

**Vysoké učení technické v Brně  
Fakulta stavební**

Studentská vědecká a odborná činnost  
Akademický rok 2011/2012

## **Energetické piloty**

Jméno a příjmení studenta, ročník, obor:

Vedoucí práce:

Katedra / Ústav:

Martina Marešová, 1. ročník, B

Ing. Ilona Koubková, Ph.D

K125 / Fsv / ČVUT Praha

## Obsah

Abstrakt .....	3
Abstract .....	3
Úvod .....	4
1 Obnovitelný zdroj energie .....	4
2 Energetické piloty .....	4
2.1 Návrh .....	4
2.1.1 Teplotní poměry v „podpovrchové“ oblasti .....	5
2.1.2 Thermal Response Test .....	6
2.2 Montáž <sup>[3]</sup> .....	7
2.2.1 Montážní krok 1 .....	7
2.2.2 Montážní krok 2 .....	9
2.2.3 Montážní krok 3 .....	9
2.2.4 Montážní krok 4 .....	10
2.3 Stupeň využití kapacity energopiloty .....	10
2.4 Hospodaření s energií .....	11
3 Příklady realizací .....	12
3.1 12 Bubeneč lofts .....	12
3.1.1 Montáž .....	13
3.1.2 Zhodnocení systému po 3 letech provozu .....	14
3.2 AZ Tower .....	15
4 Vlastní návrh – Bytový dům LUXOR .....	16
5 Závěr .....	18
Literatura .....	19
Příloha č. 1 – Tabulka pilot .....	20
Příloha č. 2 – Tabulka tepelných ztrát objektu .....	21

## **Abstrakt**

Cílem této práce je seznámení s dosud málo využívaným tepelným zdrojem v ČR, kterým jsou energetické piloty. V této oblasti je podle mého názoru skrytý velký potenciál. Objekty dnes už stavíme i na místech s nevhodnými základovými poměry zcela běžně a základové piloty jsou pak jediným možným řešením. Proč tedy nevyužít budované konstrukce k získání potřebné energie na vytápění, chlazení či přípravu TV!?

## **Abstract**

The aim of this paper is to introduce yet underused source of heat in the CR, which are energy pilots. In this area is a great hidden potential, in my opinion. Objects today are building in places with inadequate base-ratios routinely and foundation piles are then the only possible solution. Why not built structure to obtain the energy required for heating, cooling and DHW!?

## Úvod

Již od 70. let minulého století byly zkoumány projekty s energetickými pilotami a následně i realizovány první z nich. Způsob funkce takových zařízení pro přípravu energie pro účely vytápění popřípadě chlazení je založen na jednoduchém hospodaření s tepelnou energií. <sup>[5]</sup>

## 1 Obnovitelný zdroj energie

Vyvstává zde otázka, zda energetické piloty můžeme považovat za obnovitelný zdroj energie. Co vlastně obnovitelný zdroj energie znamená, nám objasní následující definice.

Obnovitelný zdroj energie je zdroj, v jehož čerpání lze teoreticky pokračovat další tisíce až miliardy let. Toto označení se používá pro některé vybrané, na Zemi přístupné formy energie, získané primárně především z termojaderného spalování vodíku v nitru Slunce. Dalšími zdroji jsou teplo zemského nitra a setrvačnost soustavy Země-Měsíc. Lidstvo je čerpá ve formách např. sluneční záření, větrné energie, vodní energie, energie přílivu, geotermální energie, biomasy a dalších. <sup>[2]</sup>

Definice obnovitelného zdroje podle českého zákona o životním prostředí je: „Obnovitelné přírodní zdroje mají schopnost se při postupném spotřebovávání částečně nebo úplně obnovovat, a to samy nebo za přispění člověka.“ <sup>[2]</sup>

Definice podle zákona č. 180/2005 Sb. o podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů energie a o změně některých zákonů (zákon o podpoře využívání obnovitelných zdrojů): „Obnovitelnými zdroji se rozumí obnovitelné nefosilní přírodní zdroje energie, jimiž jsou energie větru, energie slunečního záření, geotermální energie, energie vody, energie půdy, energie vzduchu, energie biomasy, energie skládkového plynu, energie kalového plynu a energie bioplynu.“ <sup>[2]</sup>

Když se vrátíme zpět k naší otázce, musíme si uvědomit, že energetické piloty, jak již bylo zmíněno, jsou založeny na principu hospodaření s energií. Jsou takovým akumulátorem tepla či chladu. Dále zde však dochází i k čerpání geotermální energie z okolního prostředí. Hornina, do které jsou piloty osazeny, do značné míry ovlivňuje jejich „výtěžnost“. Piloty také mohou využít energie podzemní vody a to v případě, že jsou jí omývány.

