

CIEPŁO od podłogi

Ogrzewanie podłogowe to luksus, na który wielu z nas może sobie pozwolić. Prawdłowo wykonane, gwarantuje użytkownikom nie tylko komfort cieplny, ale przynosi wymierne korzyści finansowe w czasie eksploatacji.

Andrzej Zubek

Red.: O zaletach i ograniczeniach ogrzewania podłogowego piszemy na str. 68 w artykule „Podłógówka – dlaczego warto”.

W domach jednorodzinnych ogrzewanie podłogowe najczęściej stosuje się w salonach wykładanych okładzinami ceramicznymi lub naturalnym kamieniem, a także w łazienkach, kuchniach czy holach.

Chociaż może być jedynym systemem grzewczym w domu, to częściej stosuje się je w układach mieszanych. Oznacza to, że ogrzewanie podłogowe montuje się na parterze w salonie, jadalni, kuchni oraz łazienkach, natomiast grzejniki instaluje się na piętrze, w sypialniach czy pokojach z większą ilością mebli.

Dlaczego warto wybrać wodne?

Dużą zaletą wodnego ogrzewania podłogowego jest jego **energooszczędność**. Można bowiem obniżyć temperaturę w ogrzewanym pomieszczeniu nie zmniejszając przy tym komfortu cieplnego. Gdy temperatura powietrza w pomieszczeniu będzie obniżona o 2-3°C, oszczędność energii zużywanej na ogrzewanie domu sięgnie 10-15%.

Obniżenie kosztów eksploatacyjnych jest możliwe również dzięki temu, że układ ogrzewania podłogowego jest zasilany wodą o niższej temperaturze niż w przypadku tradycyjnych systemów z grzejnikami. Jest to **system niskotemperaturowy**, a to oznacza, że temperatura wody zasilającej nie przekracza 55°C. Pozwala to na zastosowanie, jako źródła ciepła, wysokosprawnych kotłów gazowych, również kondensacyjnych, a także nowoczesnych, niekonwencjonalnych urządzeń, takich jak pompy ciepła czy kolektory słoneczne **1**. Ogrzewanie podłogowe dobrze sprawdza się we współpracy z kotłami kondensacyjnymi, które osiągają najwyższą sprawność właśnie w instalacjach o niskich parametrach pracy.

Tak więc, system wodnego ogrzewania podłogowego może być stosowany w domach ogrzewanym gazem, olejem opałowym, albo niekonwencjonalnymi nośnikami energii.

