

## OBSAH

1. **VŠEOBECNÉ INFORMACE**
2. ZDROJE TEPLA
3. PŘENOS TEPLA VEDENÍM
4. PŘENOS TEPLA KONVEKČÍ
5. PŘENOS TEPLA ZÁŘENÍM
6. PROJEKTOVÁNÍ
7. CHLAZENÍ
8. VYTÁPĚNÍ
9. DIMENZOVÁNÍ
10. PRŮBĚH TEPLoty
11. DODÁVÁNÍ ENERGIE
12. PROSTOROVÁ AKUSTIKA
13. MONTÁŽ A PROVEDENÍ
14. ZOBRAZENÍ PRŮBĚHU
15. ZÁVĚR

## 1. ■ VŠEOBECNÉ INFORMACE

*Moderní tepelně izolované pláště budov vytvářejí nové předpoklady pro vytápění a ochlazování místností. Díky snížené spotřebě energie přitom stojí v popředí teplo vznikající při nízkých teplotách a přirozené zdroje chlazení. Využívání přirozených zdrojů chlazení znamená pro chladicí systém nutné zvýšení teploty a většinou jde ruku v ruce se skutečností, že chladný vzduch je k dispozici po časově omezenou dobu. Na rozdíl od konvenčních systémů není proto možné tepelné zatížení, které v místnosti vzniká, ihned odvádět, nýbrž je nutné ho z velké části prozatímně uložit.*

*K tomuto účelu se nejnázve využijí tepelné energetické zásobníky, které jsou k dispozici v každé budově, a sice mezipodlažní stropy. Aktivace betonového jádra jako dílčí úsek aktuálního „měkkého“ chlazení využívá konstrukčních prvků budovy a zapojuje je do hospodaření s energií. Betonové stavební prvky mají tepelný akumulací účinek, dovedou teplo nebo chlad dobře přijímat a ukládat. Tato okolnost podmiňuje dobrou realizaci aktivace stavebních prvků. Pro tento systém se do betonových stropů vkládají plastové trubky, ve kterých cirkuluje voda. Tato voda chladí ohřáté díly, které dále ochlazují interiér budovy. Nebo je možné akumulovanou energii z budovy odebrat později, např. v nočních hodinách při nízkém prostorovém zatížení.*

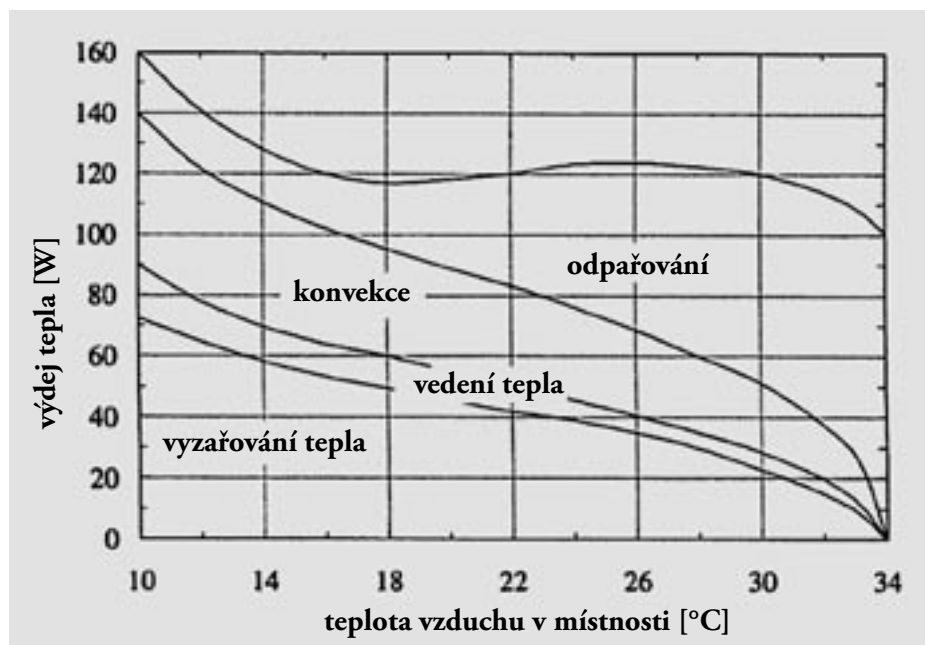
*Tento postup umožňuje obcházet špičky zatížení v systému. Během provozu ochlazené stavební prvky svým působením snižují teplotu. Díky velkým povrchům stavebních prvků se daří přenášet i při malých teplotních rozdílech pozoruhodné množství tepla mezi prostorem a stavebním prvkem. To umožňuje využít ke chlazení přirozené zdroje chlazení a nízkoteplotní teplo použít pro vytápění. Výkonnost termoaktivních systémů stavebních prvků je nejvyšší tehdy, když je k dispozici co možná největší volná plocha stavebních prvků. Takové akusticky tvrdé povrchy však mohou způsobit akustické problémy. Pro jejich vyřešení je třeba používat materiály absorbující hluk. Tyto mají být montovány výhradně do otevřené rástrové konstrukce pod stropem, příp. se využije řešení v oblasti podlahy nebo ve zdi.*