ANO, energetické piloty jsou obnovitelným zdrojem energie.

## 2 Energetické piloty

Energetické piloty se označují jako geotermické absorbéry, připravené betonové vrtné piloty nebo piloty základů budov. Pokud je do těchto pilot integrováno potrubí pro využití podpovrchové geotermie, hovoříme o energetických pilotách. <sup>[4]</sup>

### 2.1 Návrh <sup>[3]</sup>

Pro provoz tepelného čerpadla je rozhodující odběrový, respektive odpařovací výkon. Návrh energetických pilot se provádí analogicky jako u sond na zemní teplo. Tabulka (Zdroj: VDI 4640) obsahuje hodnoty, které lze použít pro menší zařízení < 30 kW pro topný provoz s tepelnými čerpadly. Hodnoty mohou výrazně kolísat v závislosti na struktuře horniny – rozpukání, břidličnatost, zvětrání.

Tab. 1 Specifické odběrové výkony (Zdroj: VDI 4640)

Provozní hodiny Podloží	1800 h specifický odběrový výkon v W/m sondy	2400 h specifický odběrový výkon v W/m sondy
<b>Obecné orient. hodnoty:</b>		
Špatné podloží (suchý sediment) ( $\lambda < 1,5 \text{ W/mK}$ )	25	20
Normální pevná hornina a vodou nasycený sediment ( $\lambda < 3,0 \text{ W/mK}$ )	60	50
Pevná hornina s vysokou tepelnou vodivostí ( $\lambda < 3,0 \text{ W/mK}$ )	84	70
<b>Jednotlivé horniny:</b>		
Štěrk, písek, suchý	< 25	< 20
Štěrk, písek, vodonosný	65–80	55–85
Při silném toku podzemní vody v štěrku a písku, pro jednotlivá zařízení	80–100	80–100
Hlína, jíl, vlhké	35–50	30–40
Vápenec (masiv)	55–70	45–60
Pískovec	65–80	55–65
Kyselé magmatity (např. žula)	65–85	55–70
Bázické magmatity (např. čedič)	40–65	35–55
Rula	70–85	60–70

Druhy zemín, které výrazně ovlivňují odběrový výkon, lze zjistit u geologické služby nebo firmy provádějící vrtání, nebo je tato firma zjistí při prvním vrtu.

U větších topných zařízení s topným výkonem tepelného čerpadla > 30 kW nebo doplňkovým využitím tepelného zdroje (např. ke chlazení) by měl být proveden přesný výpočet. K tomu je jako základ nutné zjistit potřebu tepla a chladu v budově.

### 2.1.1 Teplotní poměry v „podpovrchové“ oblasti <sup>[3]</sup>

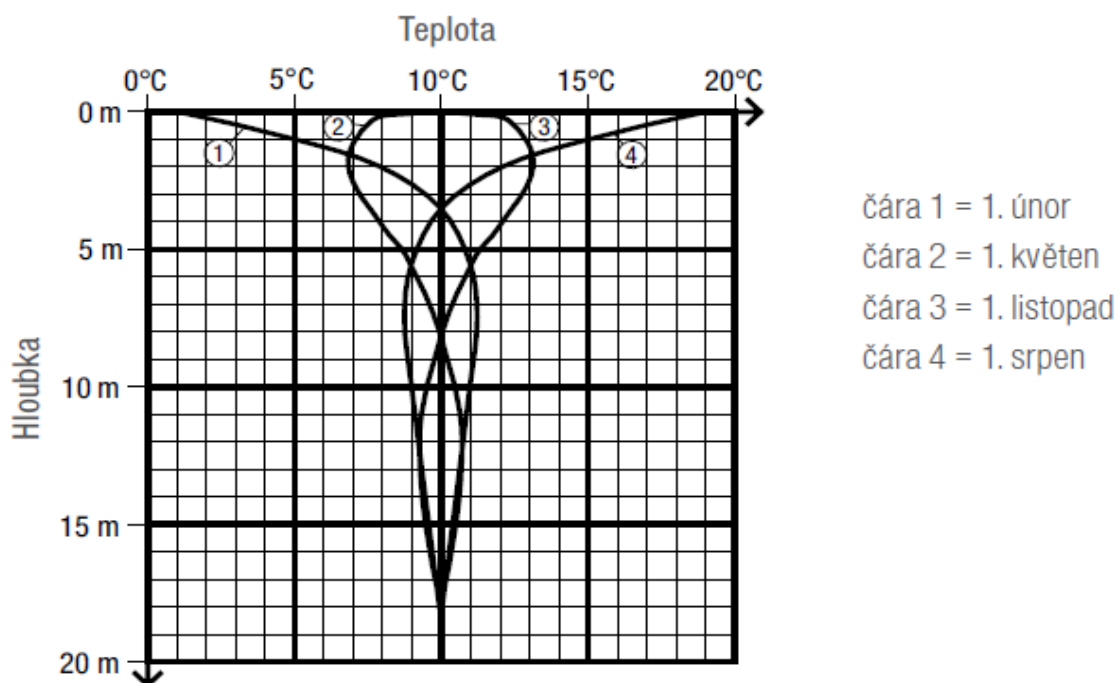
V geologii znamená „podpovrchová“ oblast hloubku od povrchu země až do několika málo set metrů (zpravidla cca 400 m). Jedná se o prostor, který lze využívat pomocí kolektorů zemního tepla, energetických pilot a sond zemního tepla.

