



PROJEKTOVÁNÍ A REALIZACE ROZVODŮ SE SÁLAVÝMI PANELY PRO VYTÁPĚNÍ A CHLAZENÍ

Výpočty, realizace a užitečná opatření pro správnou montáž
sálavých panelů nízkoteplotního vytápění

VYDALO VÝZKUMNÉ CENTRUM
GIACOMINI S.P.A.

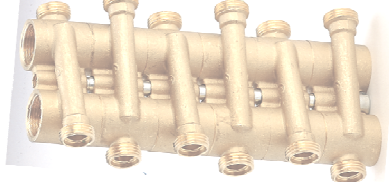
Obsah

Úvod	1
PODLAHOVÉ TOPENÍ	3
Parametry projektu	3
Spodní izolace	3
Obvodový izolační pás	4
Vzdálenost mezi trubkami (rozteče)	4
Maximální délka okruhu	4
Rozvod okruhů	6
Teplota vody	7
PRAKTICKÉ GRAFY PRO ROZMĚROVÉ ŘEŠENÍ SÁLAVÉ PODLAHY	8
Dilatační spáry	12
Opatření při pokládání podkladu	13
Tlakové zkoušky	14
První uvedení do provozu	14
Poznámky k napouštění rozvodu	14
CHLAZENÍ POMOCÍ PODLAHOVÝCH PANELŮ	16
Praktické výsledky chlazení pomocí podlahových panelů	17
Spotřeba energie pro chlazení	20
Regulace a nastavení	20
Ekvitermní regulace Giacomklima	20
Letní nastavení	22
Smíšené rozvody	23
Ochrana čerpadla před přetlakem	25
Elektrické schéma zapojení termostatu K480 a termoelektrických hlav	26
Příklady instalace	27
Rozvod pouze pro vytápění obytných prostor	29
Podmínky výpočtu	31
Regulace	32
Regulace pomocí zónového ventilu R278 a motoru R270A	33
KOSTELY A ROZSÁHLÉ PLOCHY	35

ÚVOD

Rozvod se sálavými podlahovými panely prošel během celé fáze svého rozvoje, to je od počátku 70. let vývojem, kdy se firma Giacomini zasloužila o výzkum a vývoj technologických řešení tak, aby se tento typ vytápění stal funkčnejším s jednoduchou montáží a správnou funkcí. Od vzniku tohoto systému v jeho moderní verzi realizovala firma Giacomini některé nejdůležitější inovace, které se pak staly technologickou zvyklostí. Jedná se zejména o:

Kované rozdělovače - sestavitelné



Rozdělovače z tažené profilované tyče



Termostatické hlavy pro tepelnou regulaci prostorů



Speciální regulační ventily pro rozdělovače



Rozdělovače s integrovanými regulačními ventily



Kotlové sestavy a směšovací třicestné a čtyřicestné ventily



Termoelektrické hlavy ovládané prostorovým termostatem



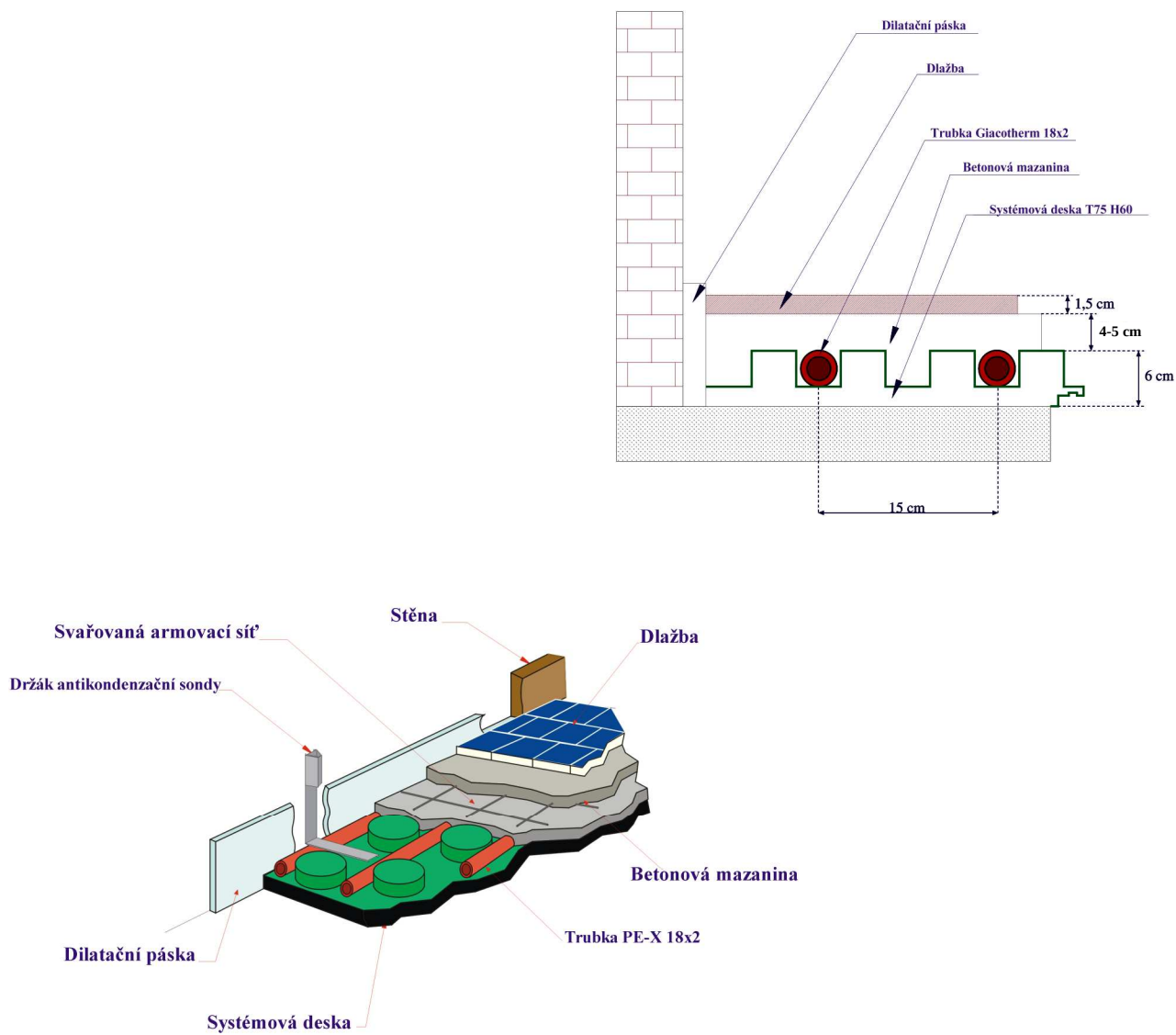
Systémové izolační panely pro rychlou a přesnou montáž trubek



Trubky jak z materiálu PE-X, polybutylénu tak z PE-X/AL/PE-X



Toto je jen několik z nejdůležitějších inovačních prvků realizovaných firmou Giacomini v tomto oboru. Od počátku 90. let vyvinula pak firma Giacomini vlastní technologii řízení rozvodu, který je schopen zajistit plnohodnotné vytápění a chlazení.



Obr. 1 – Systémová izolační deska s výstupky R982, pro rychlou a snadnou montáž trubek.



Obr. 2 - Podlahové vytápění s vodícími lištami K390, objímkami K392 a armaturou

PODLAHA SE SÁLAVÝMI PANELY

Parametry projektu

Hlavní parametry projektování jsou dnes definovány evropskou normou ČSN EN 1264. Jako doplnění tradičních výpočtových metod tyto normy přihlížejí k praktickému a teoretickému hodnocení, ke kterým se dospělo v posledních letech a tudíž budeme k těmto normám přihlížet v základní části projektování.

Izolace podkladu

Systém podlahového vytápění vyžaduje použití izolační vrstvy mezi topnou deskou a podkladním betonem. Její funkce je následující:

- snížit tepelnou setrvačnost zmenšením ohřívání hmoty
- zamezit, aby se teplo přenášené trubkami nešířilo nekontrolovaně do míst, které ho nevyžadují.

Izolace může být plochá nebo tvarovaná na vrchní straně pro usnadnění montáže trubek.

Izolační vrstvy budou mít následující minimální hodnoty tepelného odporu $R_{\lambda,iz}$ [$m^2.K/W$] v závislosti na teplotních podmínkách pod konstrukcí podlahového topení a na tepelném odporu podlahové krytiny.

EN 1264-4	Vytápěná místnost	Sklep/zem	Minimální venkovní teplota 0°C	Minimální venkovní teplota -5°C	Minimální venkovní teplota -15°C	$R_{\lambda,B}$ [$m^2.K/W$]
Tepelný odpor $R_{\lambda,iz}$ [$m^2.K/W$]	0,75	1,00	1,25	1,50	2,00	$\leq 0,15$
	1,00	1,25	1,50	2,00	2,50	$> 0,15$

$R_{\lambda,B}$ – tepelný odpor podlahové krytiny

$$R_{\lambda,iz} = \frac{s_{iz}}{\lambda_{iz}} \quad \text{kde} \quad \begin{array}{l} s_{iz} = \text{tloušťka izolační vrstvy [m]} \\ \lambda_{iz} = \text{tepelná vodivost izolační vrstvy [W/m.K]} \end{array}$$

Rovná izolace se používá především pro velké plochy s velkými roztečemi trubky, v tomto případě je trubka vedena v příslušných úchytkách (lišta K390 + objímka trubky K392 + hřeb K391), které zajistí jejich upevnění a polohu a které umožňují rychlou montáž.

Obytné budovy a převážná část obchodních prostor menších rozměrů vyžadují izolaci se standardní hustotou. Pro větší plochy s větší koncentrací osob, jako jsou sportovní zařízení a obchodní domy jsou nutné izolace s vyšší hustotou. Pro průmyslové objekty je vhodné použít izolaci s hustotou extra-vysokou a pro vyšší zatížení doporučujeme použít svařovanou mřížkovou armaturu.

Firma Giacomini nabízí tři rozdílné síly systémové izolace (tvarované - s montážními výstupky), v katalogu pod číslem R982

- typ H30 o celkové síle 30 mm
- typ H45 o celkové síle 45 mm
- typ H60 o celkové síle 60 mm

Tenčí verze izolace o síle 45 mm a 30 mm je obzvlášť vhodná pro místnosti, kde je omezená výška pro konstrukci podlahy, jedná se především o rekonstrukce.

Typ H60 je určen na podlahy místností, které sousedí s nevytápěnými prostory a do mezipater, kde chceme zlepšit tepelné a akustické vlastnosti.

Pro montáž elektrického a sanitárního rozvodu můžeme zvolit dva způsoby.

1 - Položit tyto rozvody na hrubou plochu a poté provést vyrovnávací betonový potěr. Na něj pak položíme izolační panely, trubky a pokračujeme s betonem, na který pak položíme konečnou povrchovou úpravu podlahy.

2 - V místnostech, které mají problémy s výškou můžeme vynechat pás podél vnitřních stěn o šířce 30-40 cm, ve kterém nebudeme pokládat panely. Do tohoto pásu umístíme kabelové kanály a případně část sanitárního rozvodu. I když jde o řešení méně elegantní, než první varianta, může být nezbytné při nedostatečné výšce místností a v každém případě je to řešení levnější.

Pás obvodové izolace

Před položením izolačních desek se podél stěn a všech ostatních konstrukcí, které zasahují do potěru (např. zárubně dveří, sloupy a pilíře) položí izolační dilatační pás. Obvodový izolační pás bude sahát od základové desky až na povrch hotové podlahy a umožní pohyb vyrovnávacího potěru min. 5 mm.

V případě vícenásobných izolačních vrstev bude obvodový izolační pás umístěn před položením horní izolační vrstvy.

Pás musí být upevněn k podkladu tak, aby nedošlo k jeho posunu během lití betonu. Vrchní část obvodového pásu, která bude vyčnívat nad hotovou podlahu nesmí být seříznuta, dokud nebude dokončena konečná vrstva podlahy a v případě textilní nebo plastové krytiny, až po zatvrdnutí lepidla. (EN 1264-4)

Vzdálenost mezi trubkami (rozteč)

Dle tepelného výkonu může být rozteč mezi trubkami v jednotlivých místnostech různá. Pohybuje se od velmi nízkých hodnot (50 mm nebo 75 mm, podle toho, zda užijeme systémovou desku typu T50 nebo T75) až do maximální hodnoty 300 mm ve velkých prostorách, jako jsou sportovní zařízení nebo sklady. Výpočty jsou prováděny v souladu s normou ČSN EN 1264. Kompletní výpočty uvedené v normě jsou poměrně složité: pro rychlou orientaci uživatele byly připraveny výkonové tabulky. Platné výpočty provedené pouze pro vytápění již nebudou platit, pokud je při montáži počítáno jak s vytápěním, tak s chlazením objektu. Ve všech případech, kdy rozvod topení bude využíván také pro chlazení v letním období, výpočet rozteče musí být proveden na základě letní funkce, neboť se jedná o podmínky, kdy specifické výkony podlahy jsou více omezeny. A skutečně, výkon podlahy v letním období při stejném průtoku (tudíž aniž bychom měnili čerpadlo) a s minimální vstupní teplotou, která nesmí klesnout pod 14°C, se bude pohybovat kolem 40% oproti výkonu stejné podlahy během zimního provozu. Pokud chceme docílit letního výkonu kolem 35-40 W/m², bude odpovídající zimní výkon kolem 90-100 W/m².

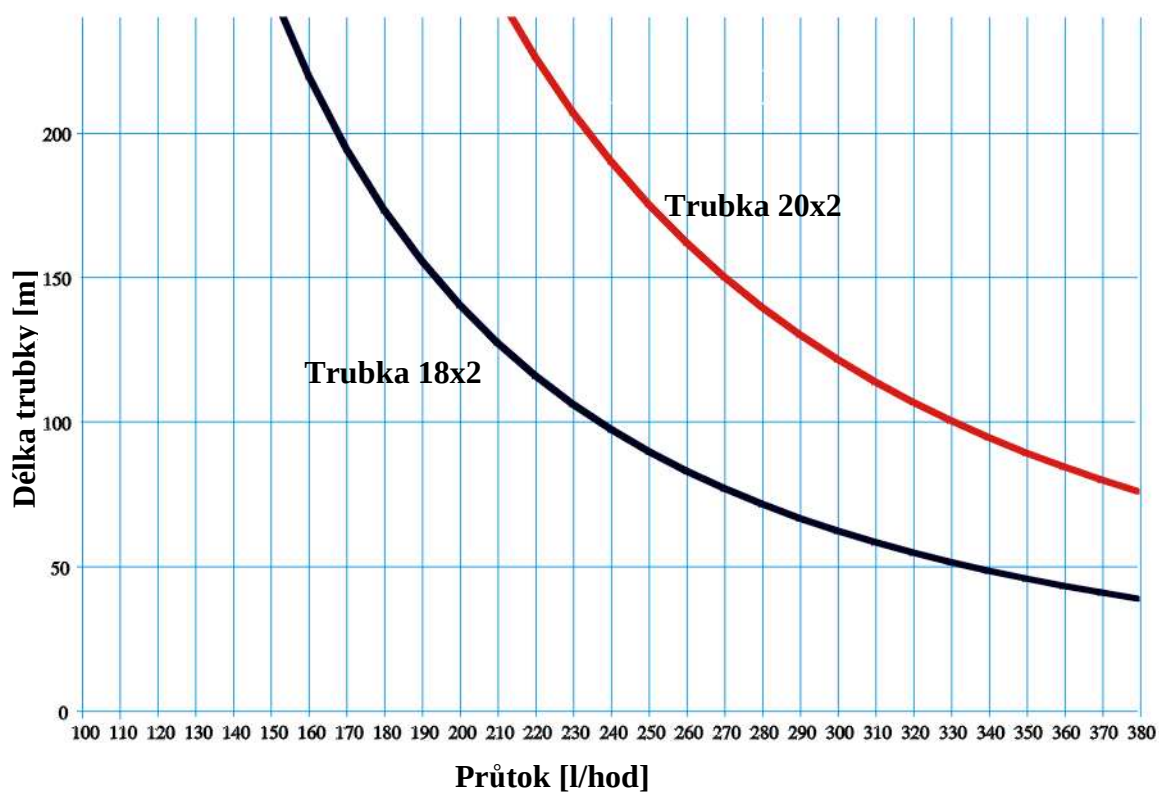
Maximální délka okruhu

Jednotlivý okruh by neměl být delší než 200 m. Délka pochopitelně závisí na průměru trubek a na průtoku. Průtok [l/hod] je označen jako G, vnitřní průměr trubky v mm je označen D_i, délka trubky je označena L. Tlaková ztráta náplně v rozvodu může být vypočtena v různých poměrech. Toto je jeden příklad:

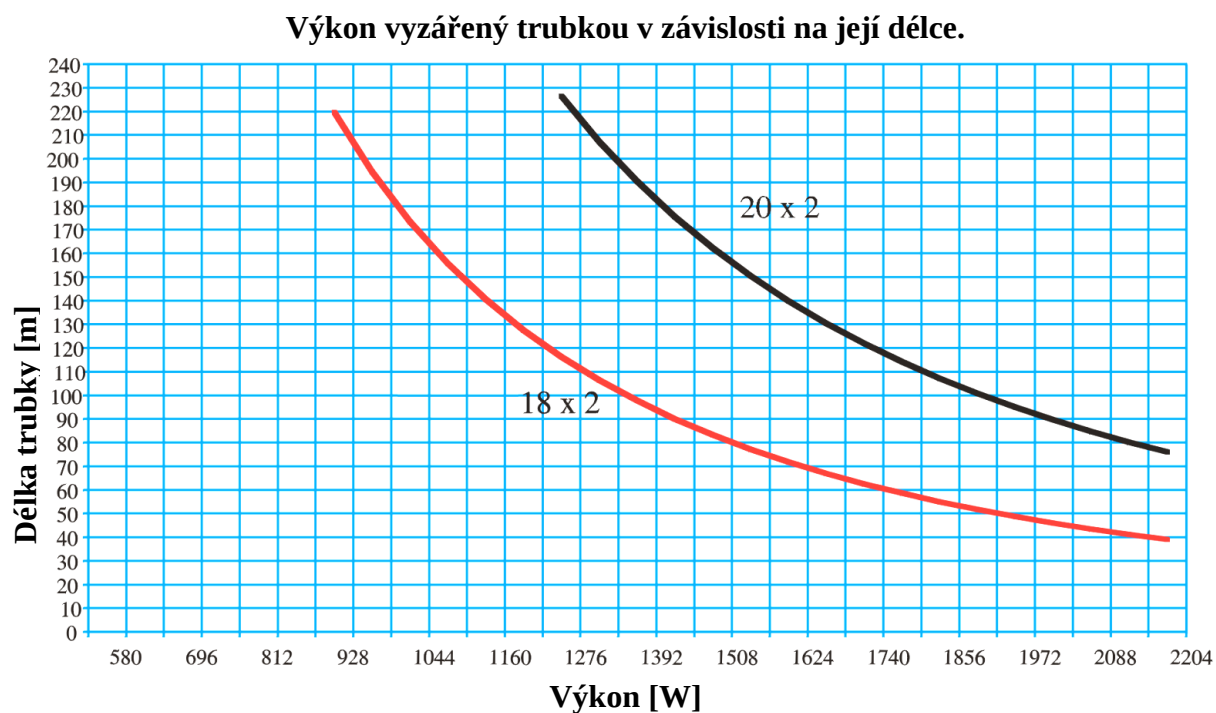
$$D_p = L \times 191.4 \times \frac{G^2}{D_i^5}$$

U trubky 18x2, která má vnitřní průměr 14 mm vezmeme v úvahu přípustnou tlakovou ztrátu 20kPa (2000 mm vodního sloupce) pro jeden okruh a dostaneme následující diagram, který zobrazuje závislost průtoku a délky trubky.