## 2. ■ ZDROJE TEPLA

*Typickým interním zdrojem tepla jsou přístroje a zařízení, jako např. obrazovky a počítače, osvětlení a samotní uživatelé prostor. Většina zařízení přeměňuje svůj elektrický výkon na teplo. Lidské tělo odevzdává energii přijímanou stravou také většinou jako teplo svému okolí. Typickým externím zdrojem tepla je přímé a difuzní sluneční záření.*

*Vznikající teplo od osob, přístrojů a slunečního záření se musí nejprve dostat do stavebního prvku. Tento mechanismus transportu tepla závisí především na zdrojích tepla samotných a méně na vlastnosti potrubního systému ve stavebním prvku. Na rozdíl od konvenčních chladicích stropů se chladicí výkon pro místnost u termoaktivního systému stavebních prvků nedá ve stejné míře ovlivňovat změnou teploty vody. V teplotním rozsahu mezi 20-26°C, který je pro termoaktivní systémy stavebních prvků zajímavý, je ca 40% senzitivního tepla odevzdáváno konvekcí a 60% vyzařováním a vedením. Nejdůležitější veličiny, které mají největší vliv na tepelnou pohodu člověka, jsou teplota vzduchu a teplota okolních ploch. Průzkumy ukázaly, že pocit pohody roste, když se tyto hodnoty nacházejí mezi 20 a 24°C a pouze málo se od sebe liší.*

*Mělo by se dbát také na to, aby se teploty ploch obklopujících prostor příliš neodlišovaly (asymetrie vyzařovaného tepla), neboť jednostranný ohřev příp. chlazení není pro člověka příjemné. Člověk si své hospodaření s energií udržuje senzitivním a latentním výdejem tepla. Pod senzitivním výdejem tepla se chápe transport tepla konvekcí, vyzařováním tepla a vedením tepla na pevná tělesa při přímém dotyku. Latentní předávání tepla vzniká odpařováním.*



Výdej tepla u sedícího člověka

## 2. ■ PŘENOS TEPLA VEDENÍM

*Pod vedením tepla rozumíme transport energie pod vlivem místního teplotního rozdílu. K transportu tepla pouze vedením dochází převážně v pevných tělesech a závisí v podstatné míře na vlastnostech materiálu. Příkladem je transport tepla stěnou nebo obuví u člověka, který stojí na zemi. Teplo je vedením z nohou dodáváno přímo do země. Při přenosu tepla vedením nedochází k přímému ovlivňování teploty vzduchu v prostoru.*