Obrázek ukazuje úroveň ročních teplot do hloubky 20 m. Podle toho panují v hloubce 1,2–1,5 m v průběhu roku teploty mezi 7 °C až 13 °C, v hloubce 18 m je celoročně teplota asi 10 °C. Teplota stoupá zpravidla na každých 100 m o 2 až 3 °C.

V hloubce 100 m činí teplota obvykle 12 °C, v hloubce 200 m cca 15 °C. Toto teplo lze pomocí tepelného čerpadla velmi efektivně využít k vytápění nebo pomocí přímého chlazení, eventuálně chladicí jednotky, pro chlazení.

Při návrhu geotermického zařízení je nutné rozlišovat mezi tepelným, respektive chladicím výkonem a energií nutnou pro vyrovnání sousedních teplot (teplo Q). Vzhledem k tepelné vodivosti půdy omezené na cca 1–3 W/m\*K je možné zařízení na využití zemního tepla provozovat pouze krátkou dobu na vysoký výkon, přičemž okolí trubek, respektive sond, se využívá jako tlumič tepla, který se geotermickým tepelným přesunem ze spodní půdy (pouze 0,015 až 0,1 W/m\*K) regeneruje s časovým posunem.

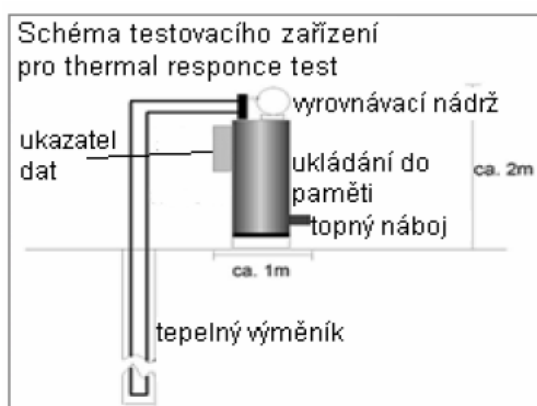
Propojení se zdrojem energie v zemi je v našem případě zajišťováno energetickými pilotami. Teplonosné médium obíhá v integrovaném potrubí, přitom na sebe váže teplo a předá ho tepelnému čerpadlu. Toto zvyšuje prostřednictvím termodynamického procesu poskytnutou teplotu a předá ji do topného systému.