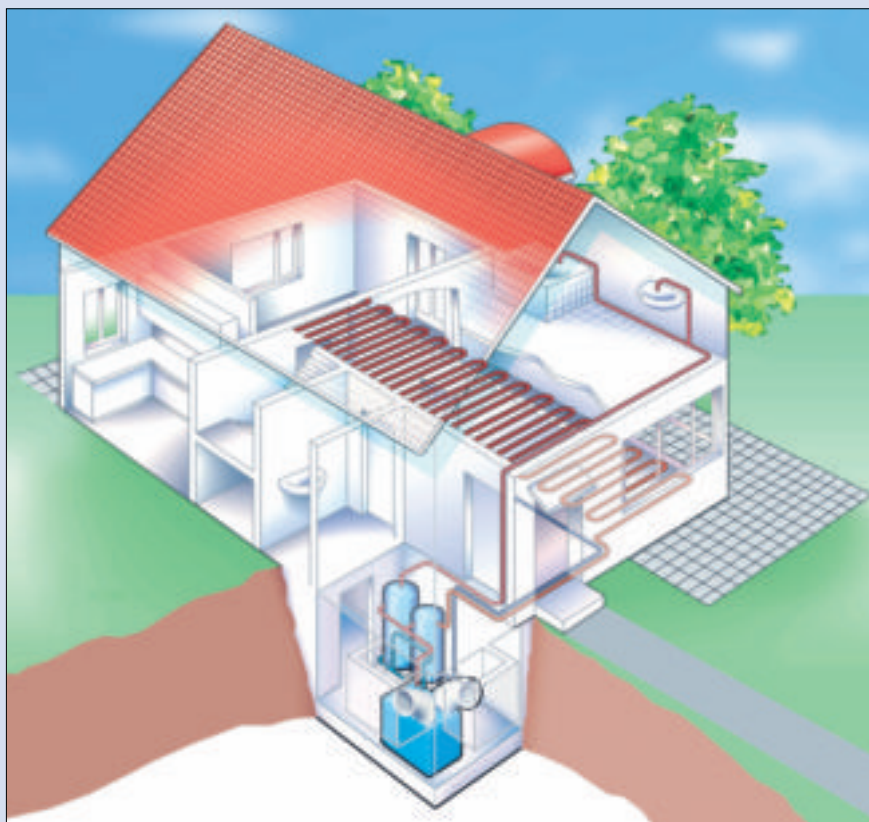
Konieczny projekt

Aby w przyszłości można było w pełni cieszyć się zaletami i możliwościami ogrzewania podłogowego, trzeba **zlecić wykonanie projektu**. Zrobi go inżynier z uprawnieniami. Koszty wykonania projektu nie są wysokie w porównaniu z nakładami finansowymi, jakie trzeba ponieść na wykonanie systemu oraz zakup automatyki, tak aby w przyszłości można było oszczędzać. Zwłaszcza, że późniejsze poprawki na pewno będą bardzo kosztowne, jeśli w ogóle będą możliwe. Po zamontowaniu grzejnika podłogowego nie będzie można zmienić jego wielkości, a więc i ilości ciepła jaką oddaje do pomieszczenia. W projekcie określone są m.in. parametry pracy instalacji, materiał rur, ich średnice i grubość ścianek, sposób ułożenia w pomieszczeniu, w tym także odległość między przewodami, rozmieszczenie rozdzielaczy i sposób regulacji systemu.



foto. Purmo

Pod rurami musi być izolacja cieplna i przeciwoślodzeniowa



1 Ogrzewanie podłogowe doskonale współpracuje z nowoczesnymi źródłami ciepła, takimi jak pompy ciepła (fot. Stiebel Eltron)

Moc grzejnika podłogowego określa się na podstawie zapotrzebowania na ciepło danego pomieszczenia. Jednostkowe zapotrzebowanie na ciepło oblicza się dzieląc normatywne zapotrzebowanie na ciepło i na wentylację przez powierzchnie ogrzewane. Przy założonej temperaturze powietrza $+20^{\circ}\text{C}$ wartości te nie powinny przekraczać 100 W/m^2 . Przyjmuje się, że optymalne wartości zapotrzebowania na ciepło wynoszą $120\text{--}150\text{ W/m}^2$ dla łazienek i przedsiionków, a $80\text{--}100\text{ W/m}^2$ dla pozostałych pomieszczeń, zawsze w odniesieniu do całkowitej powierzchni pomieszczenia.

Elementy systemu

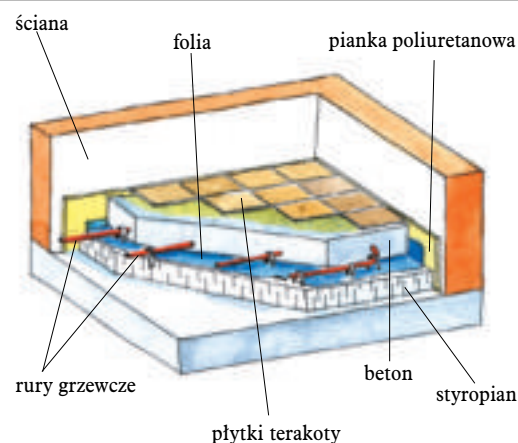
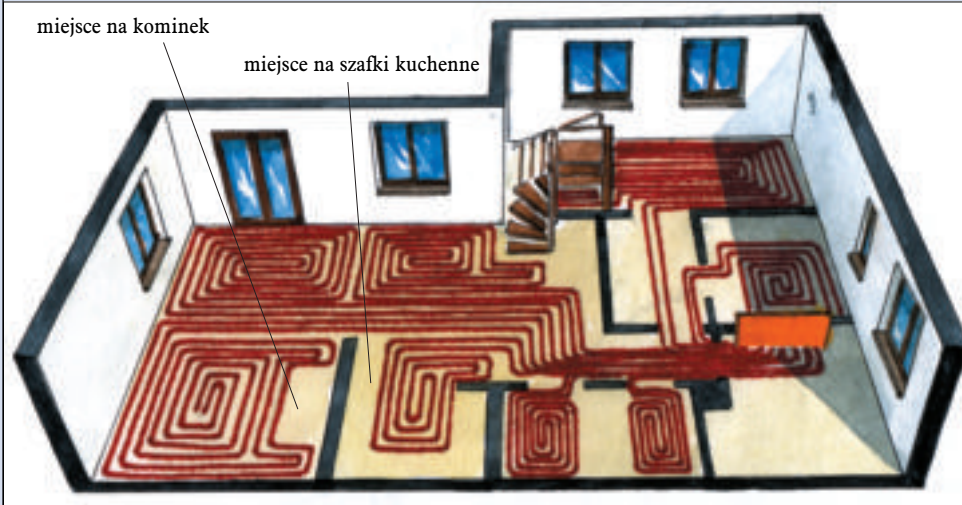
Ogrzewanie podłogowe składa się z:

- rur grzewczych;
- izolacji cieplnej i przeciwoślodzeniowej; a często również dźwiękochłonnej;
- warstwy betonu rozpraszającej ciepło (np. jastrychu);
- elementów mocowań rur i przykrycia;
- rozdzielacza wraz z systemem regulacji;
- materiałów dylatacyjnych i kompensujących rozszerzanie cieplne podłogi.

Ogrzana w kotłowni lub innym źródle ciepła woda trafia do rozdzielacza. Od

rozdzielacza rozpraszane są po pomieszczeniu przewody w formie zamkniętych pętli **2**. Ich początki i końce połączone są z rozdzielaczem. Rury ułożone są na izolacji cieplnej i przeciwoślodzeniowej **3**, a na nich ułożona jest warstwa jastrychu, przykryta od góry posadzką. Ciepła woda z rozdzielacza trafia do systemu przewodów i krążąc

2 Schemat ogrzewania podłogowego jako podstawowego systemu grzewczego

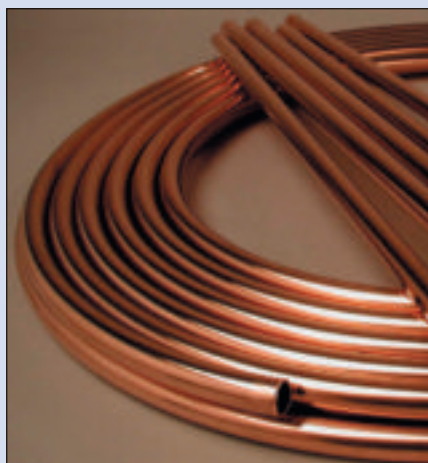


3 Układ warstw w pomieszczeniu z ogrzewaniem podłogowym

w nim oddaje ciepło do warstwy jastrychu, a dalej przez posadzkę do pomieszczenia.

Rury

Powinny być trwałe, odporne na odpowiednią temperaturę i ciśnienie. W praktyce oznacza to, że rury muszą być przystosowane do pracy w temperaturze do 70°C i ciśnieniu roboczym do $0,3\text{ MPa}$. Muszą też być szczelne na dyfuzję tlenu, który może powodować korozję stalowych elementów instalacji, np. kotłów. Do ogrzewania podłogowego stosuje się: rury z tworzyw sztucznych z barierą antydyfuzyjną, wielowarstwowe z wkładką aluminiową oraz miedziane **4**. Najczęściej używane tworzywa to polibutylen oraz polietylen sieciowany, rzadziej – polipropylen z uwagi na



4 Można również używać rur miedzianych (fot. Hutmen)

jego sztywność i trudności związane z montażem systemu **5**.

Średnice przewodów to 12, 14, 16, 17 i 22 mm. Zwykle jeden producent oferuje przewody w dwóch, trzech wielkościach. Rury sprzedawane są w **zwojach** różnej długości. Wykonawca tak powinien dobrać długość przewodów, aby poszczególne pętle układane były z jednego odcinka. Dzięki temu unika się połączeń rur w podłodze, a wiadomo, że miejsca połączeń bardziej od innych narażone są na powstawanie nieszczelności.

Jak układać przewody

Odległości między przewodami muszą być zgodne z projektem. Zaleca się, aby wynosiły od 10 do 30 cm. Im są mniejsze, tym bardziej wyrównana jest temperatura podłogi. Na 1 m² powierzchni zwykle układa się średnio 5-6 metrów rur.