## 3. ■ PŘENOS TEPLA KONVEKČÍ

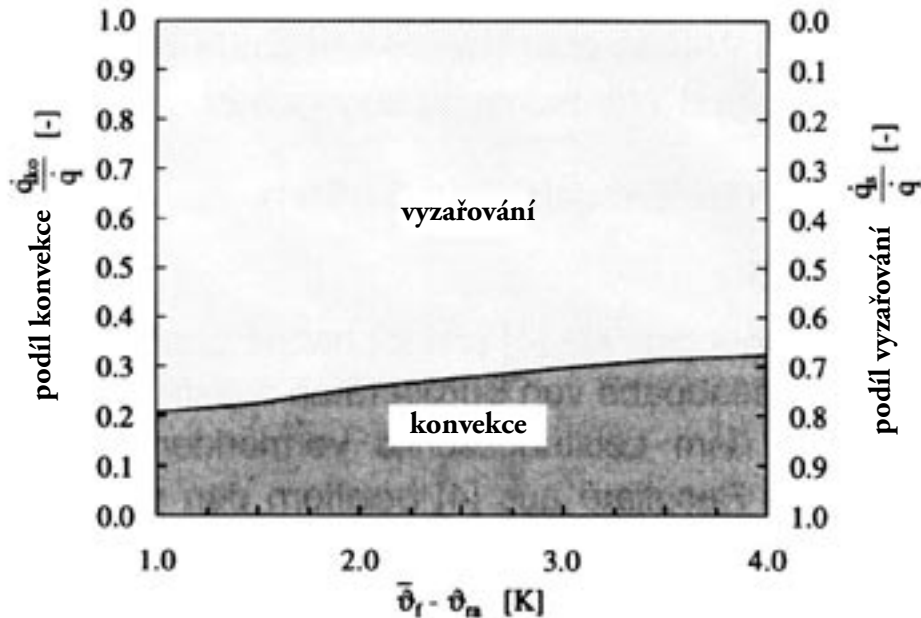
*Pod přenosem tepla konvekcí se rozumí transport tepla nosičem – vzduchem – na povrchovou plochu. Rozlišujeme mezi volnou a nucenou konvekcí. Volná konvekce je produkována výhradně na základě rozdílu hustoty příp. teploty v jednotlivých vrstvách vzduchu. Typickým příkladem je pokles chladného vzduchu na ploše nebo vzestup teplého vzduchu na těle člověka. Na rozdíl od toho je vynucená konvekce vyvolávána prouděním vzduchu na ploše. Příkladem je v tomto případě proudění produkované ventilátorem v nějakém tělese (např. počítač). K přenosu tepla konvekcí dochází prostřednictvím vzduchu v prostoru a konvekce tak přímo ovlivňuje jeho teplotu.*

*Teplo, které vydávají kancelářské přístroje jako počítač, tiskárna, je vydáváno zejména prostřednictvím ventilátoru integrovaného do přístroje. Tento konvekční podíl tepelného zatížení činí ca 80% celkového konvekčního zatížení.*

## 4. ■ PŘENOS TEPLA VYZAŘOVÁNÍM

*Pod vyzářováním tepla chápeme přímý přenos energie z jednoho tělesa na druhé elektromagnetickými vlnami. Ani zde tedy není přímo ovlivňována teplota vzduchu v místnosti. Způsob vyzářování je definován vlnovou délkou, respektive frekvencí.*

*Energie vydávaná zdroji tepla je popsány transportními mechanismy pro přenos tepla dodávána přímo nebo nepřímo na plochy obklopující prostor. Zatímco předávání tepla vedením a vyzářováním prostřednictvím dlouhých vln probíhá přímo, podíl připadající na konvekci je dodáván „oklikou“ vzduchem z prostoru na plochy, které prostor obklopují. Vzduch v prostoru přijímá energii ze zdrojů tepla volnou nebo nucenou konvekcí. Kvůli nízké hustotě a malé specifické tepelné kapacitě však vzduch téměř není schopen energii akumulovat. Proto musí být přijatá energie ihned opět předána. Na jedné straně je toto teplo transportováno do případného stávajícího systému pro vzduchové chlazení a na druhé straně prostřednictvím volné konvekce na plochy obklopující prostor.*