Obr. 1: Úroveň ročních teplot v různých hloubkách půdy

### 2.1.2 Thermal Response Test <sup>[8]</sup>

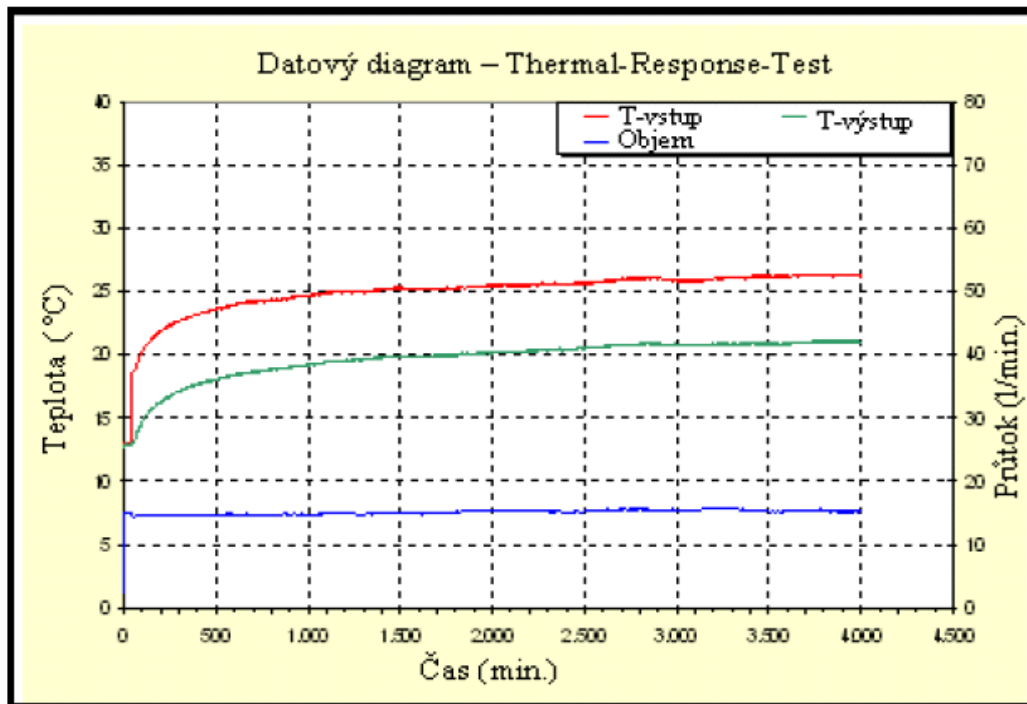
Pro dimenzování sond a energetických pilot by se za nejasné geologické a hydrogeologické situace měl provést zkušební vrt. Ten lze eventuálně geofyzikálně zaměřit, nebo je možné pomocí **Thermal Response Test** změřit odběrový výkon půdy. Na základě výsledků lze případně simulačním programem vypočítat možný roční odběrový výkon pro určitou dobu chodu zařízení.



Obr. 2: Thermal Response Test

Thermal Response Test umožňuje určení tepelné vodivosti podloží jako primárního parametru pro dimenzování zařízení. Jako druhý parametr je počítán tepelný odpor vrty. V případě potřeby je možné hloubkově orientované měření tepelné vodivosti.

Do zabudované zemní sondy se vtiskne prostřednictvím tepelného média určitá definovaná teplota okolní půdy. Registrovány jsou časové průběhy teploty vstupního a výstupního média jakož i objem proudění.



Obr. 3: Datový diagram Thermal Response Testu

## 2.2 Montáž <sup>[3]</sup>

Montáž energetických pilot se v podstatě skládá ze čtyř montážních kroků – položení potrubí, osazení chráničky a označení a dvou tlakových zkoušek.

### 2.2.1 Montážní krok 1

Položení potrubí do již připraveného armovacího koše. Trubky se do armovacího koše pokládají v podélném směru. Silové upevnění trubek na výztuž se provádí pomocí spojení pro energetické piloty ve vzdálenosti 0,5 m, stejně tak v oblasti změny směru.

Potrubí se zpravidla pokládá meandrovitě v podélném směru armovacího koše. Upevnění potrubí je zajištěno rohožovými spojkami pro energetické piloty nebo silovým spojem pomocí kabelových spojek na armovacím koši. Při ukládání jsou kromě vysoké odolnosti mimořádnou výhodou potrubí především malé poloměry ohybu. Další ceněnou integrovanou vrstvou potrubí je vrstva pro uzavírání kyslíku, která zabraňuje možné korozi ocelových částí systému.

Většina známých pilotních typů lze již při výrobě vytvořit jako geotermický absorbér. Samozřejmě se tím cena pilotů zvýší. Obkládání výztužných koster

polyetylenovým potrubím se provádí u hotových pilotů z betonu, vrtných pilotů, šnekových vrtných pilotů a u pilotů betonovaných přímo na staveništi. [4]

