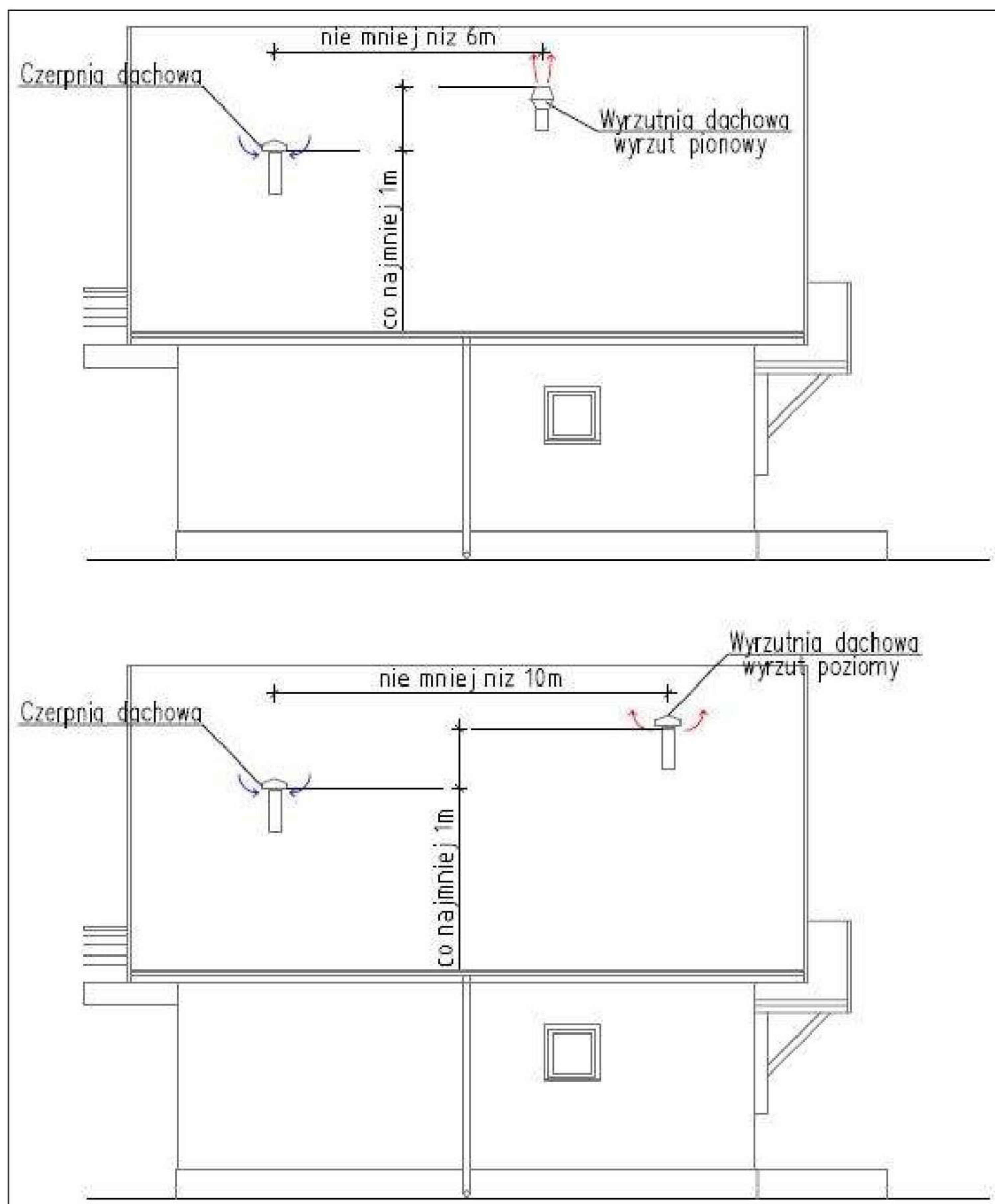
Rys. 4

Rys 5 §152 pkt. 4 - Czerpnie powietrza sytuowane na dachu budynku powinny być tak lokalizowane, aby dolna krawędź otworu wlotowego znajdowała się 0,4 m powyżej powierzchni, na której są zamontowane oraz aby została zachowana odległość co najmniej 6 m od wywiewek kanalizacyjnych.



Rys. 5

Rys 6. §152 pkt. 11 - Czerpnie i wyrzutnie powietrza na dachu budynku należy sytuować poza strefami zagrożenia wybuchem, zachowując między nimi odległość nie mniejszą niż 10 m przy wyrzucie poziomym i 6 m przy wyrzucie pionowym, przy czym wyrzutnia powinna być usytuowana co najmniej 1 m ponad czerpnię.



Rys. 6

Na co warto zwrócić szczególną uwagę

Jest jedno określenie, które cechuje cały proces wykonania systemu rekuperacji na każdym etapie: od projektu do wykonania: **JAKOŚĆ, JAKOŚĆ I JESZCZE RAZ JAKOŚĆ.**