Závislost mezi délkou trubky a průtokem pro vnitřní průměr 14 mm a 16 mm, s maximální tlakovou ztrátou prouděním 20 kPa (2000 mm v.s.) pro jeden okruh.



Obr. 3 - Tento graf znázorňuje poměr mezi délkou trubky a přípustným průtokem pro tlakovou ztrátu prouděním 20 kPa (2000 mm v.s.).



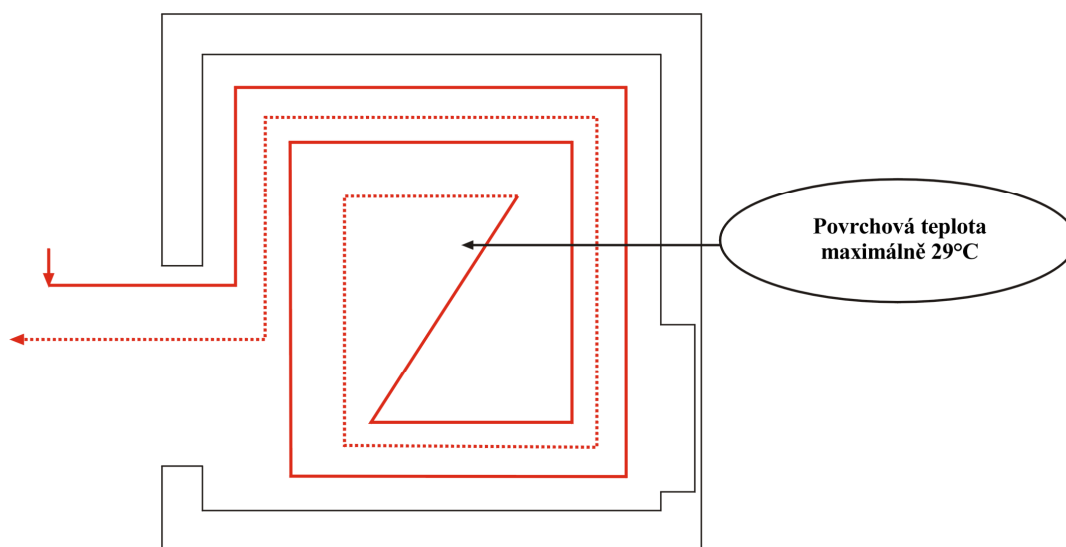
Obr. 4 - Graf znázorňující poměr mezi délkou trubky a jejím výkonem při konstantní tlakové ztrátě prouděním 20kPa (2.000 mm v.s.)

Provedení okruhů

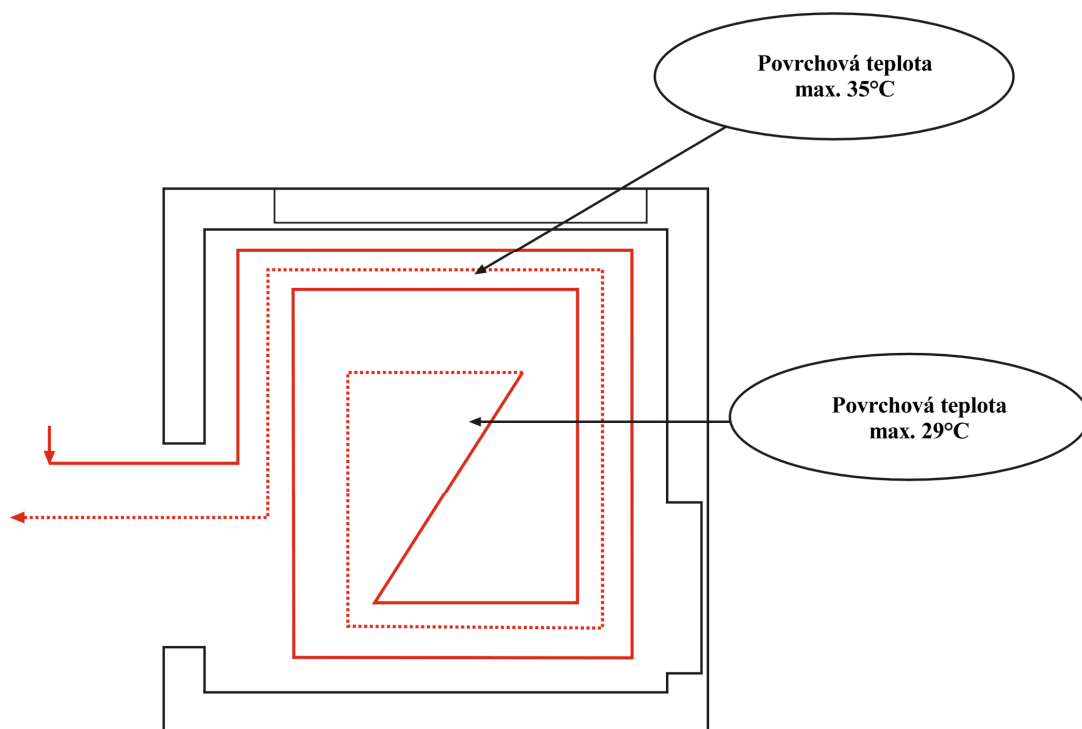
Montáž trubek do podlahy může být provedena v různých geometrických tvarech. Volba tvaru okruhu závisí na typu prostředí, které bude vytápěno. Aby byla povrchová teplota v místnosti pokud možno co nejvíce stejnoměrná, používá se často tak zvaný systém obrácené zpátečky (spirála). Tento způsob má za úkol udržovat stejnoměrnou průměrnou povrchovou teplotu. Tato metoda umožňuje vyšší povrchovou teplotu a tím vyšší výkon podlahového topení. V úzkých prostorách (chodby, WC) je možné vytvořit meandr, který je součástí přívodní nebo vratné trubky jiné smyčky.

Pokud se v místnosti vyskytují velké zasklené plochy nebo více ochlazované stěny, můžeme zmenšit v jejich blízkosti rozteče trubek, čímž zvýšíme tepelný výkon (okrajová plocha). Okrajová zóna a obytná zóna musí tvořit sériově zapojené okruhy – jedna smyčka!

Dle normy ČSN EN 1264-3 okrajové plochy s vyšší povrchovou teplotou (až do max. 35°C) jsou obvykle umístěny podél vnější stěny v max. šíři 1m. V tomto případě je povolen rozdíl mezi povrchovou teplotou a teplotou prostředí až do 15 K, zatím co u ostatních ploch rozdíl mezi průměrnou povrchovou teplotou podlahy a prostředím nesmí přesahovat 9 K.



Obr. 5 - Častější typ rozvodu



Obr. 6 - Hustší rozteč trubky v blízkosti prosklené stěny

Teplota vody

Je důležité, aby rozdíl teplot vstupní a vratné vody ($[\sigma]$ - sigma) byl udržován co nejmenší. V každém případě, čím je nižší teplota vody, tím větší bude tepelný komfort a levnější provoz systému. Teplota vody je závislá na typu konstrukce podlahy. U podlah typu A (nejpoužívanější konstrukce, vč. Giacomini) je omezena na max. 45°C a pro podlahy typu B (roznášecí tepelně vodivá vrstva nad trubkami) je stanovena na 55°C. Rozdíl teplot mezi přívodní vodou a vratnou vodou udává norma ČSN EN 1264-3 v rozmezí **$0\text{ K} < \sigma \leq 5\text{ K}$** . Při dosavadním projektování se většinou používalo $\Delta T = 8^\circ\text{C}$ mezi přívodní a vratnou vodou. V každém případě maximální teplota vstupní vody souvisí s přípustným rozdílem mezi teplotou podlahy a teplotou prostředí, který může dosáhnout max. hodnoty 9K. (Platí i pro koupelny - vnitřní teplota 24°C) (ČSN EN 1264-3).



PRAKTICKÉ GRAFY PRO DIMENZOVÁNÍ SÁLAVÉ PODLAHY

Následující grafy byly vypracovány na základě požadavků norem ČSN EN 1264 a umožňují rychlé orientační dimenzování podlahového topení.

Při výpočtech postupujte následujícím způsobem:

- 1) Stanovte na základě výpočtu potřebu tepelného toku q ve $[W/m^2]$. Nepočítejte se šířením tepla směrem dolů (s tímto je již počítáno ve výpočtech difúze tepla).
- 2) Pokud je definována teplota vstupní vody (při $\sigma = 5K$) a při znalosti vnitřní teploty prostředí zjistíte hodnotu rozdílu teplot $\Delta\theta_H$ [K] z jednoho ze tří grafů uvedených na následujících stánkách.
- 3) Pomocí grafů závislosti q $[W/m^2]$ a $\Delta\theta_H$ [K] zjistíte potřebnou rozteč T [m] pro uvedené druhy povrchů.
- 4) Pomocí grafů se dá opačným způsobem zjistit potřebná teplota vstupní vody, pokud zvolíme nejprve rozteč a známe potřebný tepelný tok q $[W/m^2]$. Výslednou hodnotu $\Delta\theta_H$ [K] použijeme ke stanovení teploty vstupní vody θ_v $[^\circ C]$.

Přesný výpočet rozdílu teplot teplotonosné látky:

$$\Delta\theta_H = \frac{\theta_v - \theta_r}{Ln \frac{\theta_v - \theta_i}{\theta_r - \theta_i}}$$

Kde:

θ_v = přívodní teplota teplotonosné látky $[^\circ C]$

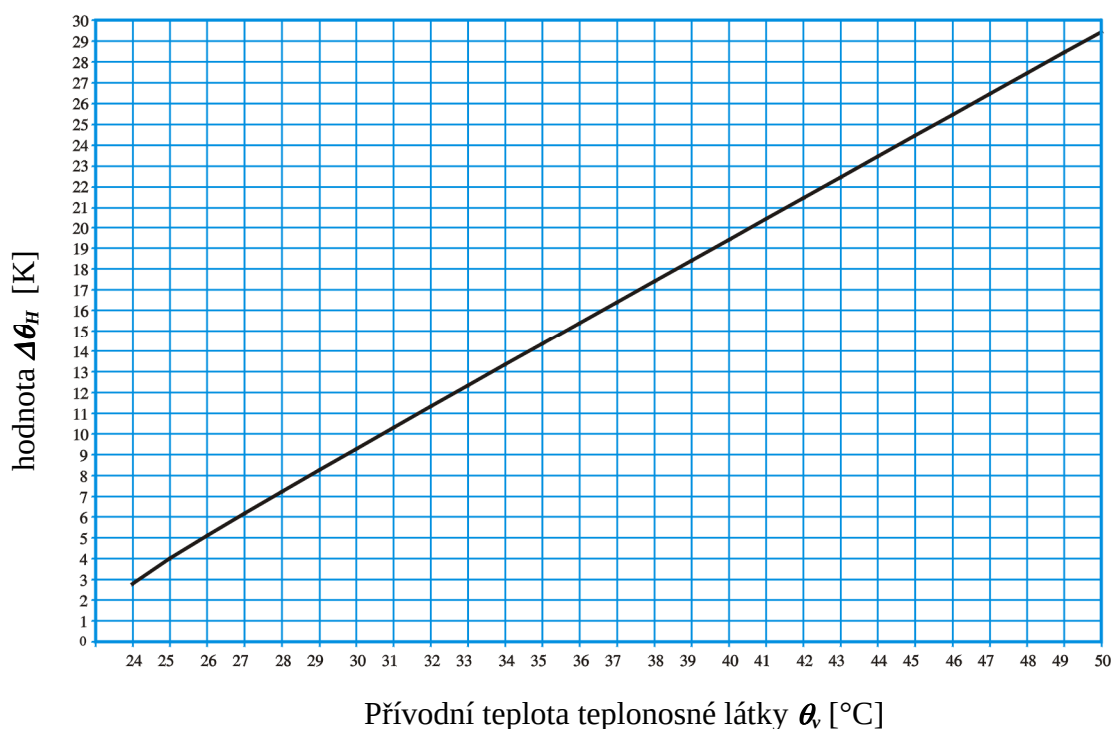
θ_r = vratná teplota teplotonosné látky $[^\circ C]$

θ_i = jmenovitá vnitřní teplota místnosti $[^\circ C]$

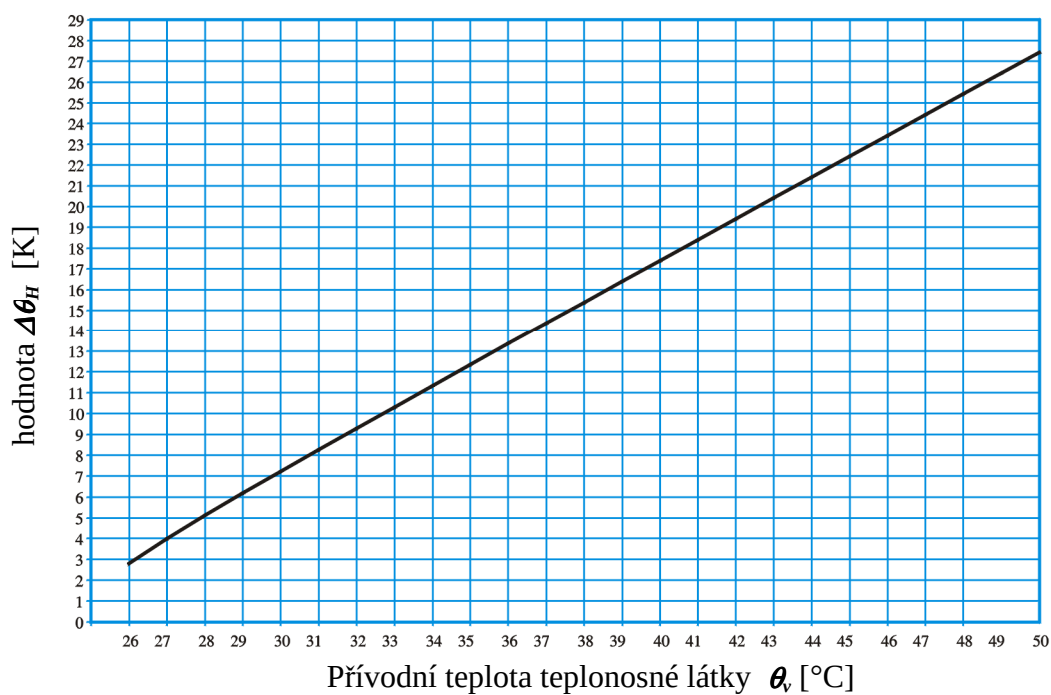
L_n = přirozený logaritmus

Teplota prostředí: 18°C

Graf závislosti rozdílu teplot $\Delta\theta_H$ na teplotě vstupní vody při $\sigma = 5K$