Rury układa się w pętle. W pomieszczeniu, zależnie od jego wielkości, może

być jedna lub kilka pętli. Zwykle długość pojedynczej pętli nie przekracza 120 m. Pętle mogą mieć kształt **spirali** (rura powrotna i zasilająca ułożone są równoległe obok siebie) lub **meandrów** **6**, **7**. Zaletami ułożenia w spiralę jest to, że rury są gięte tylko pod kątem 90° oraz na przemian występują rury o wyższej i niższej temperaturze. Pozwala to na uzyskanie w pomieszczeniu najbardziej równomiernego rozkładu temperatury. W praktyce spotyka się oczywiście kombinacje tych układów dostosowane do indywidualnych potrzeb **8**. Często w strefach brzegowych, pod ścianą zewnętrzną lub oknami, rury układa się gęściej (odstępki mogą wynosić wówczas 7,5 cm a nawet 5 cm). W miejscach tych są bowiem większe straty ciepła. **Uwaga:** w łazienkach przewody zawsze układa się gęściej **9**.

Rur grzewczych nie układa się pod stałymi elementami zabudowy: szafkami kuchennymi, szafami wnękowymi oraz wanną i brodzikiem (patrz **2**).

Co pod rurami

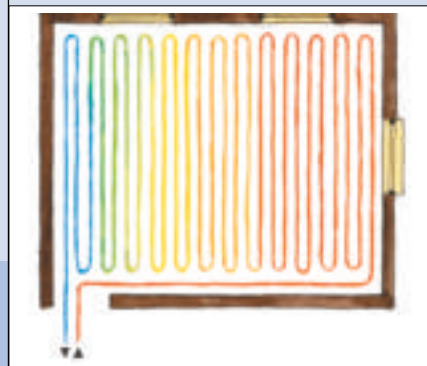
Podłóże, na którym ułożone będzie ogrzewanie musi być równe, czyste i suche. Ewentualne nierówności, np. resztki zapraw należy usunąć. W pomieszczeniu powinny także być ułożone pozostałe instalacje sanitarne i elektryczne. Zaleca się, aby zakończone były wewnętrzne prace tynkarskie i sztukatorskie.

Izolacja cieplna. Bezpośrednio na stropie układa się izolację cieplną. Jej grubość i rodzaj dobiera projektant na podstawie wymagań cieplnych budynku oraz

5 Do systemów ogrzewania podłogowego stosuje się rury z tworzywa (fot. GSP Group)



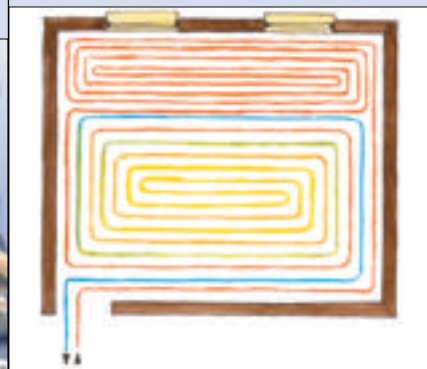
6 Pętle można ułożyć w spirale



7 Drugim sposobem jest ułożenie pętli w meandry



8 Różne sposoby ułożenia można łączyć w jednym systemie



9 W strefach brzegowych przewody trzeba ułożyć gęściej

przewidywanych obciążeń. Izolacja cieplna musi spełniać warunek, aby ilość ciepła przepływającego w dół (w strop lub podłogę na gruncie) była dziesięciokrotnie mniejsza od ilości ciepła przekazywanego podłozie w ogrzewanym pomieszczeniu. W domach jednorodzinnych jako izolację termiczną stosuje się **styropian** – odpowiedniej grubości lub złożony z kilku warstw. Oprócz płyt styropianowych stosuje się również **plyty z poliuretanu, wełnę mineralną, keramzyt**. Grubość warstwy na stropie międzypiętrowym wynosi zwykle około 5 cm. Dla stropów nad piwnicami, nieogrzewanymi pomieszczeniami, nad powietrzem zewnętrznym oraz dla stropów na gruncie – izolacja musi być odpowiednio grubsza – wynosi około 8-9 cm.