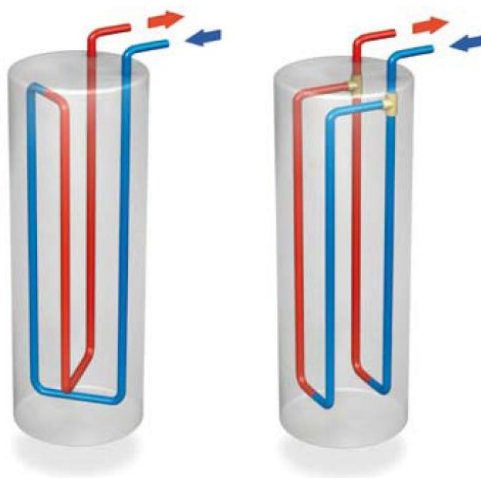
Prefabrikované betonové piloty, klasické nebo duté piloty z odstředěného betonu, jsou již při výrobě obloženy polyetylenovým potrubím. Duté piloty z odstředěného betonu lze aktivovat nastavením geotermálního zařízení jako geotermického výměníku.



Obr. 4: Energetická pilota - vstrojení

Při osazování lze využít variantu „vertikální meandr“ a „sonda U“ nebo vstrojení ve šroubovici.

- Vertikální meandr  
Trubky se pokládají v meandrovitých nekonečných smyčkách v armovacím koši. Tento způsob je výhodný zejména z důvodu jednoduché montáže. V hlavě piloty se provede napojení na přítokové a vratné potrubí k trubicí síti.
- Sonda U  
Trubky se do armovacího koše vkládají v podobě písmene U. V hlavě piloty se provede spojení jednotlivých smyček pomocí osvědčených, trvale těsných posuvných objímek včetně fitinků. Tento způsob osazování je výhodný zejména z hlediska odvzdušňování potrubí. Napojení na přítokové a vratné potrubí k trubicí síti se provádí v hlavě piloty.



Obr. 5: zprava Vertikální meandr, Sonda U



- Kladení potrubí ve šroubovici <sup>[11]</sup>

Montážně je vhodnější použít vystrojení pilot meandrovým způsobem. Při vedení potrubí ve spirále vychází délka potrubí na pilotu dle délky piloty od 50 do 100m. Při meandrovém způsobu vedení potrubí může dojít k redukci délek potrubí v jednotlivých pilotách.



Obr. 6: Spirálovitě uložené potrubí

### 2.2.2 Montážní krok 2

Napojovací vedení se v hlavě piloty zkrátí a opatří chráničkou. Následuje označení energetické piloty podle montážního plánu.



Obr. 7: Spojení přítoku a odtoku v chráničce

### 2.2.3 Montážní krok 3

Umístění jednotky pro zkoušení tlaku na konce potrubí pomocí přechodového kusu s manometrem. Nastavení zkušební tlaku 6 barů a zapsání zkušební tlaku do protokolu.



Obr. 8: Osazení jednotky pro zkoušení tlaku

#### 2.2.4 Montážní krok 4

Betonování. Provedení druhé tlakové zkoušky po betonáži. Zapsání zkušební tlaku po betonáži do protokolu. Energetické piloty lze připojit přímo na rozvodné potrubí, eventuálně přímo na rozdělovač topného, případně chladicího okruhu.



Obr. 9: Tlaková zkouška při 6 barech

### 2.3 Stupeň využití kapacity energopiloty <sup>[5]</sup>

Stupeň využití kapacity energetických pilotů v podstatě závisí na průřezu nastavené výztužní kostry. Obvykle se potrubí připevňuje na výztuže v rozestupech 20-30 cm od sebe. Z tohoto rozmístění automaticky vychází stupeň využití kapacity. Na využití výkonu energetické piloty pozitivně působí vodonosné vrstvy.

Protože jsou piloty pod budovou realizovány s velkou hustotou a s rozestupy jen několika metrů, vzniká vysoké oboustranné teplotní ovlivnění. Z tohoto důvodu by měla být zařízení energetických pilot využívána vždy jako sezónní akumulátor.

Pokud budou sloužit pro účely vytápění a chlazení, měla by se věnovat zvláštní pozornost simulaci provozních charakteristik základů a správnému dimenzování.



Obr. 10: Energetická pilota

## 2.4 Hospodaření s energií <sup>[6]</sup>

Objem betonu a zeminy pod objektem je možné využívat jako "akumulátor" chladu nebo tepla. V zimním období tepelné čerpadlo chladí do systému pilot a tím získává potřebné teplo pro vytápění objektu. Naopak v letním období se uložený chlad využívá na chlazení. Zvláště u objektů, které jsou využívány jako kancelářské, je požadavek na chlad v létě mnohem větší, než potřeba výkonu pro vytápění v zimním období.