Transport tepla konvekcí se však uskuteční pouze, když existuje teplotní rozdíl mezi teplotou vzduchu v prostoru a průměrnou teplotou na povrchu. Teplota vzduchu se tedy musí zvýšit do takové míry, aby přebytečná energie mohla být předána. Tento jev lze srovnat s prouděním viskózní tekutiny. Její proudění lze udržet pouze stále vytvářeným tlakem. Na jeho základě dochází k překonání trvalé ztráty vznikající třením. Proud tepla přichází ze vzduchu na povrch také pouze na základě překonání odporu. Tuto souvislost lze vyjádřit ve zjednodušené podobě následující rovnicí.

$$q = \alpha \cdot (T_1 - T_2) \text{ [W/m}^2\text{]}$$

Proud tepla se chová úměrně k rozdílu mezi teplotou vzduchu a teplotou povrchu. Faktor úměrnosti označujeme jako koeficient přestupu tepla konvekcí  $\alpha$

	$\alpha \text{ [W/m}^2\text{K]}$	
	<i>podlaha</i>	<i>strop</i>
chlazení	ca. 7	ca. 11
vytápění	ca. 11	ca. 6

Koeficient přestupu tepla pro podlahu resp. strop místnosti při chlazení a vytápění

## 5. ■ PROJEKTOVÁNÍ

*Existuje úkol zajistit optimální podmínky pro člověka, co se týče odvádění tepla, při kterém bude zajištěno 60 % suchého předávání tepla. Rychlosti vzduchu pod 0,15 m/s není možné v běžném inženýringu technicky realizovat, rychlosti nad 0,2 m/s zakazuje při normálních stupních turbulence DIN 1946/02. Dále uvedená norma vyžaduje v letních podmínkách pociťovanou teplotu  $t_E = 25$  °C.*

*U podlahových systémů by se měl rozsah teploty na povrchu pohybovat mezi 19 a 29 °C.*

## 6. ■ CHLAZENÍ

*Aby mohl proběhnout tok tepla mezi prostorem a stavebním prvkem, musí se teplota prostoru vůči teplotě prvku zvýšit. Z důvodů komfortu je toto zvýšení teploty omezeno na 2 – 3 °K. Tím je tedy omezen i maximální chladicí výkon pro prostor. Nemělo by dojít k poklesu teploty na povrchu podlahy v prostoru sedícího člověka pod 20 °C.*

*Z tohoto důvodu je třeba tepelné zatížení, které na tento prostor působí, omezit na minimum. Protože již většinou není možné ovlivnit výši interních zátěží, platí tento požadavek především pro sluneční zatížení. Nové technologie provedení oken umožňují redukovat vznik tepla v místnosti v důsledku slunečního záření. Ovšem tyto zdokonalené vlastnosti často kompenzují celé prosklené fasády, které přišly do módy.*

*Například by na fasádě prostoru, který je obsazen z 15 m<sup>2</sup> na každé pracoviště a vybaven běžnými počítači, nemělo být proskleno více než 75 až 80 procent, pokud je tento prostor přirozeně větrán a ochlazován prostřednictvím systému tepelné aktivace betonových prvků. Za předpokladu doplňujícího mechanického větrání by naopak bylo možné mít i plně prosklenou fasádu. Tepelné zatížení ze slunečního záření tedy i nadále hraje rozhodující roli, zejména v teplém ročním období. Vytvořit budovu, která by z větší části nepodléhala okolním vlivům, tedy není možné. Tepelný tok, který je ostatně omezený, nesmí být ještě komplikován dalšími tepelnými odpory, jako je podlahová krytina, dvojitá podlaha nebo dvojitý strop.*

## 7. ■ VYTÁPĚNÍ

*Regulace teploty pomocí termostatických regulací není realizovatelná v důsledku velkých hmotností těchto prvků. Chování prostoru je tedy téměř výhradně řízeno efektem samoregulace. Proto mají výhodu co možná nejnižší teploty na přívodu.*