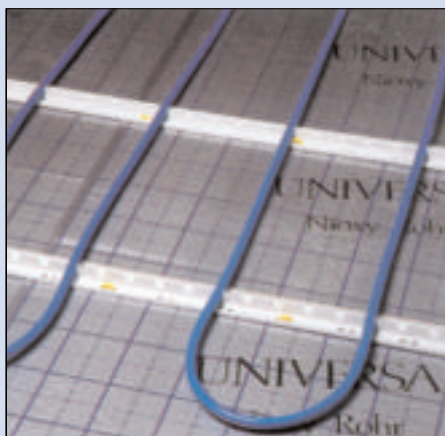
Izolacja przeciwwilgociowa. Na izolacji cieplnej należy ułożyć folię polietylenową (to izolacja przeciwwilgociowa). Ma ona zabezpieczać strop przed przedostawaniem się wilgoci z jastrychu, którym pokrywa się rury. Ma ona grubość około 0,2 mm i dostarczana jest w rolkach o szerokości 110 cm. Arkusze folii trzeba układać tak, aby zachodziły na siebie na około 10 cm.

Stosowane są też płyty styropianowe pokryte fabrycznie folią polietylenową lub cienką warstwą aluminium z naniesioną podziałką – zwykle co 10 cm. Ułatwia to układanie rur w odpowiednich odstępach. Są to tak zwane **izolacje systemowe** 10.

Systemy mocowań

Producenci systemów proponują różne rozwiązania mocowania rur do podłoża. Mogą to być **spinki** lub **klipsy**. W nie-

10 Izolacja systemowa jest szybka i łatwa do ułożenia (fot. Purmo)



11 Jednym ze sposobów zamocowania przewodów grzewczych do podłoża są szyny montażowe (fot. Universa)

których systemach są to **szyny** z wycięciami, przez które prowadzi się przewody 11. Montaż ułatwia także zastosowanie **styropianu z gotowymi rowkami lub czopami** (bez dodatkowej izolacji przeciwwilgociowej), między które wciska się rury grzejne. Nie wymagają one wówczas dodatkowego mocowania. Rozwiązanie to, chociaż szybsze i łatwiejsze do wykonania, jest droższe niż, gdyby zastosować zwykłe płyty styropianowe i folię. Układając system ogrzewania podłogowego trzeba pamiętać, aby zachować minimalny dopuszczalny dla danych rur promień gięcia (zwykle większy od 5-10 d) oraz dopuszczalną dla nich długość prostych odcinków.

Po ułożeniu i zamocowaniu rury do podłoża, należy jej koniec przyłączyć do **rozdzielacza** 12 i przeprowadzić próbę szczelności. Ma ona na celu sprawdzenie, czy podczas transportu lub montażu nie nastąpiło uszkodzenie przewodu. Zwykle przeprowadza się ją przez 24 godziny przy ciśnieniu równym 1 MPa. Dopuszcza się spadek ciśnienia o 0,02 MPa. Jeśli wynik próby szczelności jest pomyślny, można przystąpić do kolejnego etapu prac.

Co nad rurami

Rury przykrywa się **warstwą jastrychu**. Jest to mieszanka piasku, żwiru, wody i spoiwa – zwykle cementu. Do zaprawy jastrychowej zaleca się dodanie specjalnych emulsji, tak zwanych **plastyfikatorów**. Zwiększa to jej plastyczność, dzięki czemu jastrych lepiej przylega do rur ze wszystkich stron, również od spodu.

Grubość warstwy podkładu powinna wynosić około 6,5 cm, w tym nad rurą

4,5-5 cm. Grubość warstwy może być mniejsza, jeśli zastosujemy jastrychy płynne, tak zwane samopoziomujące. Mają one zwiększoną wytrzymałość, dlatego warstwa podkładu nad rurą grzejną może być mniejsza i wynosić około 2,5 cm. Całość warstwy podkładu będzie miała wówczas około 4,5 cm. Ma to znaczenie w domach modernizowanych, w których są ograniczenia dopuszczalnych obciążeń stropów – cieńszy podkład to mniejsza masa całej podłogi.