Oto zauważalne wyznaczniki prawidłowo wykonanego systemu rekuperacji

ETAP PROJEKTU	
1.	Wykonanie obliczeń bilansu powietrza dla budynku.
2.	Zaprojektowane ilości powietrza przynajmniej wg wartości minimalnych zgodnych z Polską Normą.
3.	Podanie szczegółowych danych technicznych rekuperatora w projekcie.
4.	Wyznaczenie miejsca montażu rekuperatora i trasy prowadzenia kanałów.
5.	Opisanie średnic kanałów.
6.	Wskazanie rodzaju użytych materiałów.
7.	Dokładna lokalizacja czerpni i wyrzutni powietrza.
ETAP WYKONANIA INSTALACJI	
1.	Przebieg instalacji musi być zgodny z projektem.
2.	Lokalizacja punktów nawiewnych i wyciągowych musi zapewnić wentylowanie całości pomieszczeń.
3.	Kanały wentylacyjne, które przechodzą przez pomieszczenia o temperaturze mniejszej niż 16°C muszą być zaizolowane bez ubytków w izolacji.
4.	Użyte materiały muszą zapewnić możliwość czyszczenia instalacji.
5.	Połączenia izolacji z wełny mineralnej muszą być łączone taśmą aluminiową.
6.	Instalacja musi być wyposażona w klapy rewizyjne umożliwiając jej wyczyszczenie w przyszłości.
7.	Rekuperator powinien stać w pomieszczeniu, gdzie zostanie zagwarantowana temperatura dodatnia.
8.	Po montażu rur instalacja powinna zostać zaślepią w sposób szczelny.
ETAP MONTAŻU URZĄDZENIA	
1.	Do urządzenia powinien być zapewniony dostęp serwisowy.
2.	Wymiennik ciepła w rekuperatorze powinien mieć możliwość łatwego wyjęcia celem dokonania okresowego czyszczenia.
3.	Powinny zostać wykonane otwory w drzwiach wewnętrznych zapewniające przepływ powietrza między pomieszczeniami: 80 cm ² pomieszczenia mieszkalne i 200 cm ² pomieszczenia higieniczno-sanitarne.
4.	Po zakończeniu prac klient powinien otrzymać protokół regulacji instalacji wentylacji oraz protokół odbioru.
5.	Suma nawiewów i wyciągów dla całego systemu nie powinna przekroczyć odchyłki maksymalnej 5%.
6.	Klient powinien otrzymać instrukcję obsługi i kartę gwarancyjną.

O jakości wykonawstwa systemów rekuperacji w Polsce w fotograficznym skrócie



Nieprawidłowo wykonana izolacja kanałów wentylacyjnych rekuperatora na nieocieplonym poddaszu nieużytkowym.



Spowodowało to wykroplenie kondensatu na wejściu do rekuperatora i jego zamarznięcie, w wyniku czego doszło do zmniejszenia drożności kanału i awarii rekuperatora.

A może być tak:



Prawidłowo wykonany montaż rekuperatora i instalacji wentylacyjnej na poddaszu nieużytkowym.

Więcej zdjęć z montażu na <https://www.rekuperatory.pl/dlaczego-my/realizacje>

Rekuperatory.pl specjalizują się w profesjonalnym, odpowiedzialnym **montażu systemów rekuperacji: instalacji nawiewno-wyiewnych z odzyskiem ciepła.**

Ekipy Wykonawcze Rekuperatory.pl wykonały już ponad 7504 instalacji w całej Polsce.



Instalacje wentylacyjne firma wykonuje z izolowanych kanałów stalowych Spiro o dużych średnicach oraz o przekroju prostokątnym w systemie **NeoStal**, z antybakteryjnych polietylenowych przewodów

okrągłych o małych średnicach **R-VENT Flex system** oraz **NeoFlex™** rozdzielaczowy system wentylacyjny, które ukryć można na stropie

lub w stropie, a także w nowoczesnej technologii preizolowanych kanałów **CLIMATE RECOVERY.**

Instalacje rekuperacji wyposażone są w wysokoenergooszczędny rekuperator przeciwprądowy **AERIS[®] NEXT** z największym wymiennikiem ciepła na rynku i o najwyższych parametrach odzysku ciepła lub w rekuperatory ITHO, R-VENT ULTIMA lub obrotowe RIS/RIRS.

Rekuperatory **AERIS[®] NEXT** współpracują z systemami domu inteligentnego KNX oraz Fibaro, a także innymi. Posiadają także certyfikat Instytutu Domów Pasywnych w Darmstadt oraz Atesty Higieniczne. Można nimi sterować za pomocą aplikacji na smartfonie lub tablecie.

W ofercie firmy znajduje się również rekuperator z wymiennikiem ERV (entalpicznym), który oprócz ciepła odzyskuje także wilgoć, dzięki czemu komfort w wentylowanych pomieszczeniach jest jeszcze wyższy.

Inżynierowie Rekuperatory.pl projektują rekuperację dla najważniejszych pracowni projektowych w Polsce: Biura Projektowego Archon, Murator Projekty, Domy Lipińscy, Studia Atrium, Archi-Projekt, HomeKONCEPT. Projekty Rekuperatory.pl znajdują się także w ofercie Archetonu, Archipelagu, Z500, Extra Domu oraz wielu innych.

Rekuperatory.pl od 2006 r. są członkiem Stowarzyszenia Polska Wentylacja - organizacji "non profit" skupiającą specjalistów i entuzjastów zajmujących się wentylacją.

Firma kładzie **wyjątkowy nacisk na zachowanie bardzo wysokich standardów** na każdym etapie współpracy.

Gwarantuje, że wykonane przez inżynierów Rekuperatory.pl projekty rekuperacji oraz zamontowane instalacje oraz urządzenia są najwyższej jakości.

Dzięki oddziałom zlokalizowanym we Wrocławiu, Krakowie, Łańcucie, Poznaniu oraz w Warszawie firma realizuje montaż na terenie całej Polski.

www.rekuperatory.pl

Wszelkie prawa kopiowania treści lub grafik bez zgody Autora są zastrzeżone.