Uložený chlad do pilot je možné v prvních fázích využívat bez nasazení tepelného čerpadla. Vyřazením práce kompresoru a za přičinění pouze oběhových čerpadel je možné cirkulovat chlad z pilot do otopného systému. Chlad je možné využít přímo ve vzduchotechnice budovy nebo ve stropních či stěnových panelech. Pokud využíváme zemní stálé teploty pro chlazení budovy bez dalšího zařízení (tepelné čerpadlo) hovoříme o tzv. *pasivním chlazení*. Spotřeba oběhových čerpadel je minimální a v porovnání s výkonem chlazení, které nám systém pilot zabezpečuje, můžeme hovořit o chladu "zdarma". Chlad z pilot se v průběhu léta vyčerpá nebo je jeho potřeba taková, že musí pracovat tepelné čerpadlo. Potom se výkon aktivního chlazení oproti variantě pasivního chlazení zvýší.

*Aktivní chlazení* - tepelné čerpadlo slouží v létě jako chladič vody pro klimatizaci. Vyprodukované teplo je buď odváděno zpět do energetických pilot, kde tím dochází k jejich regeneraci. Aktivní chlazení dokáže zajistit komfortní klimatizaci.

*Kombinace aktivního a pasivního chlazení* – při potřebách nižšího chladicího výkonu postačí provozovat pasivní chlazení. Jestliže naroste potřeba chladicího výkonu, zařízení se přepne na aktivní chlazení.

Nutné je vědět, že nasazení energetických pilot pouze pro vytápění nebo pouze pro chlazení není možné. Vždy musíme pracovat v režimu vytápění / chlazení. Základy budovy mají pouze omezenou tepelnou kapacitu, kterou můžeme třeba pouhým chlazením základů vyčerpát. Další energie nepřichází. Základy nejsou ovlivňovány přímým nebo nepřímým slunečním zářením jako je tomu u zemních plošných kolektorů. V lokalitách, kde je pohyb spodní vody, je možné energii čerpat

bez omezení. Tedy kombinace silně zvodnělého a štěrkového podloží s pohybem vod zaručuje neomezený přísun energie.

### 3 Příklady realizací

#### 3.1 12 Bubeneč lofts <sup>[5]</sup>

V době, kdy se architekti a projektanti snaží o co možná nejúspornější provozní náklady, vznikl projekt 12 LOFTS, který jde přesně ve smyslu tohoto trendu. Moderně řešené bydlení ve stylu loftových bytů v luxusní části Prahy zahrnuje systém energetických pilot.

Jde o první instalaci společnosti GEROTop, kde byla použita tato technologie. Hlavním účelem energetických základů v tomto projektu je zajištění optimální teploty přes letní období v maximálně prosklených interiérech.

Primárně bude pro chlazení objektu využita energie pouze z pilot bez požití kompresorového chlazení. Kompresorová chladicí jednotka bude spouštěna až při nedostatečném výkonu pilot – teplota vody přiváděná z pilot bude mít více jak cca 20°C ve vyrovnávací nádobě.

Pro chlazení bytových prostor je navržen systém pasivního chlazení – aktivací betonového jádra. Jedná se o systém vychlazování přímo nosné stropní konstrukce. Tento systém zabezpečuje nejkomfortnější systém chlazení bez možnosti vzniku průvanu a hluku s minimální nutnou údržbou ze strany klienta. Trubní rozvody budou uchyceny na spodní ocelovou výztuž, čímž bude zajištěn max. chladicí výkon až 60W/m<sup>2</sup> stropní plochy. Spotřeba chladu v jednotlivých bytech bude kalkulována na základě podlahové plochy bytu.



Obr. 11: 12 Bubeneč lofts

- Základ objektu 12 LOFTS tvoří 78 pilot o průměrech 620 - 900 mm. Délky jednotlivých pilot se pohybují v rozmezí 5 - 13 m.
- Dále byla využita kompletně celá základová deska o rozměrech 25 x 63 m, která je společná pro všechny 3 objekty.
- Do energetických pilot a základové desky bylo aplikováno 7,2 km potrubí určeného speciálně do základů budov.
- Celý systém energetických základů bude poskytovat 60 kW chladu.
- Další možností, jak bylo možné dosáhnout dostatek výkonu pro tepelné čerpadlo, byla realizace klasických vrtů pro tepelné čerpadlo pod základovou deskou. Při

porovnání investic by zdroj chladu v podobě hlubinných vrtů představoval investici 3x vyšší.