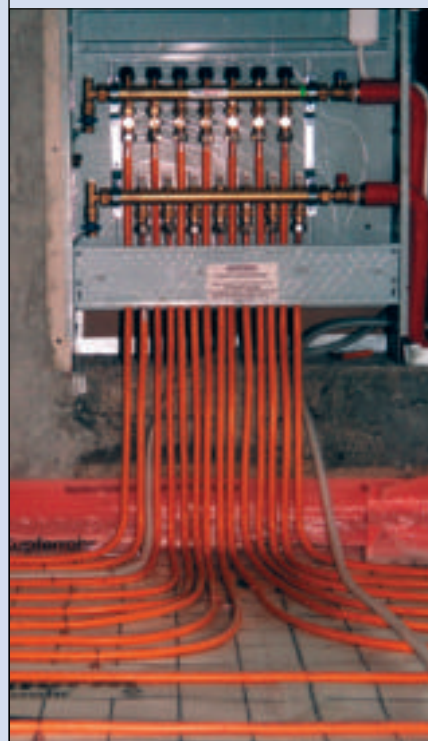
Jak układać jastrych

Jastrych należy układać w dwóch etapach:

- w pierwszym – do wierzchu rur grzewczych;
- w drugim, zaraz po rozpoczęciu wiązania – do właściwej wysokości.

Podkład trzeba **sezonować** 20-28 dni. Po okresie wiązania, ale przed pracami wykończeniowymi, podkład podgrzewa się w celu zmniejszenia jego wilgotności. Temperaturę wody w przewodach podnosi się stopniowo. Trzeba przy tym ściśle przestrzegać zaleceń producenta, gdyż zbyt szybkie nagrzewanie może spowodować zniszczenie podkładu.

12 Pętle grzewcze połączone są z rozdzielaczem, który jest centralnym punktem instalacji (fot. Wieland)



Pamiętajmy, aby przy wylewaniu betonu temperatura materiału, a także temperatura w pomieszczeniu nie była niższa niż +5°C. W miarę możliwości powinna być ona na stałym poziomie.

Nie zapomnij o dylatacji

Między płytą podłogową a konstrukcją budynku musi pozostać szczelina, tzw. **dylatacja**, o szerokości co najmniej 0,5 cm. Dzięki niej podłoga będzie mogła odkształcać się pod wpływem temperatury, bez niebezpieczeństwa uszkodzenia (popękania, deformacji czy zarysowania) jastrychu. Dylatacje wykonuje się wzdłuż wszystkich ścian, filarów oraz otworów drzwiowych **13**. **Dodatkowe dylatacje** należy wykonać w dużych pomieszczeniach, o powierzchni powyżej 30 m². Również jeśli długość płyty podłogowej jest większa niż 7-8 m, trzeba ją podzielić przez wykonanie dylatacji. Dotyczy to szczególnie pomieszczeń w kształcie litery U lub L, gdzie na załamaniach mogą powstawać naprężenia. Stosunek długości do szerokości pola dylatacyjnego nie powinien przekraczać 2, a wielkość poszczególnych pól nie może być większa niż 5,5x5,5 m.

Ułożenie rur powinno być tak skoordynowane z dylatacjami, aby ilość przejść przez dylatacje była najmniejsza. Jeśli jednak będzie to konieczne, np. w progach drzwi, przewody muszą być ułożone w **tulejach z tworzywa**. Zapobiegnie to uszkodzeniu rur przez przesuwanie się płyty podkładu. Długość tulei powinna wynosić 40-50 cm. Podobne zabezpieczenie należy stosować przy wyjściu rur z posadzki do rozdzielaczy.

13 Układanie taśmy brzegowej (fot. Purmo)



14 Na ogrzewaniu podłogowym najlepiej ułożyć płytki ceramiczne (fot. Opoczno)

Do wykonania dylatacji w warstwie jastrychu często używa się **taśmy brzegowej**. Pas dylatacji musi być usztywniony kątownikami. Stosuje się też **listwy drewniane**, które usuwa się po związaniu jastrychu, lub gotowe rozwiązanie oferowane przez producenta. Dylatacja musi przebiegać przez wszystkie warstwy podłogi: od izolacji termicznej do warstwy wykończeniowej włącznie.