*Pokud je termoaktivní systém stavebních prvků v zimě používán pro účely vytápění, je nutné věnovat pozornost dostatečné tepelné ochraně. Chybějící konvekce v oblasti oken zvyšují požadavky na kvalitu okenních tabulí, aby se zamezilo klesání studeného vzduchu, příp. lze tento problém řešit vytápěním okrajových zón.*

## 8. ■ DIMENZOVÁNÍ

*Vytápěcí, větrací a chladicí systémy musí být dimenzovány tak, aby tomu, kdo prostor využívá, vytvářely příznivé klima a aby navíc ještě hospodárně nakládaly s potřebnou energií. Systém domovní techniky musí přitom splňovat nejrůznější požadavky. Část těchto kritérií je například stanovena v ISO EN 7730. Tepelná pohoda osob v místnosti je určována hlavně šesti faktory: oděvem, činností, kterou osoba vykonává, teplotou vzduchu, vyzařovanou teplotou, rychlostí vzduchu a vlhkostí, přičemž termoaktivní systém stavebních prvků ovlivňuje především vyzařovanou teplotu a teplotu vzduchu.*

*V létě je stavební prvek používán jako zásobník tepla. Aby stavební prvek mohl vůbec akumulovat energii, musí zvládat zvýšení své teploty. Společně se zvýšením teploty přiváděného vzduchu během dne vede toto ke zvýšení teploty v místnosti. Zkoumání ukazují, že změna teploty v rozsahu +/- 0,5 K/hod tepelnou pohodu nijak nepoškozuje. Z těchto důvodů se může teplota prostoru v létě zvýšit z uvedených 22 °C ráno na 26 °C večer.*

*V zimě musí stavební prvek být udržován na teplotě, kterou je možné krýt tepelné ztráty. Pokud se ale nyní vyskytne tepelné zatížení, ať je to z vnitřního tepelného zařízení nebo ze slunečního záření zvenčí, zvýší se rychle teplota v místnosti. Vzhledem k velké setrvačnosti stavebních prvků není možné v krátké době snížit jejich teplotu. Proto je výhodné při dimenzování teploty staveních prvků brát do úvahy všechny tyto faktory.*

*Při chlazení prostoru nad podlahou by teplota povrchu neměla být menší než 19 – 20 °C. Z toho vyplývá očekávaný výkon 30 – 45 W/m<sup>2</sup>.*

*Ukládání chladného vzduchu na stropem je méně problematické. Povolené jsou teploty na povrchu nižší než 20 °C, přičemž by nemělo dojít k poklesu pod teplotu rosného bodu. Ta při relativní vlhkosti 60 % činí ca 15,5 °C.*

*Očekávaný výkon se tak zadanými daty pohybuje v rozsahu ca 50 – 95 W/m<sup>2</sup> vztaheno na teplotu prostoru 26 °C.*

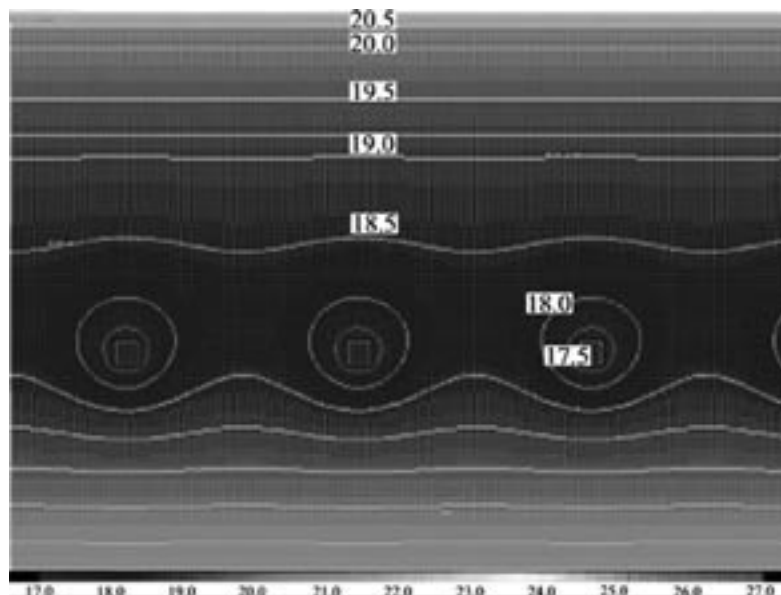
## DODÁVÁNÍ CHLADNÉHO VZDUCHU

*chlazení nočního vzduchu pomocí chladicích věží pro suché nebo mokré chlazení  
tepelná kapacita zeminy  
využívání podzemní vody  
zemní sondy a energetické sloupy.  
chladicí jednotky*