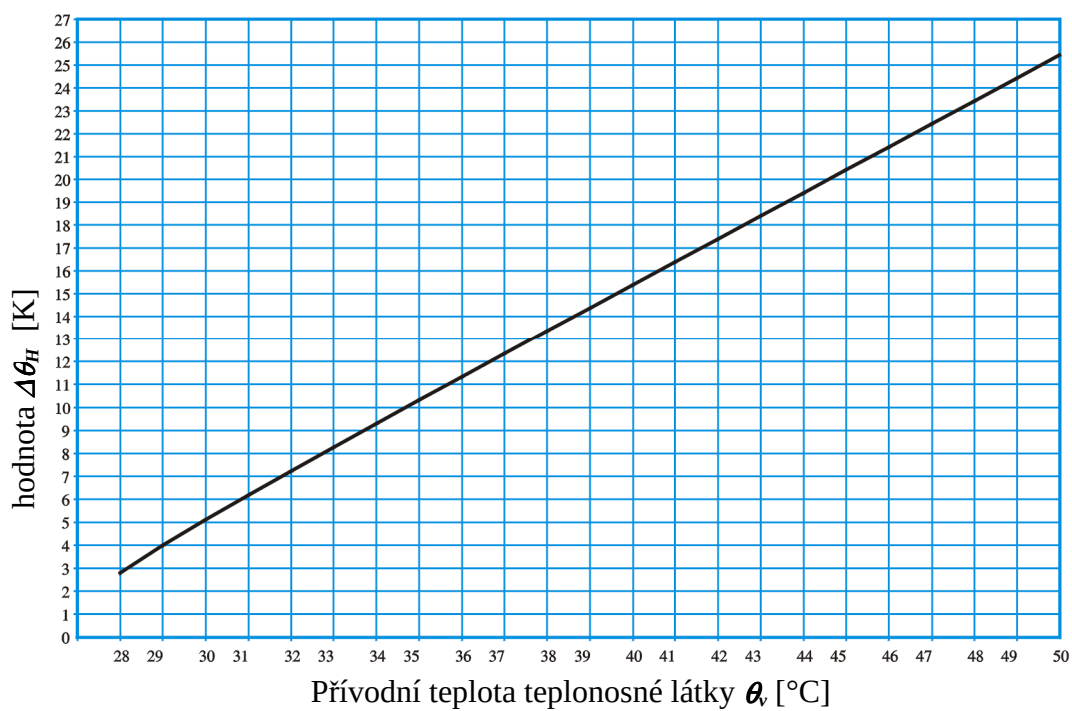


Teplota prostředí: 20°C
 Graf závislosti rozdílu teplot $\Delta\theta_H$ na teplotě vstupní vody při $\sigma = 5K$



Obr. 8

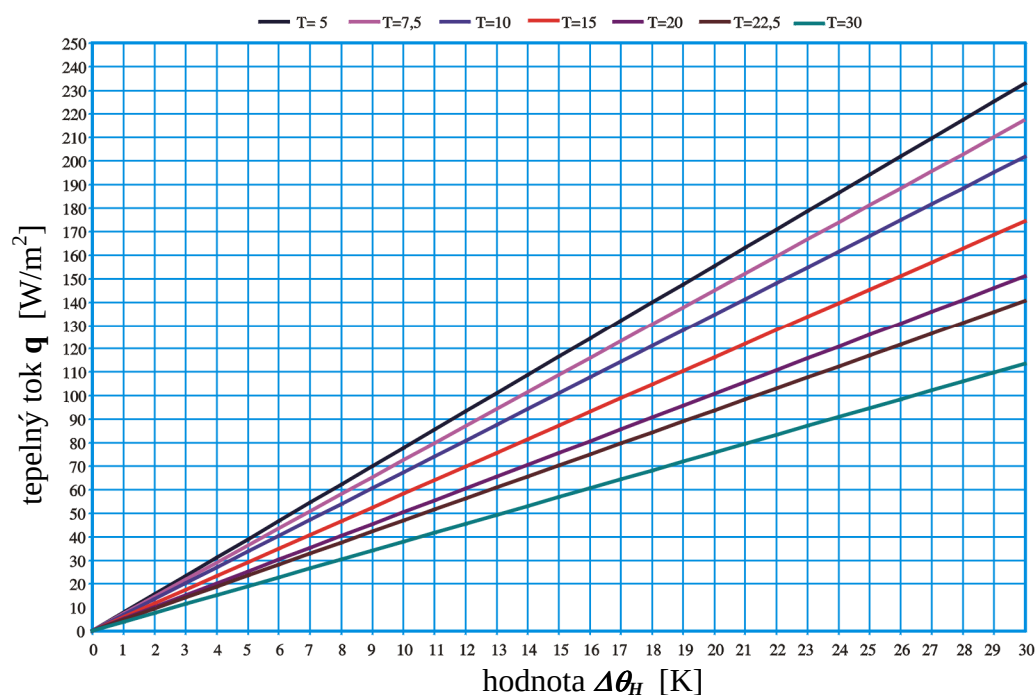
Teplota prostředí: 22°C
 Graf závislosti rozdílu teplot $\Delta\theta_H$ na teplotě vstupní vody při $\sigma = 5K$



Obr. 9

DLAŽBA A PODOBNÉ MATERIÁLY

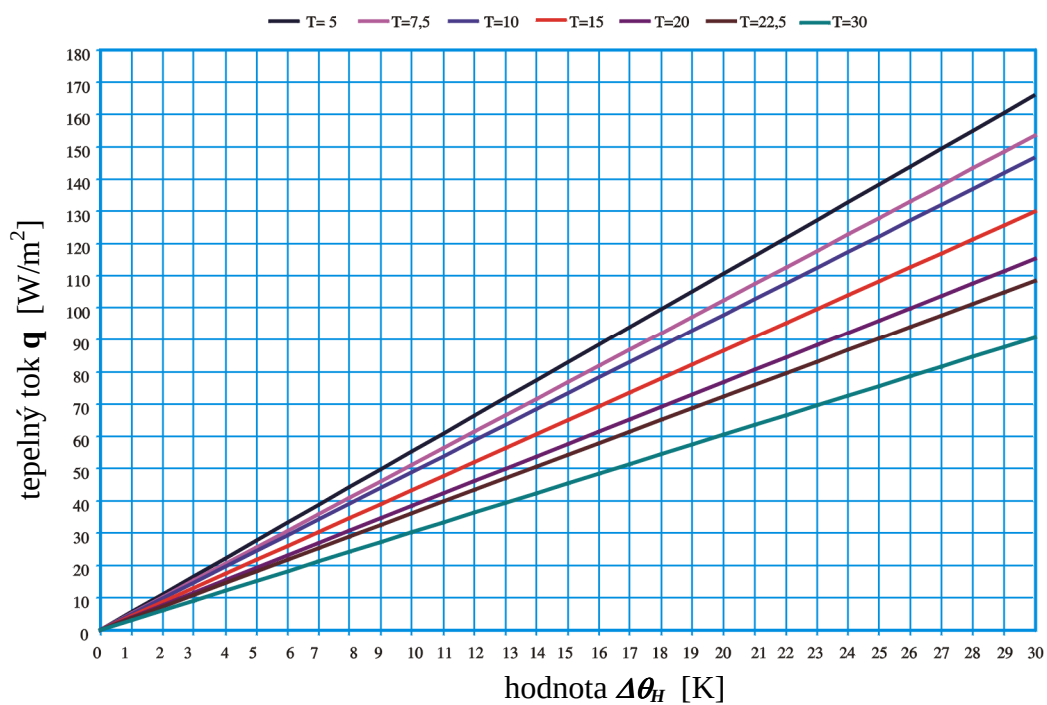
Graf závislosti tepelného toku na hodnotě $\Delta\theta_H$ a rozteči trubek **T** (od 5 cm do 30 cm)



Obr. 10

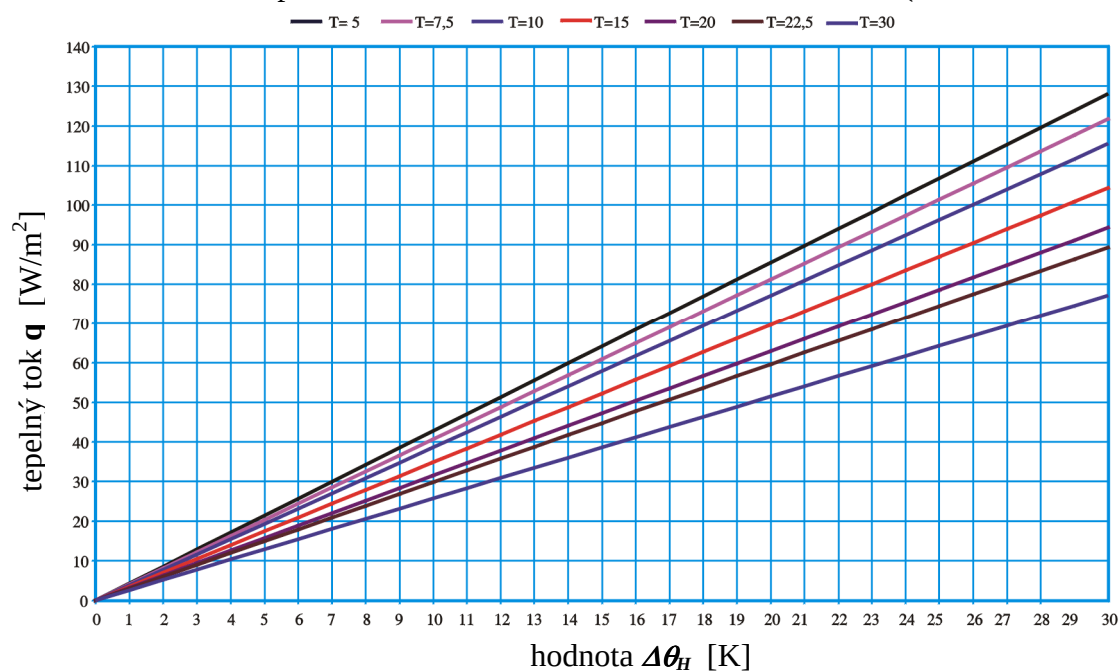
PARKETY:

Graf závislosti tepelného toku na hodnotě $\Delta\theta_H$ a rozteči trubek **T** (od 5 cm do 30 cm)



LEHKÝ KOBEREK

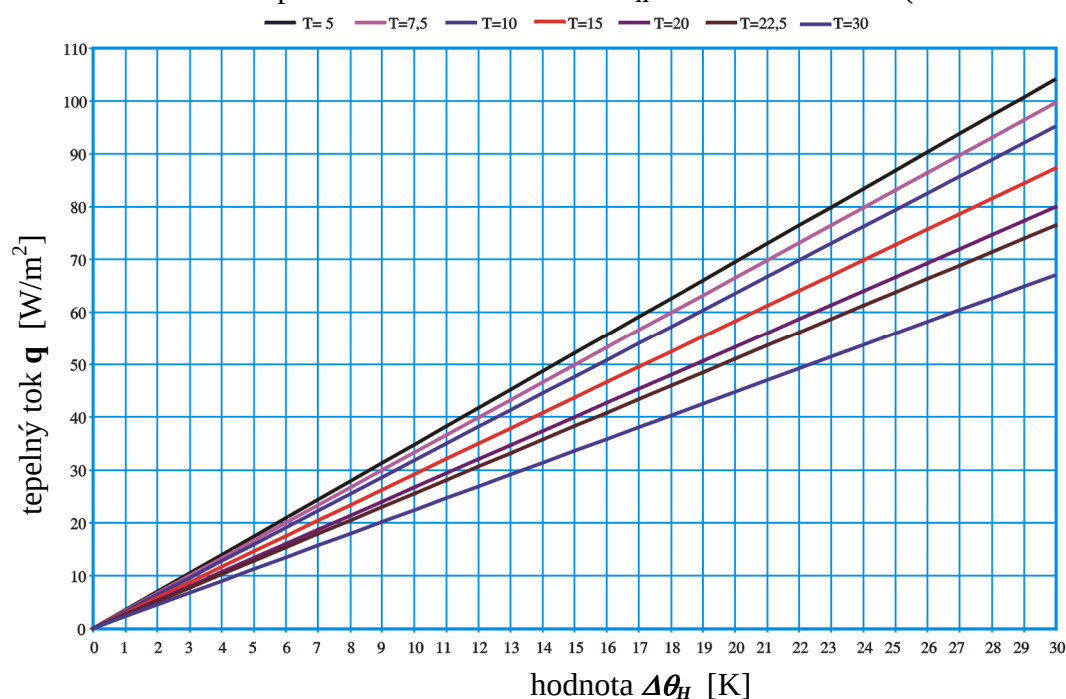
Graf závislosti tepelného toku na hodnotě $\Delta\theta_H$ a rozteči trubek T (od 5 cm do 30 cm)



Obr. 12

TĚŽKÝ KOBEREK

Graf závislosti tepelného toku na hodnotě $\Delta\theta_H$ a rozteči trubek T (od 5 cm do 30 cm)



Obr. 13

Pro praktické určení rozteče můžete použít následující postup:

- Stanovíme si, jaká může být maximální teplota vstupní vody a z grafu obr. 7, 8 nebo 9, zjistíme podle požadované teploty v místnosti (18°C, 20°C, 22°C) odpovídající hodnotu $\Delta\theta_H$.
- Z grafů obr. 10, 11, 12, 13 zvolíme budoucí povrch podlahy. V průsečíku hodnot $\Delta\theta_H$ a předem spočítaného tepelného toku q zjistíme rozteč potrubí T .

Dilatační spáry

Vytvoření spár je nutné z důvodu stavební fyziky. V souladu s jejich funkcí mají spáry následující účel:

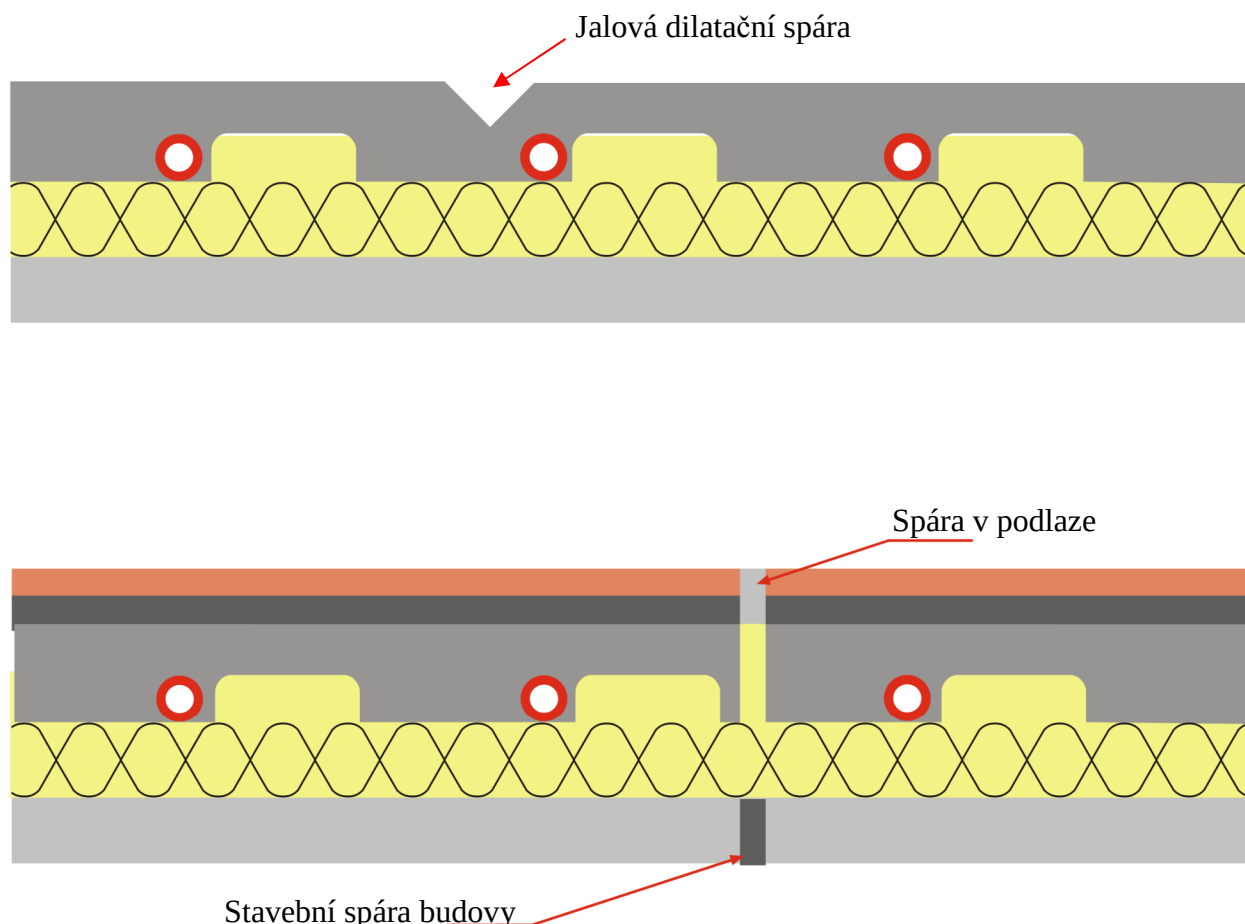
- dilatační spáry absorbují rozměrové změny topné desky
- okrajové spáry slouží ke kompenzaci v okrajových částech topné desky a snižují akustické a tepelné šíření z podlahy do přilehlých konstrukcí (prostřednictvím tak zvaných akustických mostů).
- existující stavební spáry jsou místa určená pro povinné přerušení topné desky dilatační spárou

Plocha místnosti obvykle tvoří jednu topnou desku. Velké plochy musíme rozdělit na menší dilatační spárou. Normou EN 1264-4 jsou určeny povinné dilatační spáry topné desky v místech odpovídajících stavebním spárám budovy. Topná deska musí být též oddělena od vertikálních stěn obvodovými dilatačními spárami (dilatační pás) a také od všech konstrukcí zasahujících do topné desky.