Posadzka na ciepłą podłogę

Jako warstwę wykończeniową podłogi z systemem ogrzewania, powinno się stosować **materiały o dobrej przewodności cieplnej**, aby nie stanowiły one izolacji dla przenikania ciepła. Im warstwa wykończeniowa będzie miała mniejszy opór przewodzenia, tym więcej odda ciepła. Z drugiej strony, wykładziny o większej izolacyjności pozwolą uzyskać bardziej równomierny rozkład temperatury w pomieszczeniu: nie będzie odczuwalna różnica temperatury w miejscach bezpośrednio nad rurami i położonych obok. Jednocześnie, aby osiągnąć żądaną temperaturę przewody trzeba ułożyć gęściej lub podwyższyć parametry pracy instalacji, a to pociąga za sobą wzrost kosztów eksploatacyjnych.

Z powyższych względów zalecane jest układanie na ogrzewaniu podłogowym **posadzek ceramicznych lub kamiennych**

(np. marmurowych czy granitowych), które dobrze przewodzą ciepło **14**. Klej stosowany do przyklejania płytek musi być odporny na temperaturę do 50°C i trwale elastyczny, aby przejmował naprężenia ścinające między podłożem a posadzką. Podłogę można wykończyć też **wykładziną dywanową** lub z **tworzywa sztucznego**, np. z PVC, oraz **laminowanymi panelami podłogowymi**, ale muszą być one przeznaczone do układania na ogrzewaniu podłogowym. Należy je układać bardzo starannie, aby uniknąć szczelin powietrznych między wykładziną a warstwą gładzi cementowej, które byłyby dodatkową izolacją cieplną. Jeśli podłoga ma być wykończona **drewnem**, grubość parkietu lub desek nie powinna być większa niż 1 cm. Drewno powinno być dobrze wysuszone. W parkiecie o większej wilgotności podczas sezonu grzewczego będą powstawać szczeliny – ma to związek z właściwościami higroskopijnymi drewna. Większość producentów nie zaleca stosowania drewna w strefach brzegowych, gdzie występuje wyższa temperatura.

Wszystkie materiały i kleje muszą mieć dopuszczenia do stosowania w ogrzewaniu podłogowym. Wykładziny dywanowe i panele powinny być oznaczone specjalnym symbolem.

Sterowanie systemem

Ogrzewanie podłogowe charakteryzuje się **dużą bezwładnością cieplną**, która zależy od grubości jastrychu i izolacji warstwy podłogi. Duża bezwładność powoduje, że system jest trudno wyregulować, gdyż z opóźnieniem reaguje on na zmiany temperatury wewnętrznej. Bezwładność ta wynosi 1,5-3 godz.

Najprostszym sposobem regulacji jest zamontowanie na obiegu pętli grzejnej **zaworu termostatycznego** przymykającego przepływ wody. Regulacja może też odbywać się za pomocą termostatu przekazującego sygnał do zaworu przy rozdzielaczu.

Aby jednak zwiększyć skuteczność regulacji, lepiej zastosować **programator pogodowy** sterowany nie tylko czujnikiem temperatury zewnętrznej, ale również zegarem pozwalającym ustawić niższe parametry pracy w nocy czy też uwzględniającym rozkład zajęć w poszczególnych dniach.

Ogrzewanie podłogowe powinno mieć dodatkowe zabezpieczenie w postaci niezależnego termostatu wyłączającego się po przekroczeniu maksymalnej temperatury dopuszczalnej dla instalacji. Temperatura nie może być wyższa niż 55°C.

W układach mieszanych właściwą temperaturę można uzyskać przez mieszanie wody powrotnej z zasilającą w **zaworze trój-** lub **czterodrogowym** sterowanym regulatorem pogodowym z czujką temperatury zewnętrznej.

Aby dobrze grzało...

Wodne ogrzewanie podłogowe musi być starannie zaprojektowane i wykonane. Już na etapie projektu trzeba ustalić rozmieszczenie niektórych mebli i innych sprzętów oraz ewentualne ułożenie dywanów, aby precyzyjnie określić rzeczywistą wielkość powierzchni grzejnej. Projektant ogrzewania powinien ustalić z architektem rozmieszczenie szczelin dylatacyjnych, o ile będą konieczne. Musi też zaprojektować strefy brzegowe, w miejscach gdzie jest to wymagane, np. przy ścianach z dużymi przeszkleniami, przy wyjściach na tarasy czy balkony.