*V případě vytápění prostorů pod stropem by nemělo docházet k překročení max. teploty na povrchu ca 29 °C., neboť jinak by to způsobilo příliš velkou výměnu záření mezi stropem a hlavou osoby v místnosti a znamenalo by to nepohodu pro tuto osobu. Očekávaný výkon lze ustanovit max. na ca 40 – 55 W/m. Vzhledem k rozdílnému tepelnému zatížení, které se po celý den mění, pohybuje se teplota v místnosti mezi 20 a 24 °C.*

## 9. ■ PRŮBĚH TEPLoty

*Rozložení teplot v betonové vrstvě je dáno roztečí plastových trubek, ale jak je zřejmé z obrázku na povrchu betonu je dosahováno rovnoměrné teploty, což vytváří příjemné klima v místnosti.*



Teplotní vrstvy v betonovém jádru při rozteči 150.

## 10. ■ DODÁVÁNÍ ENERGIE

*Teplota podzemní vody (10 až 14 °C) nebo vrstev nacházejících se blízko povrchu země (níže než asi 15 m, které mají celoročně alespoň 10 °C) se v případě vytápění pomocí tepelného čerpadla energeticky účinným způsobem zvýší na potřebné teploty na přívodu od 26 do 28 °C. Tímto způsobem je možné ve srovnání s tradičními topnými systémy ušetřit asi 25 procent primární energie. V případě chlazení je vhodná teplotní úroveň zeminy (až maximálně sto metrů do hloubky) respektive teplota podzemní vody k tomu, aby ji přímo přes výměník tepla uložily do systému tepelné aktivace stavebních prvků. Vedle chladu obsaženého v zemi může cirkulující voda v létě být také ochlazována prostřednictvím studeného nočního vzduchu. Ukazuje se, že může být vyrobeno prostřednictvím přirozených energetických zdrojů asi sedmdesát až osmdesát procent chladicí energie. Chybějící potenciál dodá konvenční chladicí jednotka. Tě je možné se vzdát pouze pokud přistoupíme na určitý kompromis v tepelné pohodě místnosti.*

*Základní ventilace dodává podle potřeby uživatelům místnosti čerstvý vzduch. Při velmi vysokém zatížení je možné použít větrání také pro odvod konvekčního podílu tepelného zatížení.*

*Aktivace stavebních prvků je dobrým doplňkem pro využití energie z prostředí prostřednictvím výměníku tepla, kterým protéká podzemní voda. Pro geotermální výměníky je možné předpokládat chladicí výkon 10 – 15 W/m<sup>2</sup>, který lze dodávat konstantně. Kancelářské prostory se pohybují v oblasti tepelné pohody, když je prostřednictvím vodního systému odváděno kontinuálně tepelné zatížení 20 W/m<sup>2</sup>. Když má být kancelářská budova ochlazována pouze pomocí geotermálního výměníku, lze pro dimenzování jako orientační hodnotu předpokládat dvojnásobnou užitnou plochu kanceláře. Rozumnou alternativou je odvádět část ochlazovacího zatížení větracím zařízením, které zajišťuje hygienickou výměnu vzduchu, a současně s tím regulovat obsah vlhkosti vzduchu. Lze tak zamezit poklesu teploty na povrchu chladicího stropu pod rosný bod.*