U betonových mazanin, u kterých je počítáno s keramickou nebo kamennou krytinou, plocha vymezená dilatační spárou nepřesahuje plochu 40m^2 s maximální délkou 8 metrů. V případě pravoúhlých místností mohou plochy vymezené dilatačními spárami přesáhnout 40m^2 za podmínky, že maximální poměr mezi dvěma stranami nepřekročí hodnotu 2 : 1. Dilatační spáry mohou být kříženy jen přívodními trubkami a pouze v jedné rovině a musí být chráněny pružnou trubkou o délce 300 mm.

Dilatační spáry jsou umístěny v místech prahů a průchodů. Dilatační spára začíná od vyvýšených míst jako jsou např. sloupy nebo krby; prakticky tam, kde dochází ke styku topné desky s jinou konstrukcí.

Je nezbytné věnovat maximální pozornost konečnému povrchu podlahy! Problém praskajících dlažeb nemusí být způsoben vždy podlahovým vytápěním - při teplém letním počasí se může podlaha zahřát slunečním zářením na daleko vyšší teploty než je povolených 29°C (navíc nerovnoměrně) a v tomto případě je špatně vyspárovaná dlažba příčinou poruchy. Dlažba musí být provedena s dostatečnými spárami a pokud budou spárovány pružným materiálem nehrozí žádné nebezpečí poškození povrchu. Pružná spára v dlažbě může být např. každá desátá a pod. Pro tuto spáru se může v betonovém potěru vytvořit i tzv. jalová spára, která může zasahovat max. do $1/3$ tloušťky mazaniny.



Opatření při přípravě podkladu

Podklad pro položení izolačních desek musí být rovný (nevyrovnané spáry nebo nestejněměrné výšky mezi panely, prohlubně v betonu apod.). Během montáže je důležité zabránit tomu, aby na izolaci byly umístěny těžké předměty. Z tohoto důvodu je třeba připravit vhodné lávky nad izolací, aby se zamezilo jejímu poškození.

Armatura betonové mazaniny:

Pokud je počítáno s tím, že podlaha bude zatěžována více, než je normální vybavení bytu, doporučujeme použít jako armaturu svařovanou jemnou armovací síť s velikostí ok 10 cm. U zvláštních případů s velmi vysokou zátěží je třeba provést výpočet železobetonové desky. Armatura se pokládá na distanční stojánky K394.

Granulace písků

Granulace písků nesmí přesáhnout 8 mm a je pojena s jemným pískem, obsah cementu se pohybuje mezi 275 až 350 kg/m³.

Přísady do betonu

Firma Giacomini dodává přísadou do betonu (plastifikátor - K376), která má za úkol zjemnit směs, zlepšit zatékání a snížit požadavek na množství použité vody a tím snížit dobu vylučování vody z betonu během jeho zrání. Doporučené dávky jsou mezi 3 a 4 litry na m³ betonové směsi (1 litr na každých 100 kg cementu).

Přísady do topné vody v rozvodu

Nezávisle na tom, jaký typ trubek použijeme, zda s kyslíkovou bariérou nebo bez, doporučujeme vždy použít přísadu K375 (inhibitor) do topné vody v rozvodu, která brání růstu řas. Jejím úkolem je zabránit růstu mikroskopických řas uvnitř trubek. Přítomnost kyslíku nemůže být nikdy zcela vyloučena ani při použití trubek s kyslíkovou bariérou, neboť kyslík se dostane do rozvodu různými cestami jako jsou spoje, čerpadla, ventily ap. Nebezpečí způsobené kyslíkem je dvojitý: tvoří korozi na ocelových částech rozvodu a usnadňuje vznik řas, především za přítomnosti polyfosfátů, které mohou pocházet z vylučování pasivačních přípravků z ocelových součástí.

Přidání přísady K375, která působí jako antioxidační přípravek a přípravek proti řasám, v objemu cca 1 litr na každých 200 litrů vody (cca každé dva roky) je důležité pro zajištění dlouhé životnosti a funkčnosti rozvodu.

Organizace stavby:

Při montáži stoupaček se zároveň provedou montáže skříní rozdělovačů a přírůdky k rozdělovačům. Při usazování skříní a rozdělovačů se musí brát zřetel na výšku izolace a minimální poloměr ohybu trubky podlahového vytápění. Před zahájením prací na vlastním podlahovém vytápění je vhodné, aby byly již dokončeny následující práce:

- montáž vnějších uzávěrů
- montáž rámců vnitřních dveří
- vnitřní omítky
- provedeny ostatní technologické rozvody

V průběhu pokládky podlahových panelů může být v místnosti přítomen pouze instalatér. Pro případné pocházení po podlaze je třeba zajistit vhodné dřevěné lávky. Zalití betonem se provádí ihned po položení rozvodu a po provedené tlakové zkoušce s rozvodem udržovaným pod tlakem.

- Během celé pokládky nesmí být teplota nižší než 5°C. Následně musí být teplota alespoň 5°C nejméně po tři dny (tyto časy budou delší u betonu s pomalejším tuhnutím). Navíc musí být cementový potěr chráněn proti vysoušení (kropení). (EN 1264-4)
- Každý otvor procházející podlahou musí být proveden před položením betonové mazaniny, aby se vyloučilo pozdější vrtání a prorážení. (EN 1264-4)
- Všechny trubky, které prochází svisle topnou plochou musí být odděleny průchodkou. Žádná trubka nesmí křížit trubky topení v podlaze. (EN 1264-4)

Tlakové zkoušky

Dříve než rozvod betonujeme, musí být topný rozvod vyzkoušen, aby se zjistily případné netěsnosti. Tuto zkoušku provádíme vodou pod minimálně dvojnásobným tlakem, než je předpokládaný provozní tlak. V každém případě ne nižším, než 0,6 MPa.

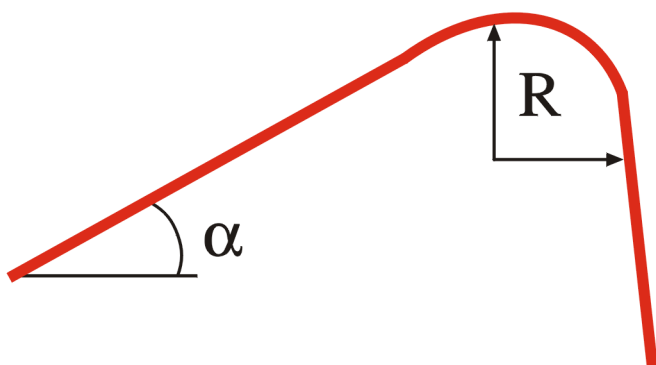
Pokud existuje nebezpečí zamrznutí, je třeba použít přípravků proti zamrznutí nebo zajistit vnitřní teplotu, která rozvod před mrazem ochrání. Pokud při normálním provozu nebude nemrznoucí přísada nutná, systém se vypustí a alespoň 3x propláchne vodou. O tlakové zkoušce musí být vypracován protokol. (EN 1264-4).

První zatopení

Tuto operaci provádíme až po dokonalém vyžrání betonu a doporučujeme vyčkat minimálně 21 dní po betonování nebo dle pokynů projektanta - u speciálních potěrů – nejméně po 7 dnech. První zatopení začíná od teplot mezi 20°C až 25°C a musí být udržena po dobu alespoň 3 dnů. Dále bude teplota udržována v projektované hodnotě po následující 4 dny. O topné zkoušce musí být vypracován protokol. (EN1264-4)

Poznámky k napouštění rozvodu

Při napouštění rozvodu musíme vzít v úvahu odpor vzduchu bránícího naplnění trubek vodou. K pohybu vzduchu dochází, pokud voda při proudění směrem nahoru dosáhne kritické rychlosti tak, aby byla schopna překonat tlak vzduchové bubliny. Ze zkoušek provedených jak v laboratořích Giacomini, tak v jiných laboratořích byly stanoveny hodnoty kritické rychlosti nutné k pohybu vzduchu v trubkách. Byl použit zkušební rozvod následujícího tvaru.



Zkoušky byly provedeny s úhly $\alpha = 30^\circ, 45^\circ$ a 90° .

Poloměr ohybu $R=120$ mm.

Teplota vody v rozmezí mezi 20°C a 70°C.

K úplnému posunu vzduchu směrem dolů došlo při rychlosti vody 0,2 m/s.

:

S většími průměry jsou hodnoty kritických rychlostí následující

Vnitřní průměr trubky [mm]	Kritická rychlost [m/s]	Minimální průtok [l/hod]
10	0,2	57
12	0,26	106
13	0,3	143
14	0,38	210
16	0,4	289

Tyto výsledky nás vedou k několika důležitým závěrům. Vzduch, který se během provozu rozvodu usadí uvnitř trubek je vytlačen ven, pokud se dosáhne kritických rychlostí proudění. Tato rychlost závisí především na vnitřním průměru trubky. Odstranění vzduchu z rozvodu při napouštění doporučujeme provést následujícím způsobem:

- Uzavřete všechny ventily okruhů na vratném rozdělovači
- Naplno otevřete regulační šroubení na přívodním rozdělovači
- Otevřete přívod vody do přívodního rozdělovače
- Na vratném rozdělovači začneme odvzdušňovat jednotlivé smyčky následujícím postupem
 - a) Na vratném rozdělovači otevřeme první ventil, ostatní ventily ponechte uzavřeny.
 - b) Otevřeme vypouštěcí kohout R608 umístěný na R554, dokud nebude vytékat voda bez příměsí vzduchu.
 - c) Uzavřete ventil naplněného okruhu a otevřete následující. Odvzdušnění proved'te stejně jako v bodě b.
 - d) Stejnou operaci proved'te pro všechny okruhy.
 - e) Nakonec otevřete všechny ventily a zkontrolujte ještě jednou, zda z trubek nevychází vzduch.

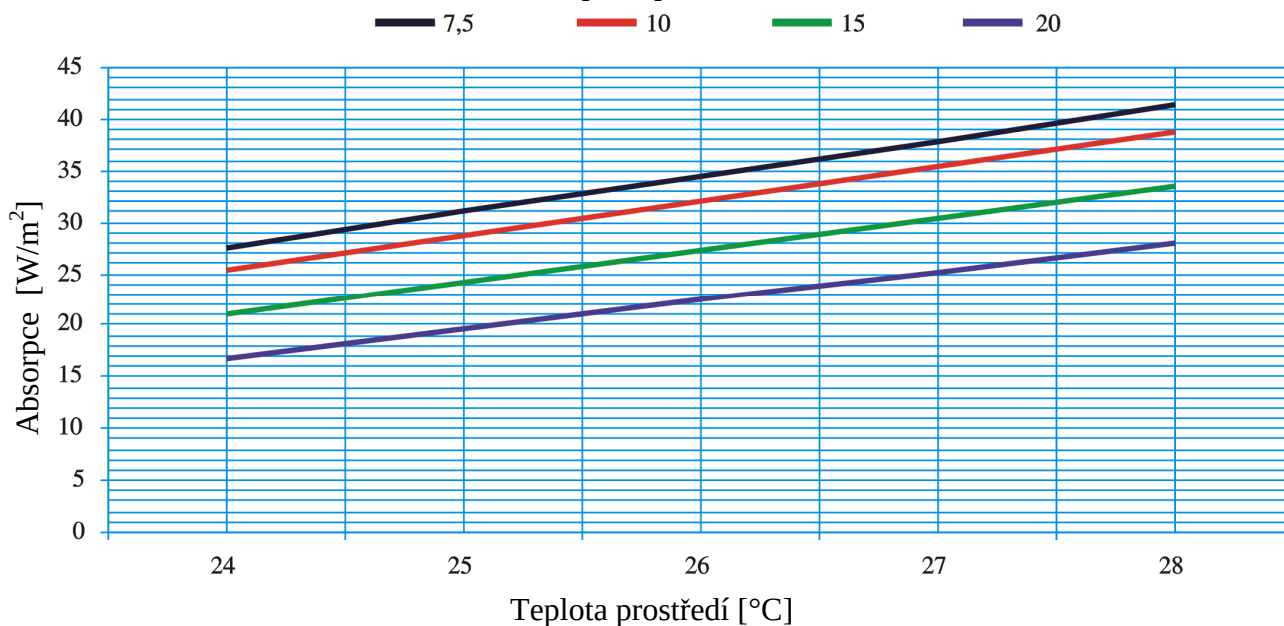
Výše uvedené operace jsou nutné k zajištění naplnění trubek a bezchybnému proudění vody ve smyčkách podlahového vytápění.

CHLAZENÍ POMOCÍ SÁLAVÝCH PODLAH

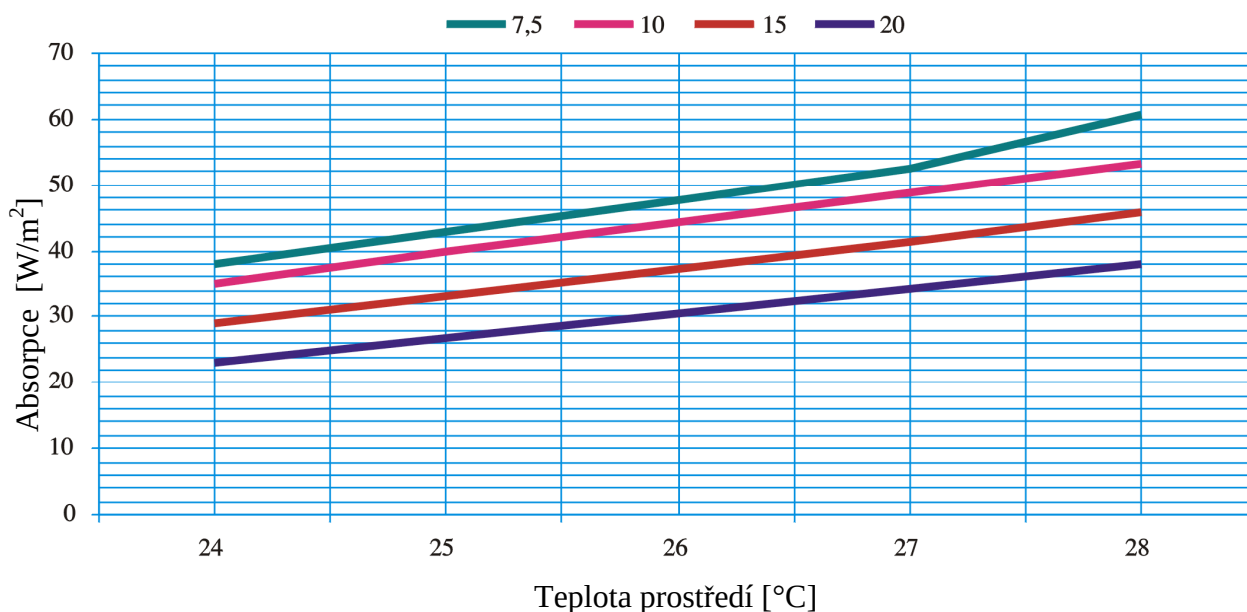
Možnost použití sálavých podlah k chlazení je inovace, kterou firma Giacomini studovala a zkoušela od počátku 90. let na zkušebních instalacích v různých evropských lokalitách, aby se přesvědčila o výsledcích. Chlazení sáláním je z hlediska energetické náročnosti vlastního provozu výrazně nejlevnějším systémem úpravy tepelné pohody v letních měsících.

Systém, jak je již známo, funguje perfektně i díky zařízení Giacoklima, které je schopno chránit prostory před rizikem tvoření kondenzátu.

PARKETY: Graf závislosti tepelné absorpce [W/m^2] na teplotě prostředí [$^{\circ}\text{C}$] a rozteči trubek [cm] - Vstupní teplota 14°C .



DLAŽBA: Graf závislosti tepelné absorpce [W/m^2] na teplotě prostředí [$^{\circ}\text{C}$] a rozteči trubek [cm] - Vstupní teplota 14°C .

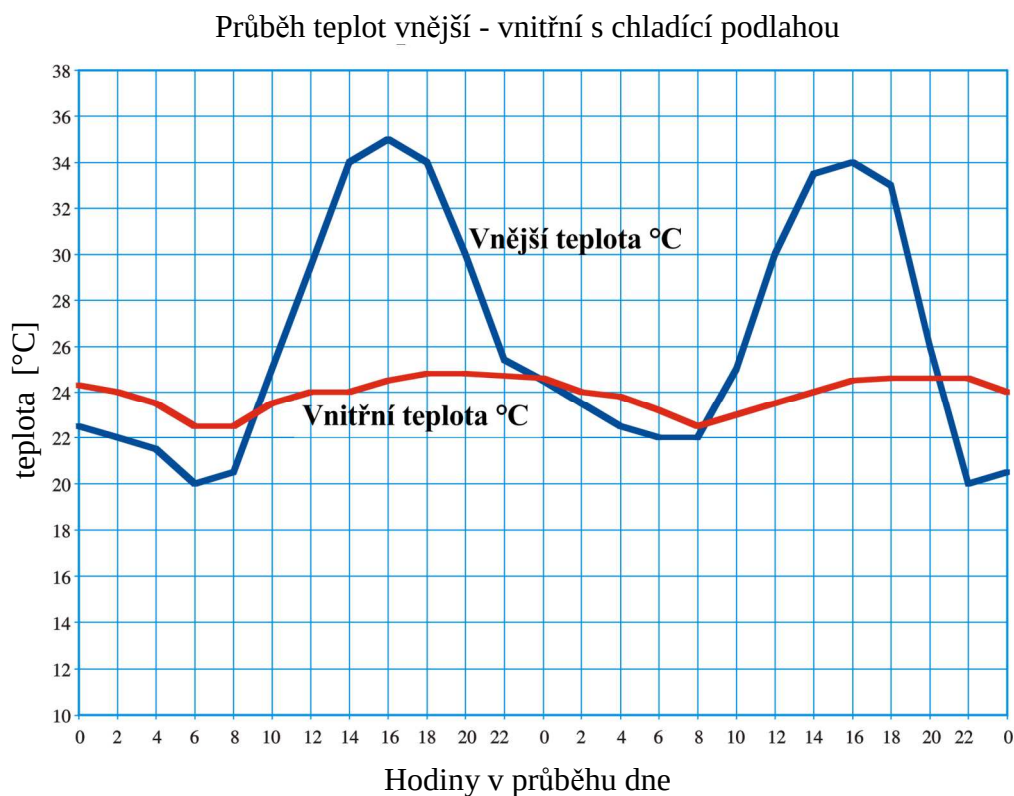


Účinnost podlahy pokryté kobercem je nízká a proto ji nedoporučujeme používat pro chlazení. Uvedená účinnost je tak nízká, že se její použití nevyplatí.