Instalację należy wykonać zgodnie z projektem technicznym i przestrzegać dokładnie zaleceń producenta systemu. Lepiej cały system nabyć u jednego pro-

ducenta, mimo że taniej byłoby poszczególne materiały i urządzenia kupić u różnych dostawców. Materiały te mogą ze sobą źle współpracować, co może doprowadzić do nieprawidłowej pracy instalacji. Wiele firm tylko pod warunkiem wykonania systemu przez przeszkolonych instalatorów i z materiałów przez siebie wyprodukowanych udziela gwarancji. Czasami do uzyskania gwarancji konieczne jest wykonanie próby szczelności oraz sezonowanie posadzki przez 21 dni po jej wykonaniu i sporządzenie protokołu z tych czynności w obecności inspektora nadzoru. Przed uruchomieniem instalacji trzeba ją dobrze odpowietrzyć. Nastawy na zaworach regulacyjnych poszczególnych pętli należy ustawić zgodnie z projektem.

Spełnienie wszystkich powyższych zaleceń gwarantuje dobrą jakość i prawidłową pracę instalacji oraz zadowolenie użytkowników.

*Dane teleadresowe wiodących producentów oraz orientacyjne ceny wybranych produktów przedstawiamy w rubryce **Info rynek** na str. 91.*

Grzanie w ścianie.

Ogrzewanie płaszczyznowe można też zainstalować na ścianie **15**. Zwykle montuje się je na ścianie zewnętrznej. Rozkład temperatury nie jest tak korzystny jak w przypadku ogrzewania podłogowego. Ściany nie można zastawić meblami, ani wbijać w nią gwoździ. Zasady układania przewodów są analogiczne do tych obowiązujących dla ogrzewania podłogowego.

15 Ogrzewanie ścienne (fot. Wieland)



z życia wzięte

1 Jak wykonać połączenie ogrzewania podłogowego i grzejnikowego – wszystko wodne?

Ogrzewanie podłogowe wymaga zasilania wodą, której temperatura nie przekracza 50°C. W tradycyjnych systemach grzewczych wielkość grzejników dobierana jest do wyższych temperatur (70-90°C), tak więc z takiej instalacji nie można bezpośrednio zasilać ogrzewania podłogowego.

Problem ten można rozwiązać montując sterowany termostatycznie zawór mieszający, który utrzymuje temperaturę wody na pożądanym poziomie. W instalacjach niskotemperaturowych, np. z kotłem kondensacyjnym, ogrzewanie podłogowe można podłączyć bezpośrednio do kotła.

2 Czy korzystając z kotła kondensacyjnego można poprowadzić ogrzewanie podłogowe i tradycyjne (grzejniki) w jednym obwodzie?

Przy ogrzewaniu z kotła kondensacyjnego, który powinien pracować przy temperaturze wody zasilającej nieprzekraczającej 50°C można bezpośrednio podłączyć ogrzewanie podłogowe, równoległe do grzejników tradycyjnych. Konieczna jest jednak wstępna regulacja przepływów, aby następował założony rozdział ciepła. Utrzymanie żądanej temperatury zapewnią zawory termostatyczne zamontowane przy grzejnikach i ewentualnie w obwodzie ogrzewania podłogowego.

3 Zamierzam położyć panele drewniane na posadzce z ogrzewaniem podłogowym wodnym. Jaki powinien być podkład pod panele, jakie zabezpieczenie przeciwwilgociowe i akustyczne?

Panele muszą być dopuszczone przez producenta do układania na podłodze z ogrzewaniem podłogowym. Informuje o tym piktogram na opakowaniu. Informacja taka powinna się znaleźć w instrukcji montażu i użytkowania.

Przy takim zastosowaniu zawsze konieczne jest ułożenie folii paroszczelnej bezpośrednio na betonowym podłożu. Na warstwę wyrównującą lepiej użyć tektury falistej; ogranicza przenikanie ciepła w mniejszym stopniu niż pianka polietylenowa. Natomiast zastosowanie grubszych warstw podkładowych, np. z porowatych płyt pilśniowych – jako ochrony akustycznej – spowoduje znaczne ograniczenie efektywności ogrzewania. Jeśli nie zostały one uwzględnione w projekcie instalacji grzewczej, może to powodować niedogrzanie pomieszczenia.