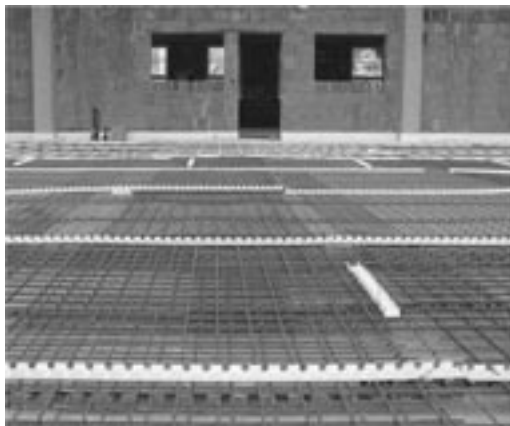
## 11. ■ PROSTOROVÁ AKUSTIKA

*Neobložený strop, který nepohlcuje hluk, od určité velikosti prostoru způsobuje rušivé dozvuky. Měření však ukázala, že plochy potřebné pro tlumení zvuku mohou být místo stropu uspořádány také na přičkách nebo na nábytku kanceláře. Ale bez koberců na podlahách se stěží obejdeme. Pokud to je možné, neměly by se před tepelně aktivované stavební prvky instalovat žádné konstrukce tlumící hluk, neboť tyto zpravidla působí jako tepelná izolace a snižují vyzářování a tedy topný či chladicí výkon.*

## 12. ■ MONTÁŽ A PROVEDENÍ

*Během projektování respektive během realizace projektů se často objevuje otázka, zda nedojde montáží tepelné aktivace betonového stropu ke zpoždění průběhu stavby. Dosavadní zkušenosti ukázaly, že zpožděním lze zamezit stavebně logistickým plánováním: montáž plastových trubek musí být přímo začleněna do průběhu bednicích, vyztužovacích a betonářských prací. Na stavbě pracovníci nejdříve pod mezipatrový strop umístí přípojovací skříně, do kterých budou později přivedena zásobovací vedení. Poté následuje pokládka trubek na spodní vyztuženou vrstvu. Když jsou zasazeny distanční držáky, upevní se na ně horní vrstva vyztuže. Aby se zjistil případný průsak, jsou trubky před betonováním důkladně prohlédnuty- Tlaková zkouška provedená před a po betonování poskytne doplňující jistotu.*

## 13. ■ POŘADÍ PŘI POKLÁDCE



*Pokládka upevňujících prvků  
na úrovni spodní ocelové mříže*



*Pokládka trubek*



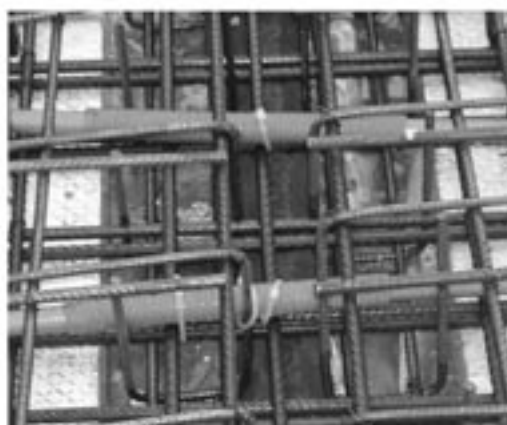
*Položení horní výztuže*



*Tlaková zkouška (při přivádění  
betonu musí být stále pod tlakem!)*



*Pokládka betonu*



*Ochrana trubek u spár,  
průchodů atd.*



## 14. ■ ZÁVĚR

*Aktivace betonového jádra představuje v dnešní době vhodnou alternativu proti tradičním zařízením s úplnou klimatizací. Montáží chladicího nebo tepelného rozvodu na části budovy, které by jinak nebyly využity, si ušetříme nadměrné dimenzování celkového zásobování budovy teplem nebo chladným vzduchem a současně se sníží i investiční příp. provozní náklady. Kromě toho je možné kombinovat aktivaci betonového jádra s konvenčními instalacemi v budovách.*

*Základní myšlenka, že by v centru každého projektového záměru měl být člověk, zajišťuje pro budoucnost novou alternativou dodávání energie do prostorů.*