Praktické výsledky chlazení pomocí sálavých podlah

Následující grafy znázorňují teploty uvnitř obytných místností v bytech a vilách, které jsou chlazeny pomocí sálavé podlahy.

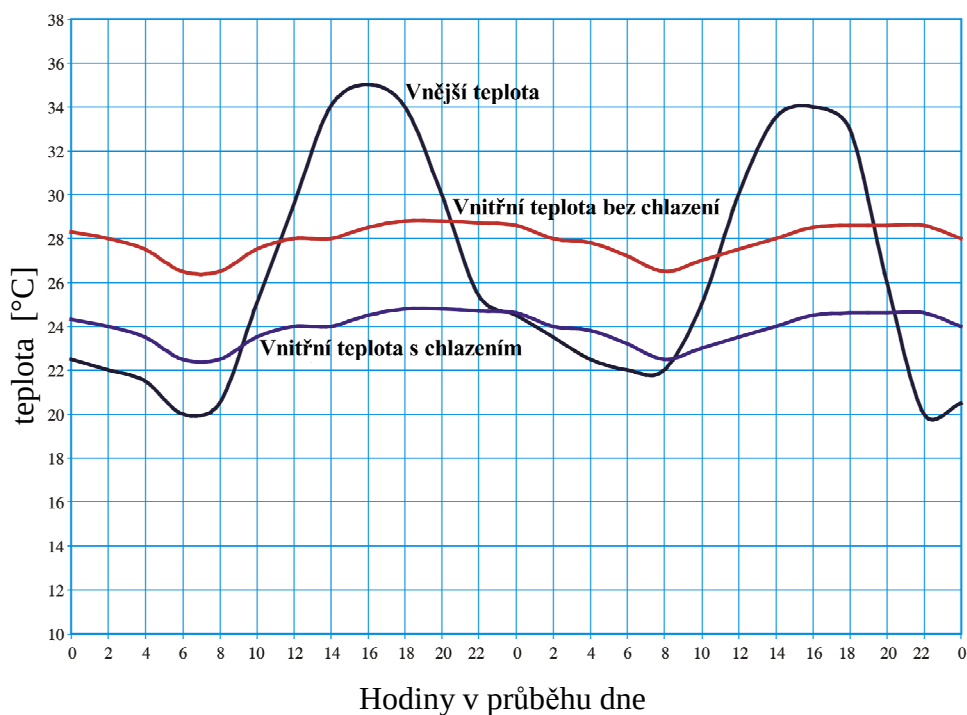
Na následujícím grafu je znázorněn průběh vnitřních teplot, zatím co venkovní teplota se pohybuje kolem 35°C, ve vile situované v blízkosti Luganského jezera ve Švýcarsku.



Tato měření byla prováděna v srpnu 1995 a trvala 30 po sobě jdoucích dnů. Chování rozvodu je zřejmé z přiložených grafů. Při dosažení venkovní teploty 35°C zůstává vnitřní teplota v místnostech mezi 24 až 25°C. Během noci vnější teplota klesla pod vnitřní teplotu a to dokazuje, že v některých hodinách není třeba používat chlazení, naopak, otevřením oken se zvyšuje akumulace chladu ve stavební struktuře a obnoví se vzduch v objektu.

Velmi zajímavé pak bylo srovnání údajů o podobné vile, kde podlahové chlazení nebylo instalováno.

Porovnání stejné konstrukce s podlahovým chlazením a bez něho

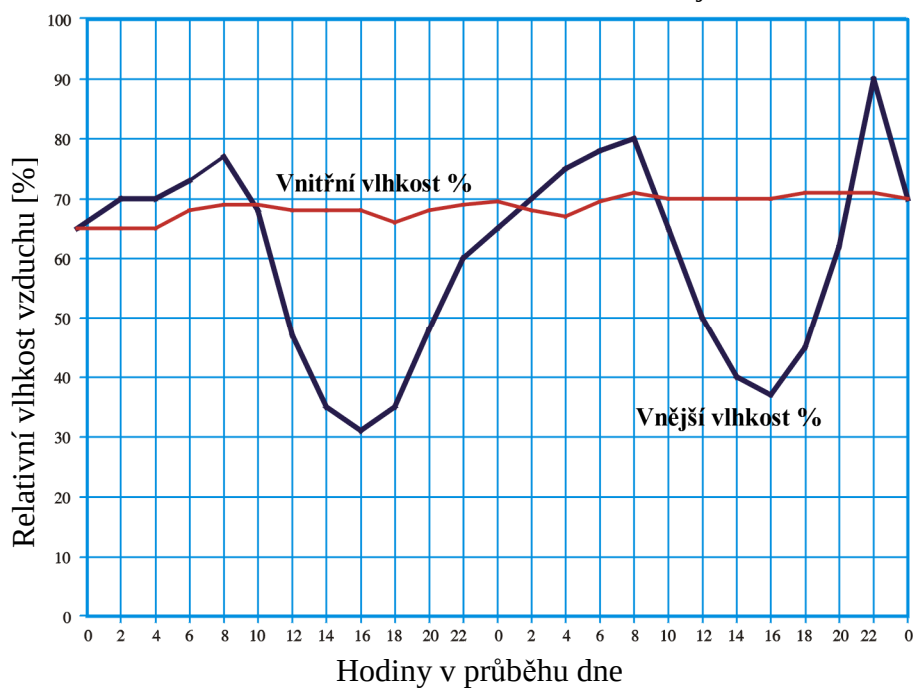


V tomto případě je zřejmý rozdíl mezi vnitřním prostředím jedné a druhé vilky kolem 4°C. V některých denních hodinách jsme naměřili 25°C v chlazené vile a 29°C ve vile bez chlazení.

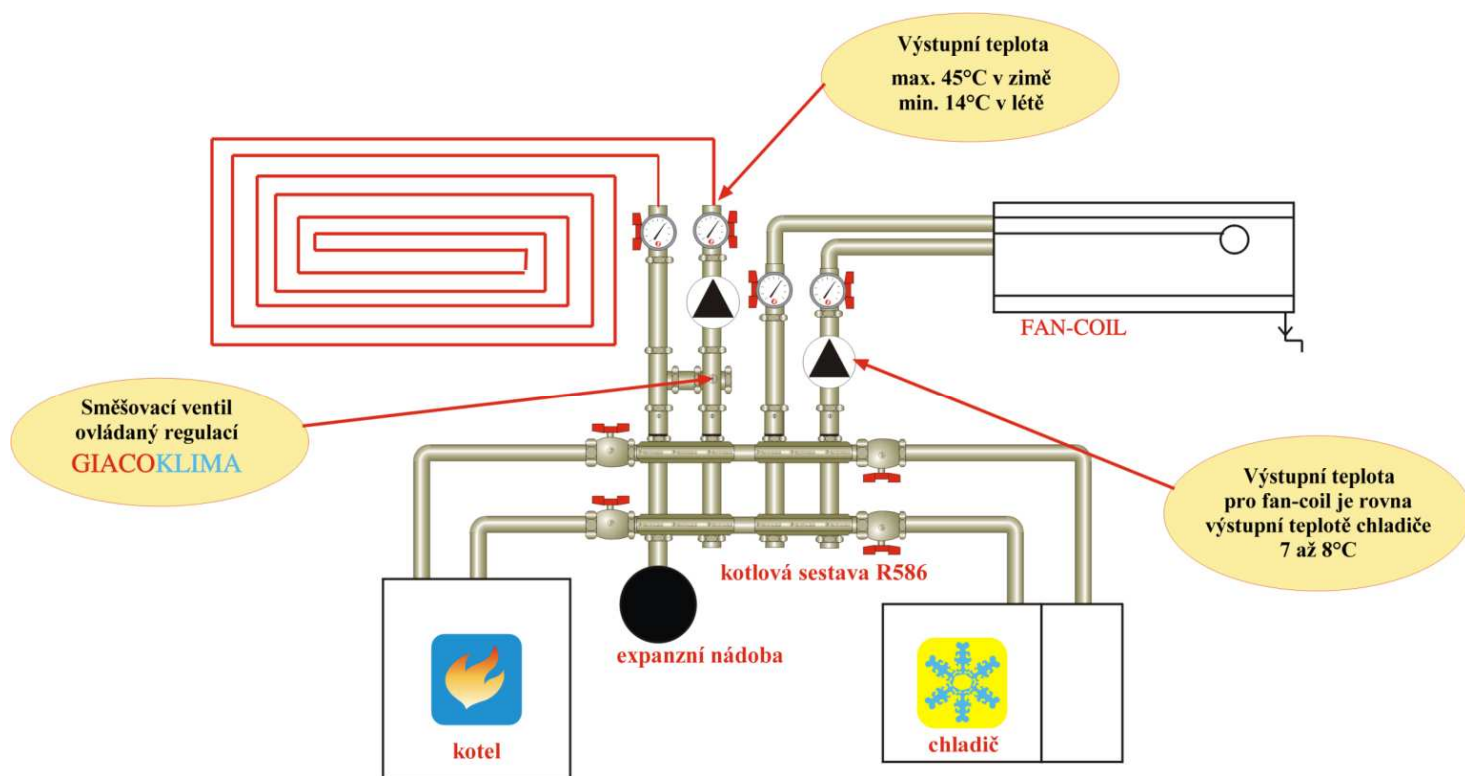
A právě tento rozdíl zajišťuje komfort prostředí.

Pochybnosti, na které někteří poukazovali, v souvislosti s relativní vlhkostí byly překonány; následující graf znázorňuje relativní vlhkost uvnitř prostoru.

Průběh relativní vlhkosti vnitřní/vnější



Jak je patrné z měření, vnitřní vlhkost neprošla velkými výkyvy během dne. Pokud bychom přesto chtěli snížit vlhkost (přeměnou tohoto zařízení na klasickou klimatizaci), můžeme použít tento způsob:



Prakticky dojde k následujícímu: voda o nízké teplotě vycházející z chladiče bude směřována v třícestném ventilu Giacomini ovládaném ekvitermním regulátorem Giacoklima a dodávána do obvodu podle zvoleného programu. Teplota vody přiváděná do fan-coilu je stejná jako v chladiči. V tomto případě docílíme dvou efektů: snížíme vlhkost odloučením vázaného tepla a zvýšíme dodávku chladu do prostředí, pokud je tepelné zatížení obzvlášť vysoké.

Spotřeba energie pro chlazení

Při minimální teplotě vody 14°C může chladíč pracovat s vysokou účinností. Abychom lépe pochopili účinnost zařízení, vezmeme jako příklad byt o velikosti 100 m², jehož podlahy jsou pokryty dlažbou. Pro docílení emise 35W/m² je potřeba energie pro chlazení 3500 W.

Vezmeme-li v úvahu koeficient výkonu COP chladíče, který se rovná 3,5 (použitelný pro výše uvedené podmínky), nutný elektrický výkon bude

$$COP = \frac{\text{výkon chlazení [W]}}{\text{výkon elektrický [W]}}$$

z tohoto vztahu dostaneme elektrický výkon $3500/3,5 = \underline{1000 \text{ W}}$

Znamená to, že s jističem a elektroměrem, který je běžně montován pro domácnosti je možné chladit byt bez jakýchkoliv dalších nákladů na instalaci silnějších elektroměrů.

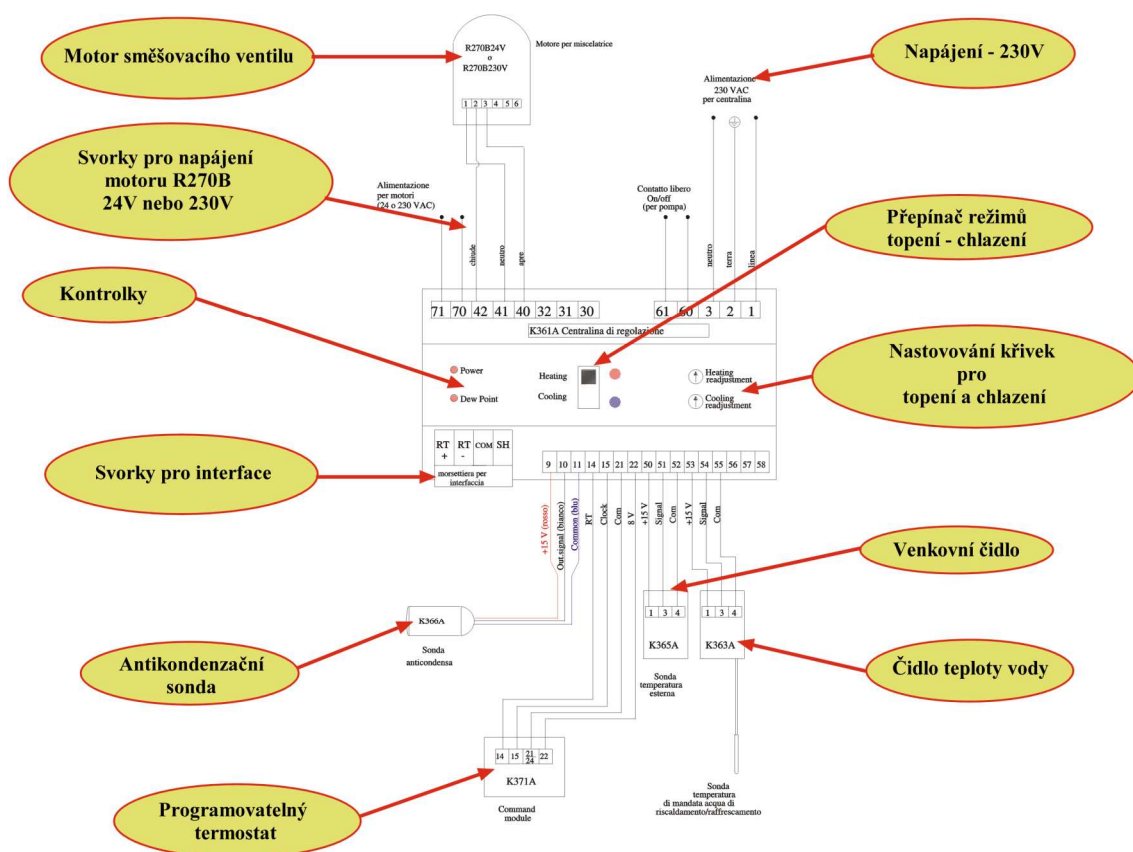
Regulace a nastavení

Regulace, které zařízení vyžaduje, je dvou typů:

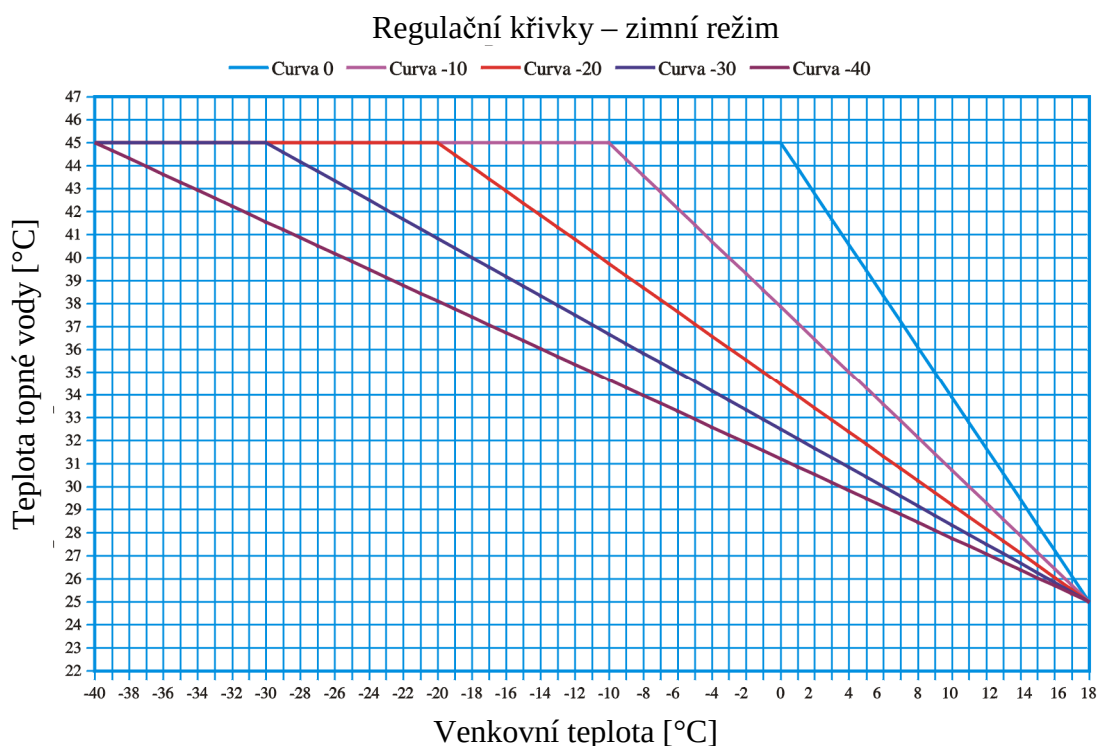
- regulace teploty vody
- hydraulická regulace rozvodů