### 3.1.1 Montáž <sup>[11]</sup>

Vystrojení aktivních pilot bylo navrženo s vedením vysoceodolného PE potrubí 25x2,3 ve šroubovici se stoupáním 0,5m. Dle dohody s dodavatelem potrubí je montážně vhodnější použít vystrojení pilot meandrovým způsobem.

Pro propojení vystrojených pilot s rozdělovačem/sběračem ve strojově chlazení je navrženo vysoceodolné PE potrubí pro pokládku bez nutnosti vedení v pískovém loži o rozměru 32x2,9. Napojení potrubí na vystrojené piloty bude pomocí přivařovacích přechodek 32x2,9/25x2,3. Potrubí je z důvodů vzájemného vyrovnání tlakových ztrát jednotlivých okruhů vedeno ve smyčkách. Délky jednotlivých tras mezi R/S a pilotou je cca 110m. Minimální rozteč různých okruhů by neměla být menší než 400mm. V místě průchodu potrubí v okolí neaktivních pilot lze potrubí zhušťovat z důvodů nutnosti vyhnout se neaktivním pilotám. Potrubí bude vedeno na terénu pod podkladovým betonem. Kotvení potrubí bude pomocí drátů přímo do rostlého terénu.



Obr. 12: Vystrojení energetických pilot potrubím ve šroubovici



Obr. 13: Potrubí přívodu a odvodu v hlavě energetické piloty



Obr. 14: Propojení potrubí energopilot s rozdělovačem/sběračem.

### 3.1.2 Zhodnocení systému po 3 letech provozu <sup>[10]</sup>

Když v roce 2009 byly v letních měsících silná horka, přes den okolo 30°C, přestože je jedná část fasády zcela prosklená, v prostorech bylo okolo 22°C a chlazení "jelo" jen přes piloty, nebylo dochlazováno chladící jednotkou.

Přes léto se do pilot přirozenou cirkulací vlivem provozu "zanáší" zase vyšší teplota, kterou pak v zimních měsících využíváme zase na vytápění venkovních okrasných bazénů.

Velkou výhodou této technologie je, že Vám nic v bytě nehučí, nevíří se prach.

Nevýhodou je regulace - v případě puštění bez chladicí jednotky, pouze zapnuto a vypnuto, dále nemůžete dělat snížené podhledy např. kvůli bodovému osvětlení, protože si strop de facto odizolujete.

Jedním slovem, máme s touto technologií velmi dobré zkušenosti.

### 3.2 AZ Tower

Třicetimetrové hloubkové energetické piloty budovy AZ Tower, které budou v Česku zcela jedinečné, budou díky tepelným čerpadlům v zimě jímat teplo a v létě ochlazovat. [7]

Unikátní je také systém kombinace přirozeného a nuceného větrání v kancelářích a apartmánech. Je také plánované, že celou fasádu výtahové šachty, která má celkovou plochu sedm set metrů čtverečních, pokryjí fotovoltaické panely, které budou sloužit jako zdroj elektrické energie a dodávat ji do společných prostor budovy. [7]



Obr. 15: AZ Tower

Budova AZ TOWER je založena na cca 1 800 metrech velkopřůměrových pilot, což představuje předpokládaný potenciál až 230 kW tepelné energie. Geologické poměry na staveništi bohužel neumožňují věřit ve vyšší potenciál vzhledem k tomu, že založení dvou podlaží podzemních parkovacích garáží je sice plně pod hladinou podzemní vody, ale milánská stěna po obvodu stavby však dosahuje do horizontu nepropustných zemin, takže piloty nikdy nebudou zcela v proudech podzemní vody. [9]

Nízkopotenciální teplo, získané z energetických pilot, je spolu s předpokládanými trvalými tepelnými zátěžemi /150kW/, které se získávají z chlazení technických místností, datových uzlů a strojoven výtahů a zužitkovávají se k výrobě tepla pro vytápění pomocí tepelných čerpadel. Teplo získané s energetických pilot a zátěží domu je dostatečné pro vytápění komerčních a obchodních prostor v podnoží objektu. Jako bivalentní zdroj slouží horkovod z městského systému CZT, který

slouží i pro vytápění kancelářských ploch a ubytovacích kapacit ve výškové části budovy. <sup>[9]</sup>