Regulace teploty vstupní vody

Ekvitermní regulátor Giacoklima



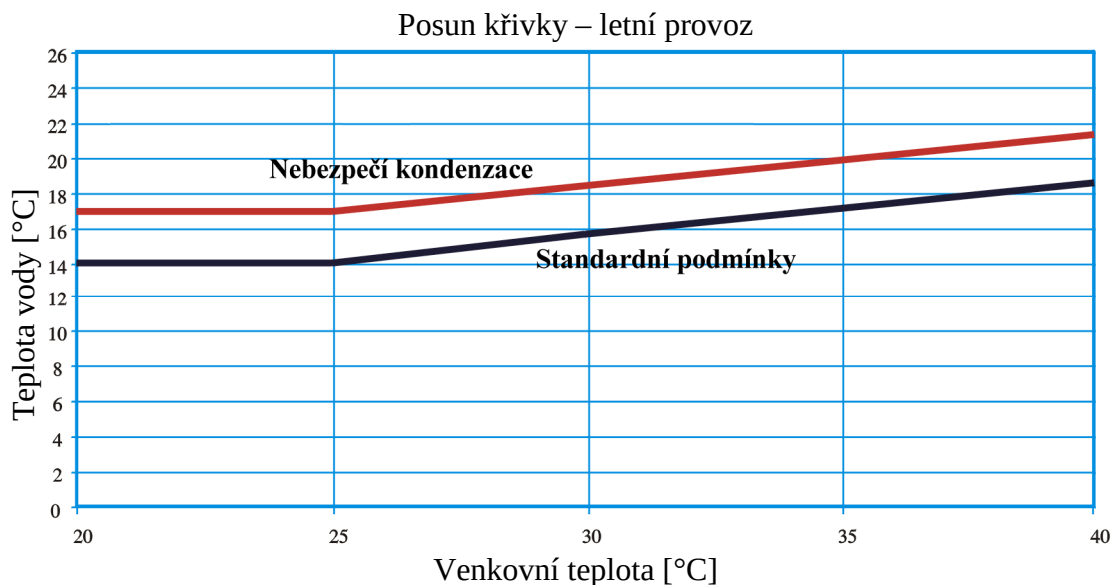
Teplotní regulaci zajišťuje ekvitermní regulátor Giacoklima jehož schéma je zobrazeno na předchozím obrázku. Regulátor je napájen proudem o napětí 230V. Ovládá třicestný nebo čtyřcestný směšovací ventil umístěný na kotlové sestavě R586. Nastavuje teplotu topné vody měřené čidlem K363A v závislosti na venkovní teplotě měřené venkovním čidlem K365A a uživatelsky zvolené teplotní křivce. Teplotní křivka se volí podle klimatických podmínek dané oblasti.



Při volbě křivky je rozhodující projekt topení, ve kterém je ve výpočtu uvedena venkovní výpočtová teplota. Regulační křivka, kterou zvolíme odpovídá této teplotě. Příklad: vnější výpočtová teplota podle projektu je -10°C , což znamená, že při -10°C venkovní teploty bude teplota výstupní vody pro topení 45°C . Z grafu vyplývá, že pokud bychom potřebovali vyšší teplotu vstupní vody, např. již při -7°C , natočíme nastavovacím ovladačem doprava od nastavení -10°C . Korekce platí i obráceně to znamená, pokud by byl výkon topení příliš velký je možné pootočením doleva výstupní teplotu při stejné venkovní teplotě snížit.

Letní regulace

Průběh bezpečnostního posunu křivky regulátoru Giacoklima v letním provozu:



Teplota výstupní vody nikdy neklesne pod 14°C a začne lehce stoupat podle programovatelné křivky s počátkem pro vnější teplotu 25°C. Sklon křivky (od 20% do 80%) se volí na základě vnitřní teploty, které chceme v místnosti docílit a na základě relativní vlhkosti. Pokud např. prostor, ve kterém zařízení pracuje má velmi vysokou relativní vlhkost vzduchu, je křivka 20%, která je velice plochá, nevhodná, neboť regulátor bude příliš brzy zvyšovat teplotu topné vody. Aby regulace vyloučila nebezpečí kondenzace bude pracovat v bezpečnostním pásu (horní křivka) a účinnost chlazení se výrazně sníží.

Pro podlahové chlazení je doporučeno použít křivku 30% a za provozu provést následné korekce této křivky.

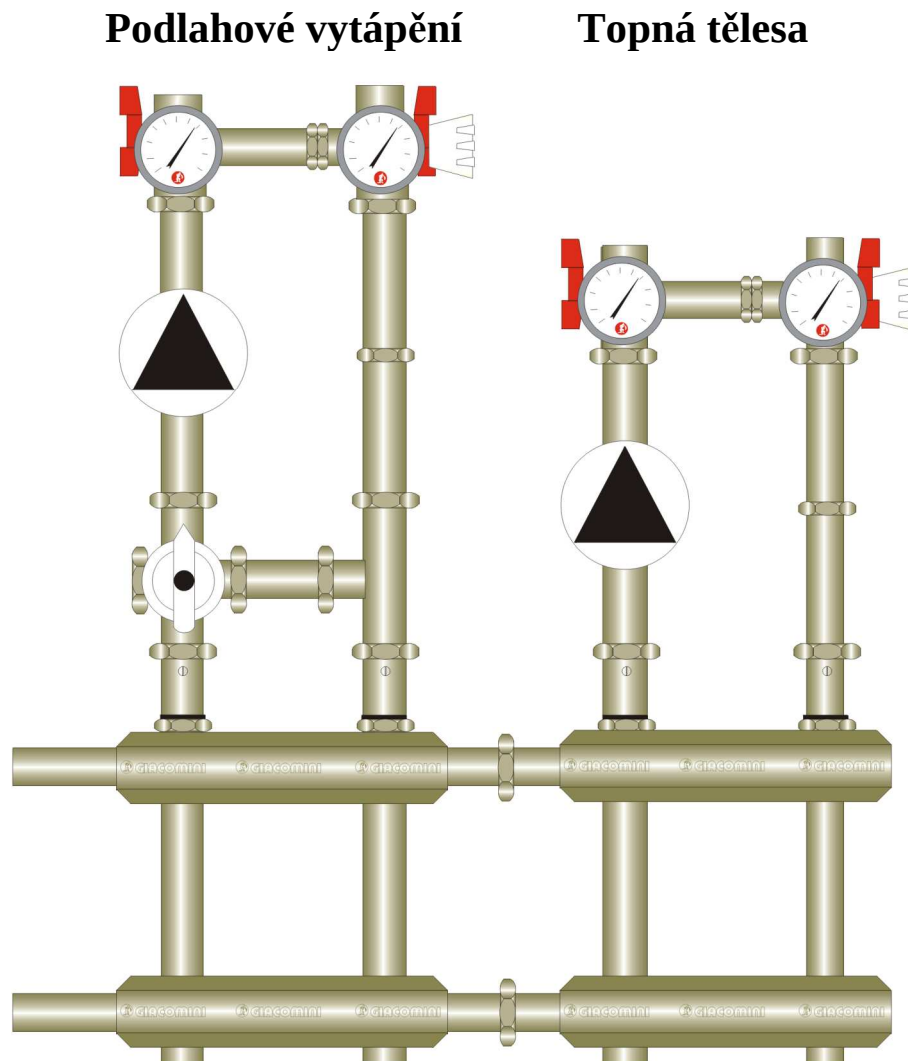
Regulátory Giacoklima jsou vybaveny čidlem relativní vlhkosti vzduchu, které se umísťuje k nejchladnějšímu povrchu rozvodu, tedy na místo, kde je nejvyšší riziko tvorby povrchového kondenzátu.

Pokud na nejchladnějším povrchu dosáhne relativní vlhkost cca 95%, proběhne automatická úprava regulační křivky na vyšší hodnotu.

Smíšené rozvody

Realizace rozvodů, kde se používá současně topná voda o nízké i vysoké teplotě může být provedena dvěma způsoby:

a) dva samostatné topné okruhy podle následujícího obrázku



Výstupy jsou oddělené pro regulovanou a neregulovanou teplotu.

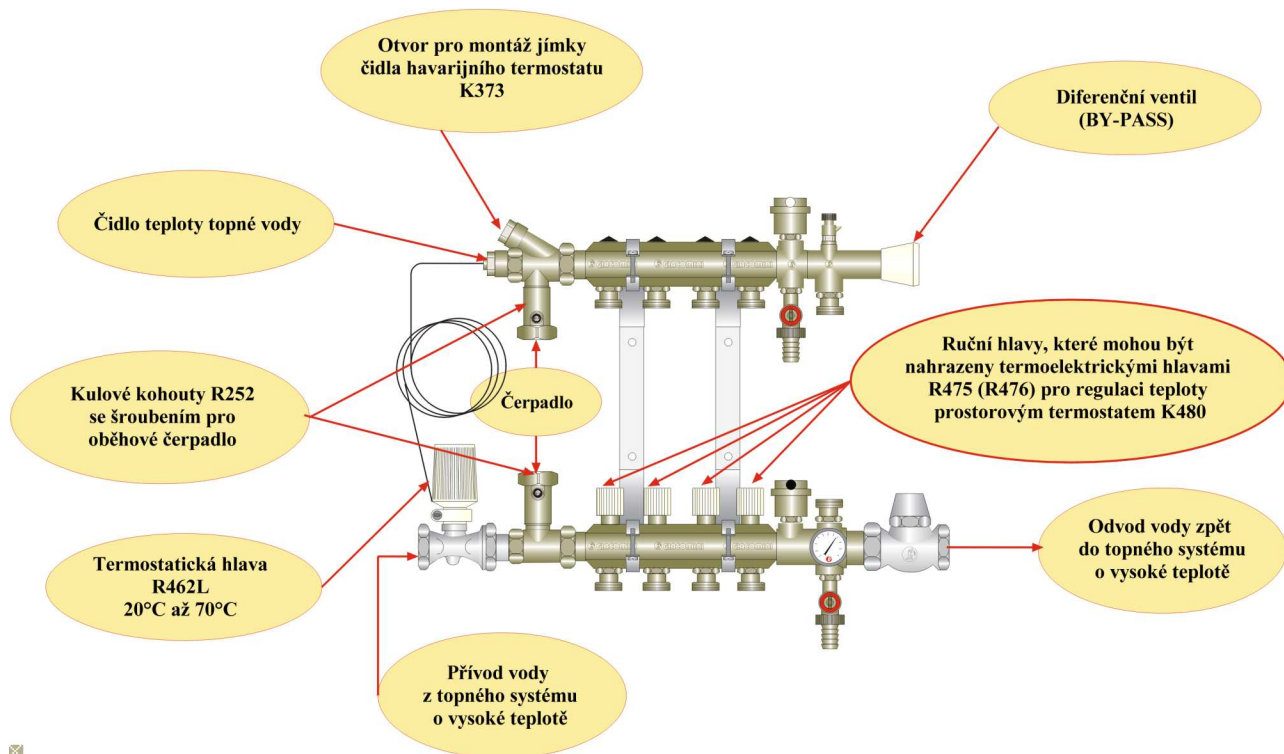
V tomto případě jsou oba rozvody na sobě prakticky nezávislé a jejich regulace probíhá podle zadaných provozních podmínek každého z nich.

Toto řešení se týká především:

- rozdělených rozvodů, které jsou řízeny z jedné centrály
- smíšené rozvody radiátorů – podlahové vytápění, kde dvě výkonnosti jsou rozděleny zhruba stejně

b) regulace na pevnou teplotu

Nejjednodušší způsob regulace je takzvaná regulace na pevnou teplotu, kdy vstupní teplota vody je konstantní. Tato regulace je nejlevnější a je vhodná tam, kde jedna část instalace bude v podlaze, ale hlavní součást rozvodu bude tvořena radiátory. Trvalý oběh vody o vysoké teplotě je základním předpokladem pro dobrou funkci obou systémů společně.



Rozdělovač R557 slouží pro regulaci teploty vstupní vody podlahového topení na pevnou teplotu. Toto provedení je vhodné pro smíšené rozvody - radiátory + podlahové vytápění. Topná voda, která se přivádí přes termostatický ventil ze systému s vysokou teplotou, se míchá s vratnou vodou ze smyček podlahového topení. Stejně množství vody, které se do rozdělovače přivede, vrací se zpět do systému přes regulační šroubení. Teplotu vody pro systém podlahy řídí termostatická hlava.

Poznámka:

Množství vody o teplotě 80°C tvoří pouze malou část celkového průtoku vody v rozdělovači teplotou 45°C. Z výpočtu průtoku a energie použijeme:

- entalpický výpočet : $m \cdot T_V = m_{80} \cdot 80 + m_R (T_V - 5)$
- hmotnostní výpočet : $m = m_{80} + m_R$

z čehož:

$$\frac{m_{80}}{m_R} = \frac{5}{(80 - T_V)}$$

$T_V = 45^\circ\text{C}$

$$\frac{m_{80}}{m_R} = 1/7$$

Kde:

T_V = teplota vstupní vody °C

T_R = teplota zpátečky °C

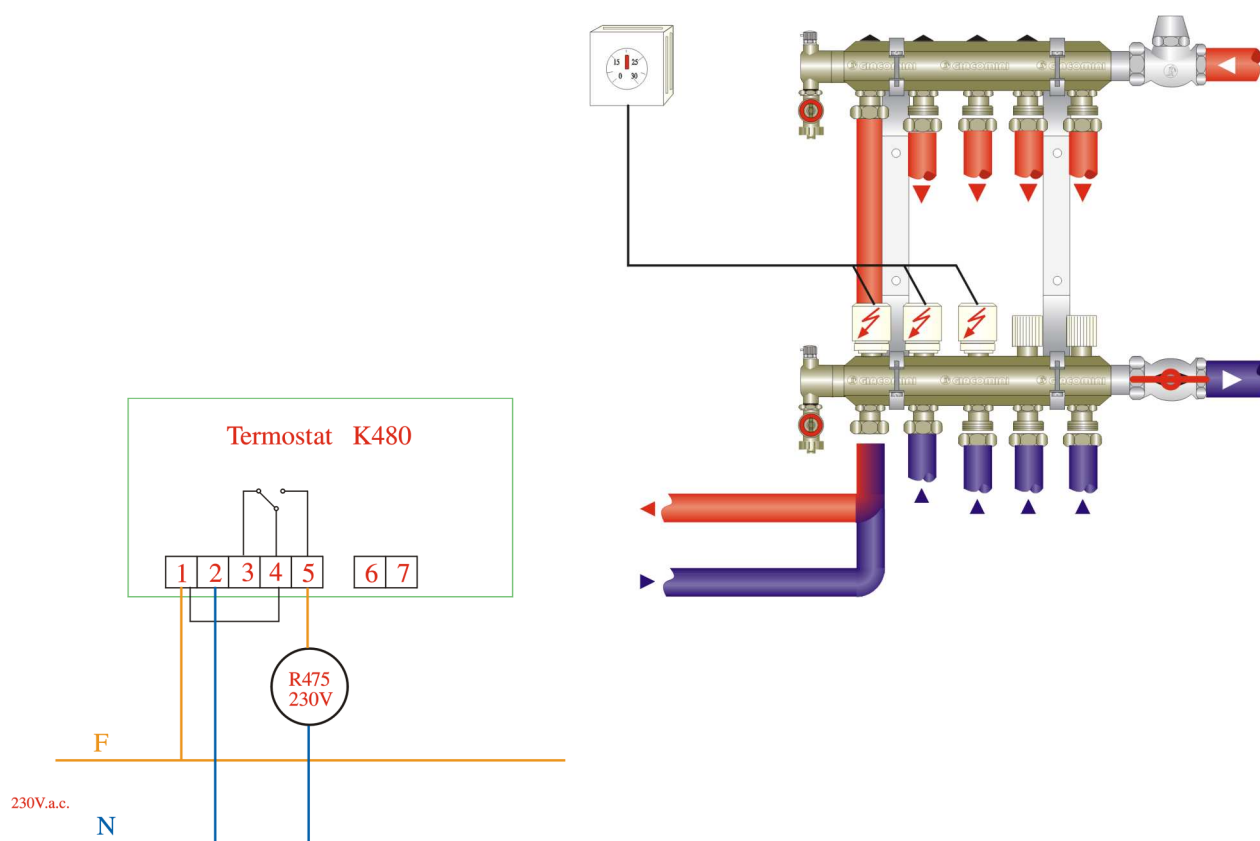
m = celkový průtok kg/hod.

m_{80} = průtok při 80°C kg/hod.

m_R = průtok zpátečky kg/hod.

Ochrana čerpadla před přetlakem

Rozdělovače R557 stejně tak, jako všechny ostatní rozvody umožňující montáž termostatického ovládání, schopného uzavřít průtok vody v důsledku regulace teploty v místnostech, jsou vybaveny diferenčním ventilem, který se automaticky otevírá při dosažení maximálního nastaveného tlaku. Tato hodnota se volí podle výkonnosti použitého čerpadla. Pokud se použijí pro regulaci teploty termoelektrické hlavy, nejjednodušším řešením je zapojit elektricky hlavice tak, aby po uzavření poslední hlavice se automaticky vypnulo čerpadlo a zapnulo se znovu po otevření první termoelektrické hlavice R475. Schéma tohoto zapojení je na str. 26.



Pro oběhová čerpadla je nebezpečný stav, kdy průtok klesne pod minimální hodnotu danou jeho konkrétní charakteristikou. Osvědčeným způsobem, jak se vyhnout snížení průtoku a následnému zvýšení přetlaku je použití diferenčního ventilu. Firma Giacomini vyrábí diferenční ventil R147 (univerzální diferenční ventil pro většinu způsobů použití), R148 (speciální diferenční ventil pro montáž na rozdělovače).

Na rozdělovač R557 je diferenční ventil dodáván sériově. Jeho nastavení se provede na cca 80% maximální hodnoty dopravní výšky udávané charakteristikou použitého čerpadla.

Elektrické schéma zapojení termostatu K480 k elektrickým hlavícím (s vypínáním čerpadla při současném vypnutí hlavíc)

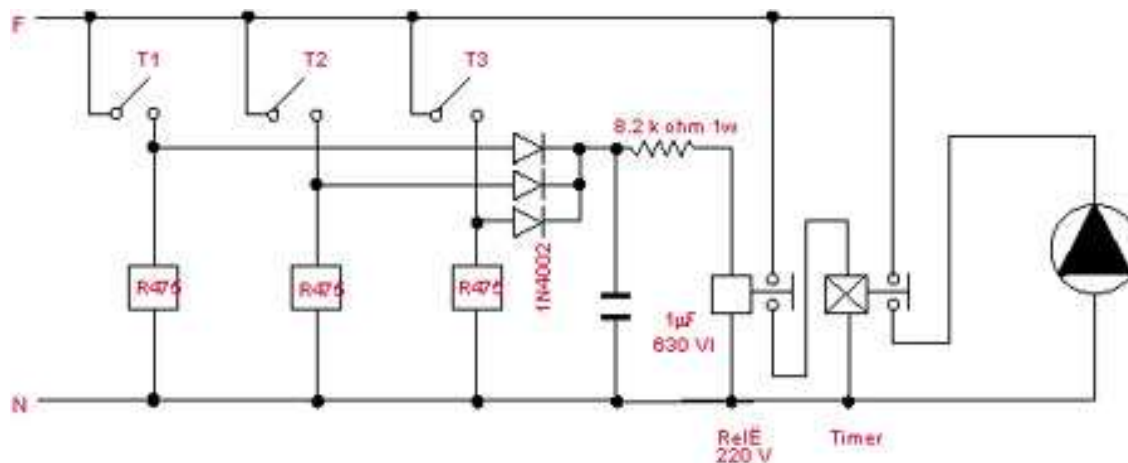


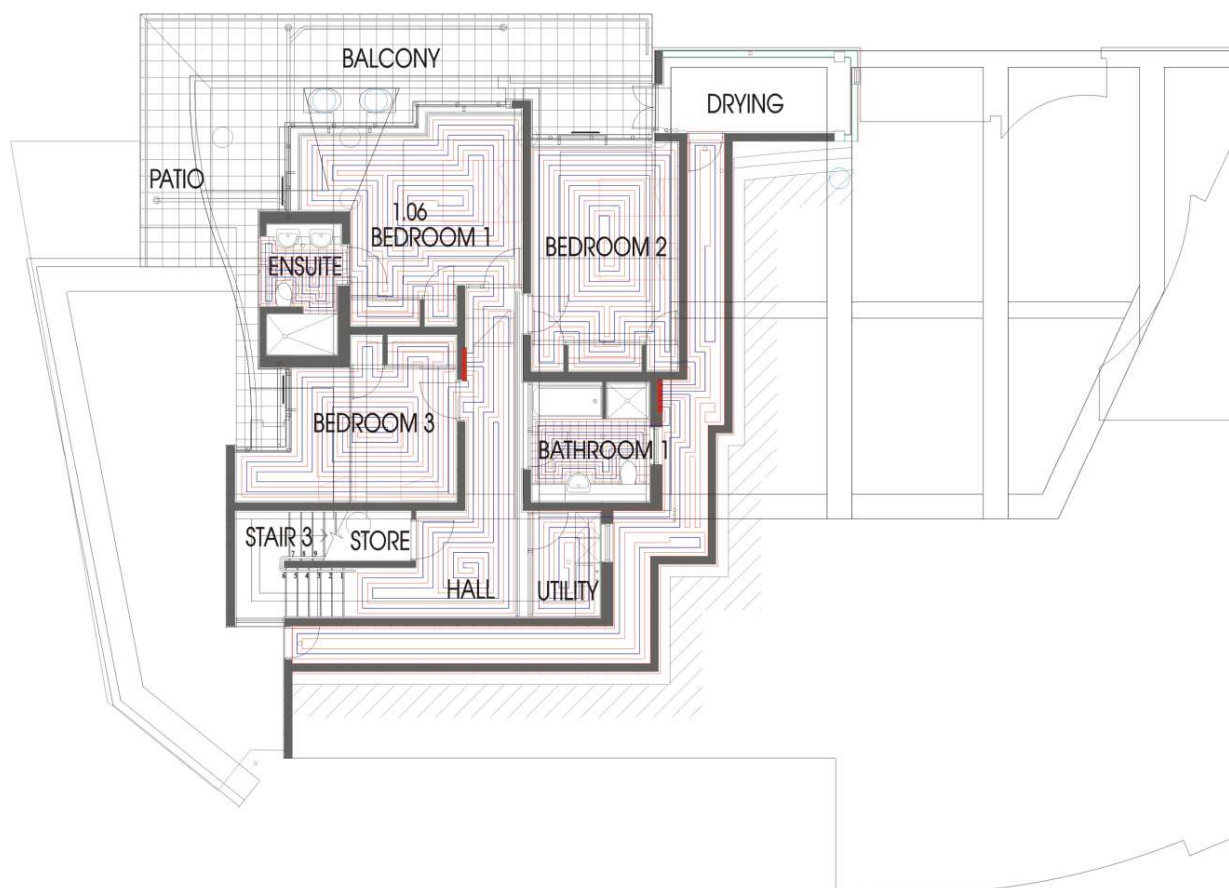
Schéma automatického zapnutí/vypnutí čerpadla prostorovými termostaty

Schéma, které je zde uvedeno znázorňuje jednoduché elektrické zapojení pro vypnutí/zapnutí čerpadla podle toho, zda na rozdělovači jsou nebo nejsou otevřeny okruhy podlahového topení. Pomocí diod (1N 4002 uvedeno na příkladu) doplněných odporem (8,2 k Ω) a kondenzátorem (1 μ F, 630V), docílíme zapnutí/vypnutí ovládacího relé čerpadla na začátku/po ukončení napájení přicházejícího z prostorových termostatů (T1 – T3) jednotlivých místností.

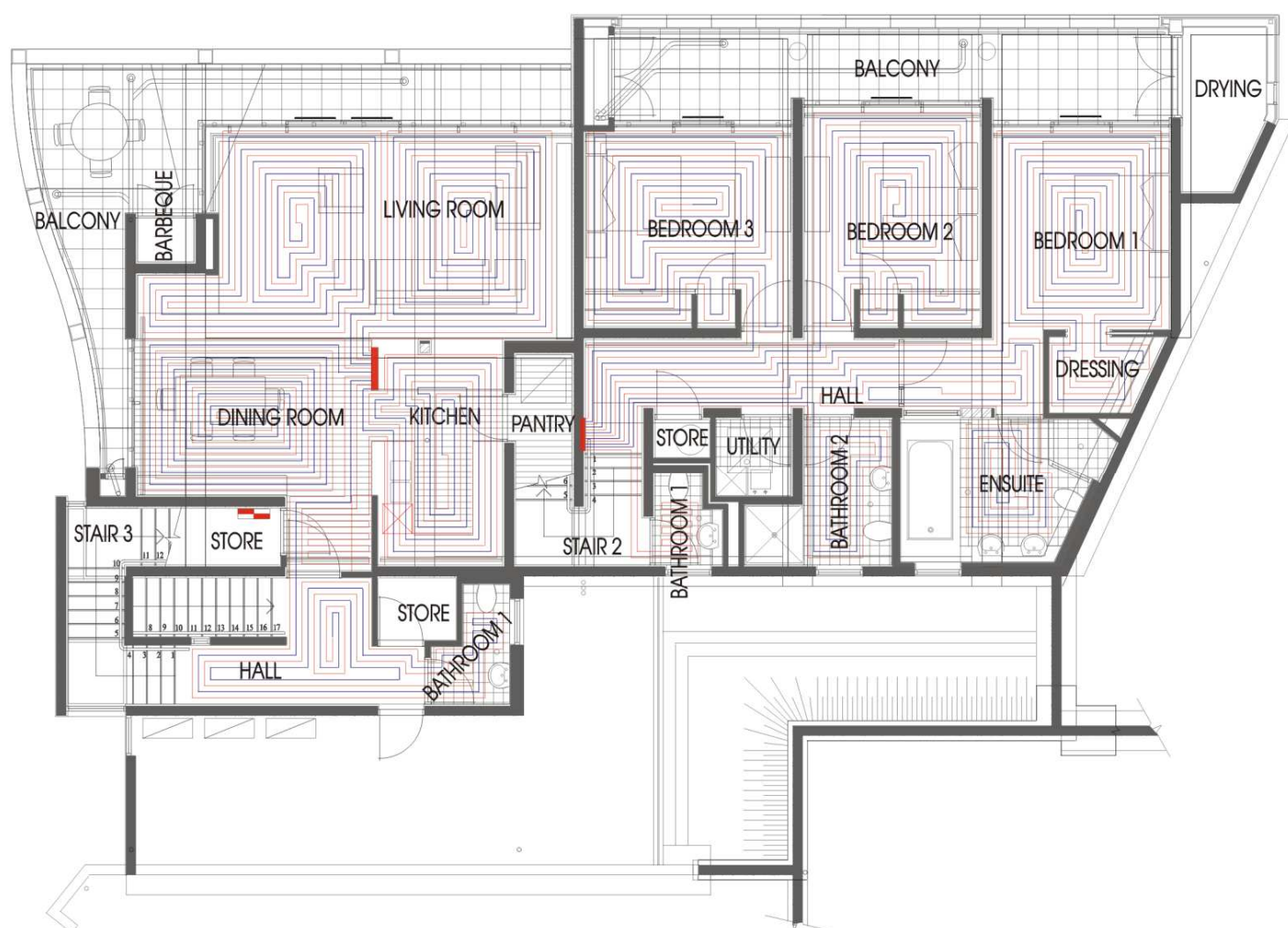
Abychom počítali se zpožděním při uzavírání a otevírání hlavíc R475, je třeba zapojit časové relé tak, aby zapnutí čerpadla bylo posunuto o cca 3 minuty, po kterých jsou již elektrické hlavice otevřeny.

Příklady instalace

Následující příklady mají za úkol poskytnout praktické údaje o instalacích rozvodů topení a chlazení v různých aplikacích.



1. nadzemní patro



2. nadzemní patro

Rozvod pouze pro podlahové topení

Umístění objektu: Wellington - Nový Zéland

Typ objektu: Dům se 3 byty pojmenované jako "UNIT A", "UNIT B", "UNIT C".

Typ použité trubky: Giacotherm 18x2

Volba typu topení.

V tomto případě bylo použito podlahové vytápění, neboť investor ho výslovně požadoval, protože byl přesvědčen o komfortu, který mu toto řešení zajistí. Konečná povrchová úprava podlahy parkety a vysoké procento vlhkosti v dané lokalitě (80% - 85%) měly vliv na to, že nebylo požadováno chlazení. Rozteče trubek jsou proto dimenzovány pouze pro režim topení. Plnohodnotné chlazení by v tomto objektu a za výše uvedených podmínek vyžadovalo přidavné vhodné odvlhčení, které investor nepožadoval. I přesto bude instalován chladič, který bude v létě dodávat studenou vodu do rozvodů v podlaze i když s relativně velkými roztečemi a tím i omezenou absorpcí na m².

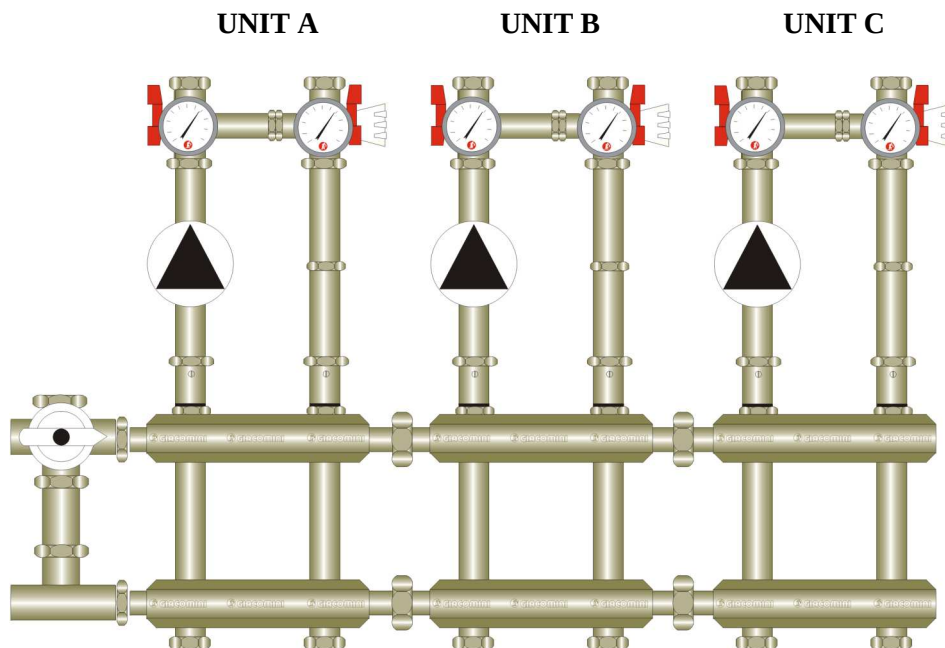
Toto řešení přesto v místnostech zajistí přijatelnou teplotu v letních měsících.

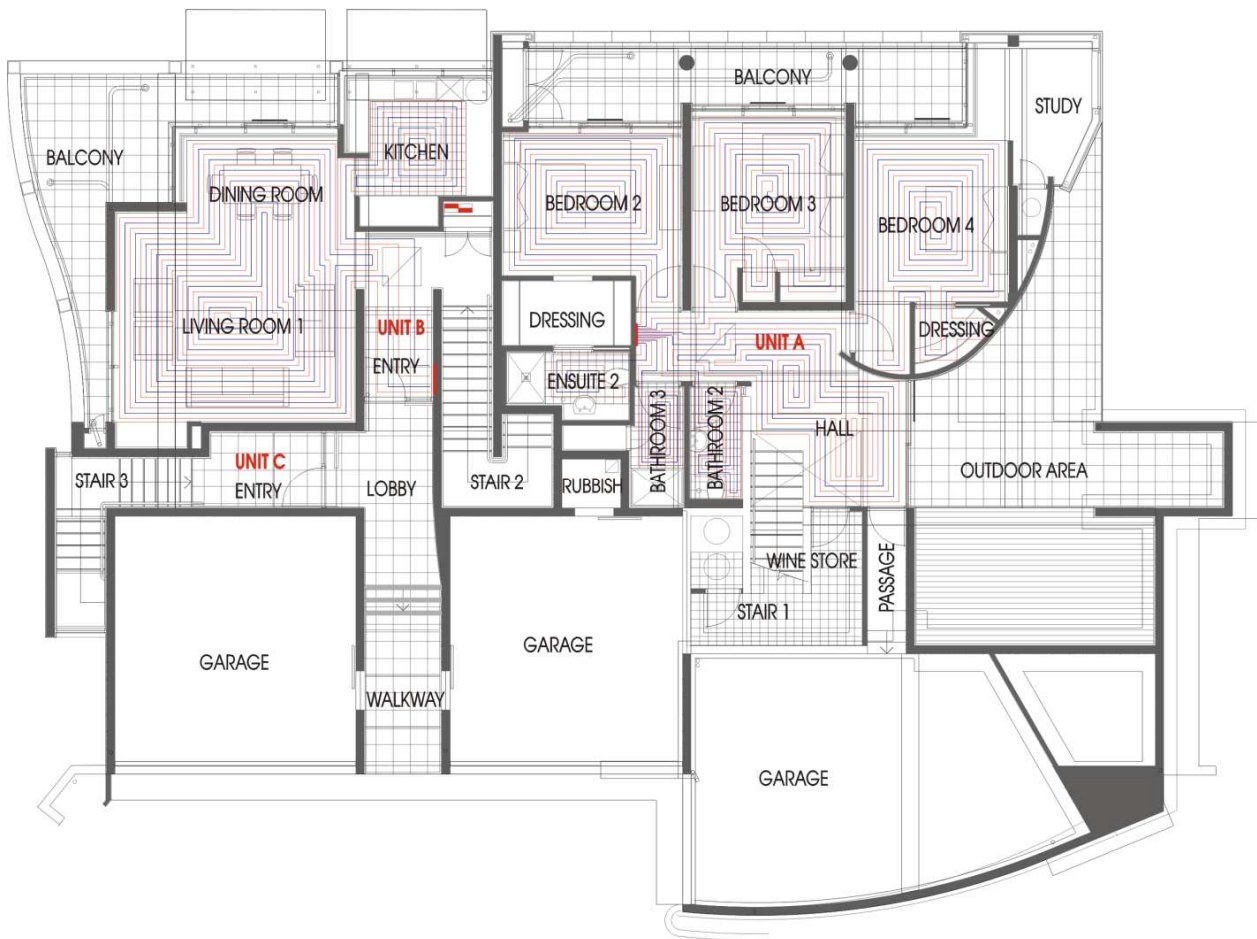
Popis rozvodu:

Objekt má 4 nadzemní patra

- Byt A: umístěn do dvou pater - 4. podlaží (denní část) a ve 3. podlaží (noční část).
- Byt B: umístěn do dvou pater - 3. podlaží (denní část) a ve 2. podlaží (noční část), prakticky pod noční částí bytu A.
- Byt C: i tento byt je umístěn mezi 1. a 2. podlažím.

Každý byt je připojen samostatným přívodem z rozdělovače v kotelně. To umožňuje naprostou nezávislost jednotlivých uživatelů a zároveň umožňuje rozúčtování nákladů na topení.





3. nadzemní patro



4. nadzemní patro

Podmínky výpočtu:

- Teplota prostředí: 20°C
- Maximální povrchová teplota podlahy 29°C.
- Maximální povrchová teplota podlahy v koupelnách 31 °C
- Teplotní spád topné vody 5K.

Spotřeba materiálu:

Obytná jednotka "UNIT A"						
Podlaží	Typ rozdělovače	Typ skříně	Trubka o rozměru 18x2 [m]	Izolace [m ²]	Adaptéry R 179 18x18.14	Regulace
4	R553D/4 5/4" x 18	R500B	370	78	8	R475 + K480
4	R553D/5 5/4" x 18	R500B	238	47	10	R475 + K480
3	R553D/7 5/4" x 18	R500B	366	68	14	R475 + K480
Charakteristika čerpadla: 2685 l/hod. H = 37,5 kPa						

Obytná jednotka "UNIT B"						
Podlaží	Typ rozdělovače	Typ skříně	Trubka o rozměru 18x2 [m]	Izolace [m ²]	Adaptéry R 179 18x18.14	Regulace
3	R553D/2 1" x 18	R500A	147	29	4	R475 + K480
2	R553D/6 1" x 18	R500B	461	96	12	R475 + K480
Charakteristika čerpadla: 1624 l/hod. H = 59,8 kPa						

Obytná jednotka "UNIT C"						
Podlaží	Typ rozdělovače	Typ skříně	Trubka o rozměru 18x2 [m]	Izolace [m ²]	Adaptéry R 179 18x18.14	Regulace
2	R553D/4 5/4" x 18	R500B	250	53	8	R475 + K480
2	R553D/5 5/4" x 18	R500B	225	44	10	R475 + K480
1	R553D/6 5/4" x 18	R500B	397	80	12	R475 + K480
Charakteristika čerpadla: 2610 l/hod. H = 27,9 kPa						

Hydraulická regulace

Hydraulická regulace jednotlivých okruhů se provádí regulačním šroubením, které je součástí rozdělovače. V projektu je stanoveno o kolik otáček od uzavřené polohy se regulační šroubení otevře. Přesnost je obvykle na 0.5 otáčky.

Regulace teploty

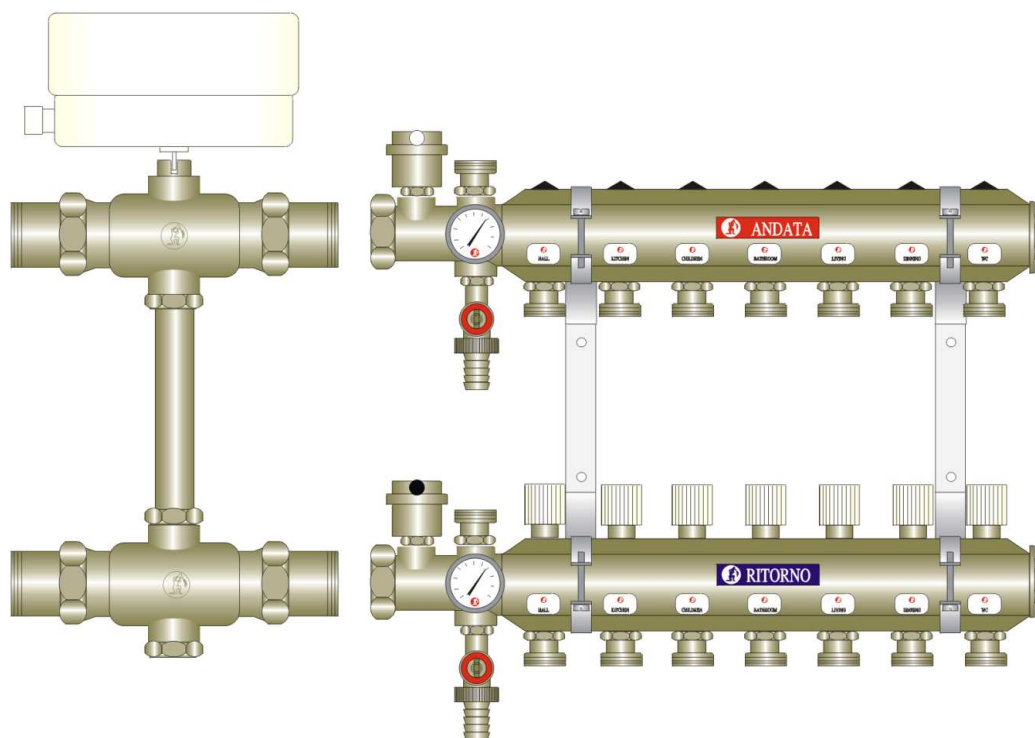
Regulace teploty topné vody je řízeno ekvitermně v závislosti na venkovní teplotě prostřednictvím směšovacího ventilu R296, který je součástí kotlové sestavy R586.

Pro měření spotřeby tepla je každá bytová jednotka vybavena kalorimetrickým měřičem. Teplota v místnostech je řízena prostorovými termostaty K480. Každý termostat umístěný v referenční místnosti ovládá několik termoelektrických hlavice R475 namontovaných na ventilech rozdělovače – ventily přísluší okruhům vedoucím do regulovaného prostoru.

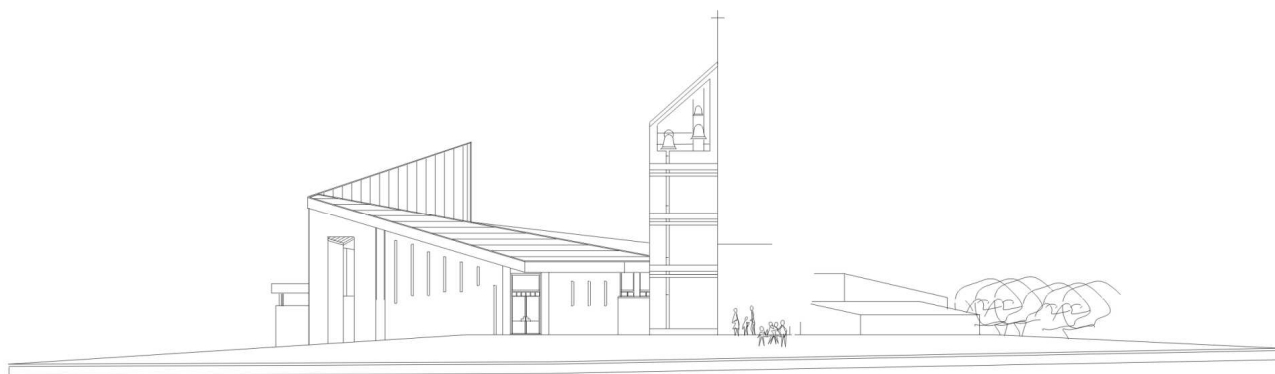


Regulace pomocí zónového ventilu R278 a motoru R270A

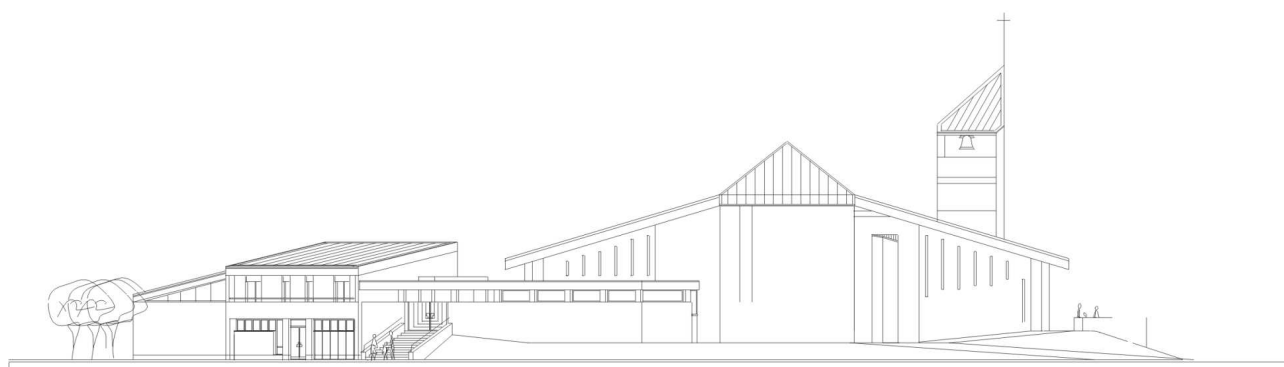
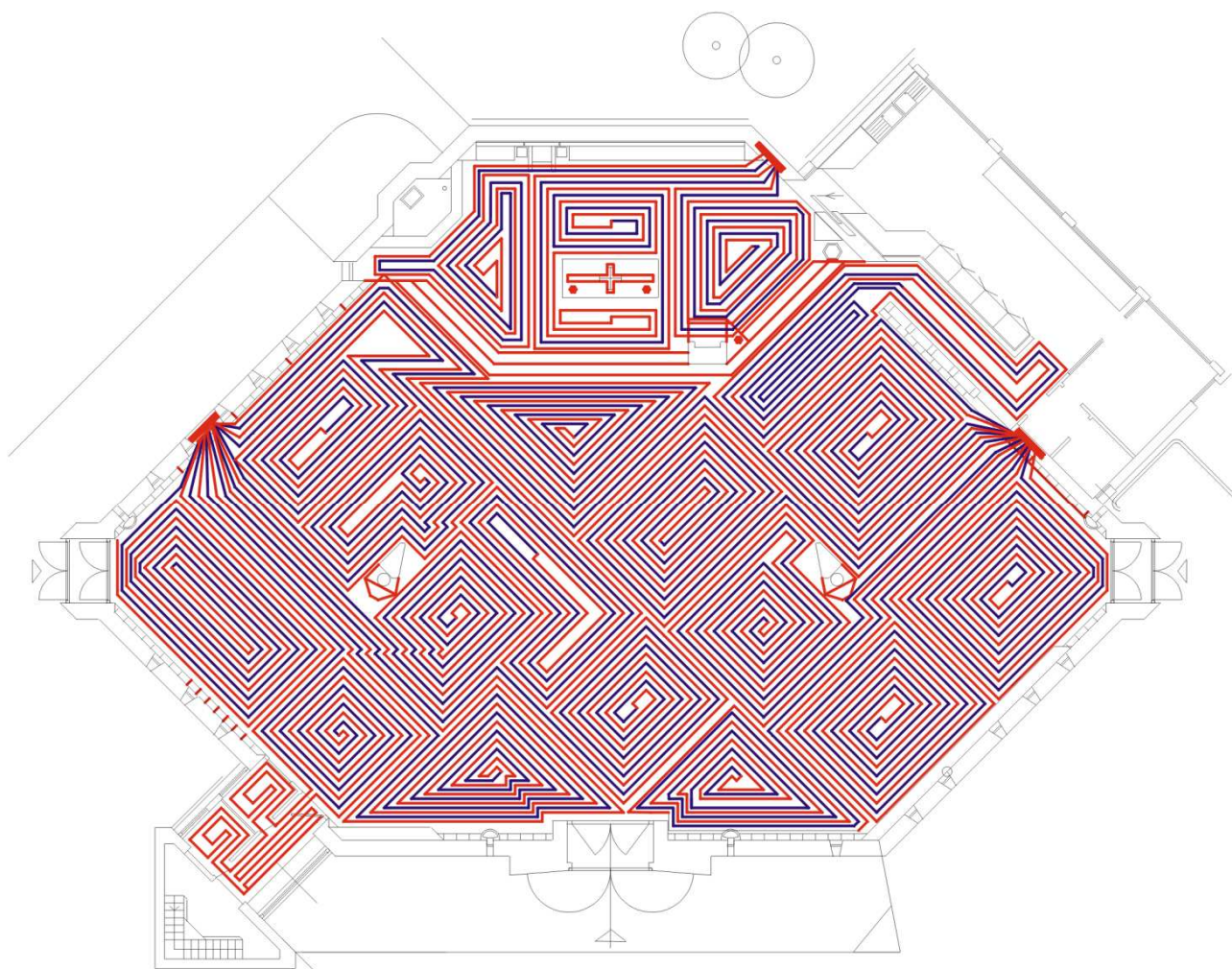
Regulace některých zón byla provedena prostřednictvím zónového ventilu R278 namontovaného před rozdělovač. Ventil je ovládán z pokojového termostatu.



Rozdělovač R553D, se zónovým ventilem R278 a motorem R270



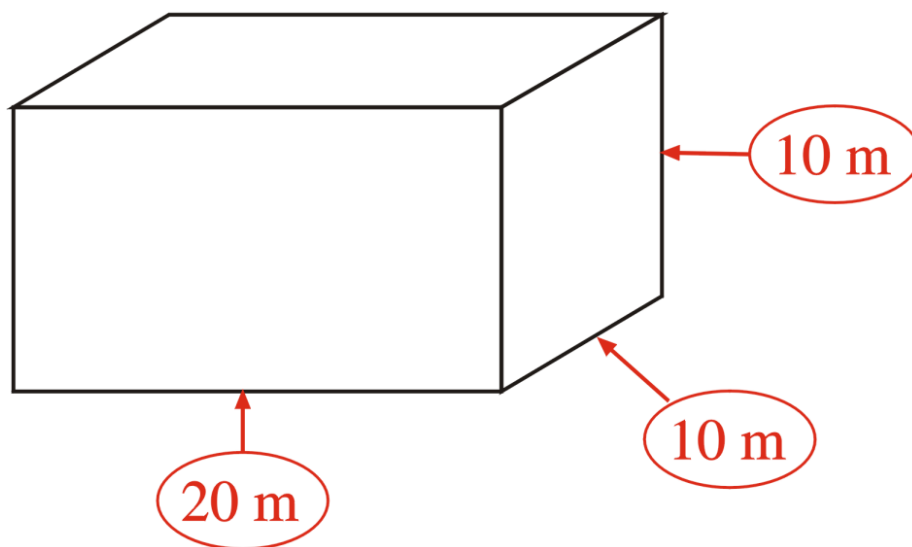
pohled jižní



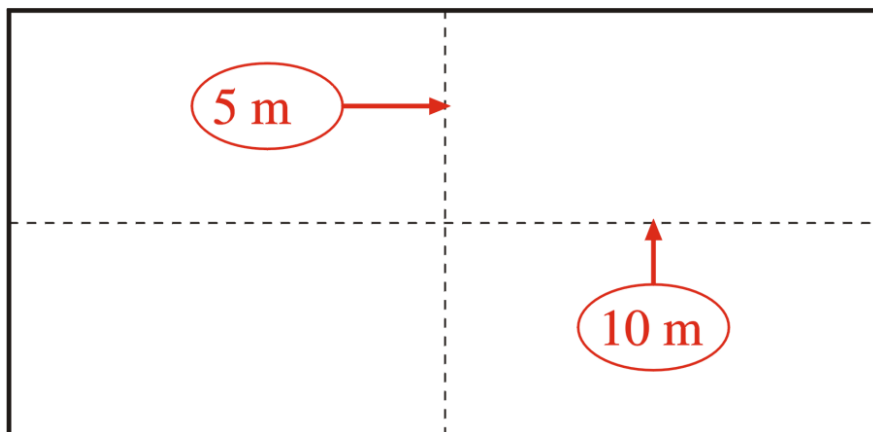
pohled západní

Kostely a velké prostory

U relativně velkých ploch a prostorů je náš tepelný pocit převážně ovlivněn teplotou povrchů. Pro lepší vysvětlení uvádíme následující příklad. Za základ výpočtu vezmeme požadavky normy ISO 7726.



Pro osobu stojící uprostřed kostela se jedná o následující vzdálenosti.



Použijeme-li výpočet podle ISO 7726, a vezmeme-li v úvahu teplotu podlahy 29°C, tak za předpokladu, že se teplota stěn bude pohybovat mezi 14 a 15°C, dostaneme výslednou hodnotu sálavé teploty, která se rovná $T_r = 22^\circ\text{C}$. Ta je výsledkem pozice osoby vzhledem k okolním stěnám.

Z toho prakticky vyplývá, že osoba, která se nachází uprostřed budovy bude mít stejný pocit, jako osoba, která se nachází v běžné místnosti, jejíž stěny mají v průměru 22°C. Pokud bude mít vzduch 15°C, bude mít vypočtená teplota T_o následující hodnotu:

$$T_o = (22 + 15) / 2 = 18,5^\circ\text{C}$$

Tato teplota je více než dostatečná aby zajistila komfort osobám uvnitř, které jsou navíc teple oblečeny.

Seznam souvisejících technických dokumentací:

Rozdělovač R553
Rozdělovač R557
Kotlové sestavy R586
Trubky GIACOTHERM
Trubky R999
Systémové desky R982
Plastifikátor K376
Inhibitor K375

Vyrábí: GIACOMINI s.p.a., S.Maurizio d'Opaglio (Novara), Itálie

Dodává: ARNEMA s.r.o., Erbenova 15, 466 02 Jablonec n.N., tel.: 0428/312 442 – 3, fax: 0428/312 440,

e-mail: info@arnema.cz, <http://www.arnema.cz>