Tepelná čerpadla v létě slouží pro pokrytí části potřeby chlazené vody pro klimatizaci, čímž se do zemního podloží dodává až 230kW tepla pro regeneraci energetických pilot. Díky stálosti tepelných zátěží od technologických zařízení je systém v přechodném období schopen pružně přecházet mezi stavy "těžení" tepla z pilot a regenerací pilot dodáváním tepla, vzniklého chlazením technických prostor, do podloží. To přispívá k efektivnějšímu provozu. <sup>[9]</sup>

#### 4 Vlastní návrh – Bytový dům LUXOR

Jedná se o novostavbu obytného objektu na místě bývalého tepelného výměníku na západní straně ulice Košťálkovy. Na základě podmínek územního rozhodnutí byl objekt odsouhlasen jako obdélník ve směru sever – jih, využívající maximálně plochu vlastních pozemků. Výška navrhovaného objektu byla stanovena na 5 nadzemních podlaží, v kterých je umístěno celkem 28 bytových jednotek, a dvou podzemních podlaží pro parking. <sup>[1]</sup>



Obr. 16: Bytový dům LUXOR

Skalní podloží je v místě stavby tvořeno prachovci záhořanského souvrství. Povrch skalního podloží prachovců se nachází 8 až 10 m pod současným povrchem terénu. Povrch prachovců je v mocnosti řádově metrů silně zvětralý a prachovce jsou zde rozložené na jíl pevné až tvrdé konzistence. Skalní podloží je v celé ploše staveniště překryto kvarténními jílovitými sedimenty charakteru jílu, písčitého jílu a jílu s úlomkovitou sutí. Konzistence jílovitých zemin je převážně tuhá až pevná, při bázi pak převážně pevná. <sup>[1]</sup>

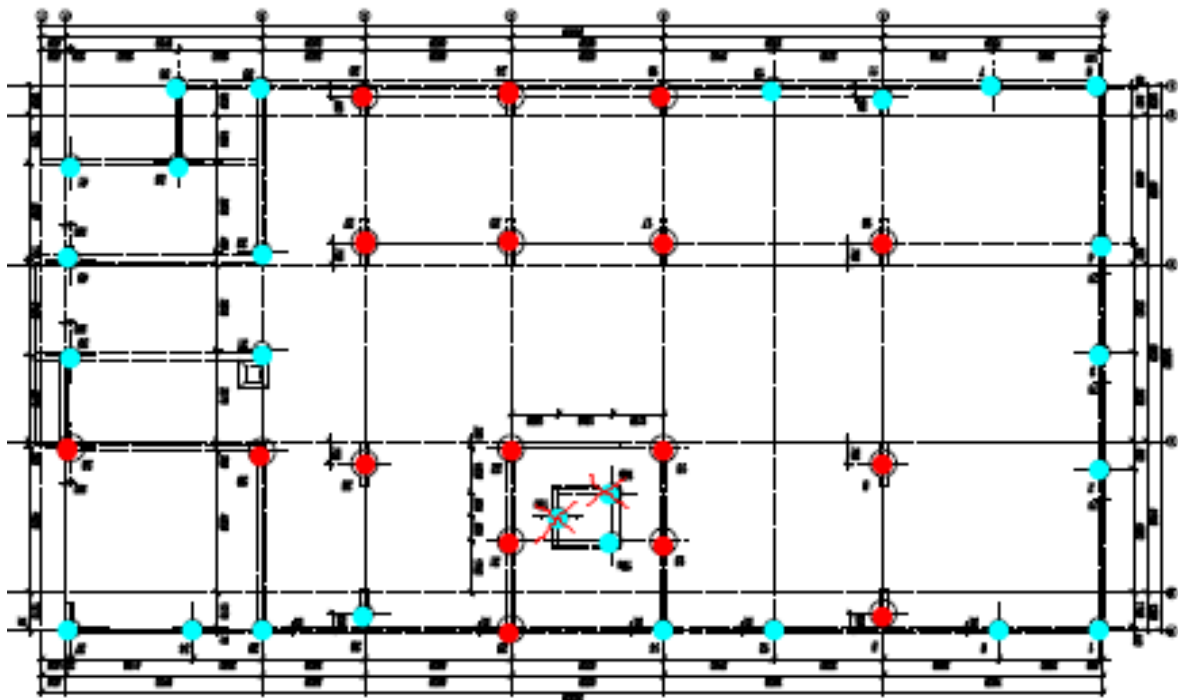
Hladina podzemní vody nebyla průzkumem zastižena. Její výskyt je dle autora průzkumu možný podél tektonických linií a v kolektoru povrchového zvětrání skalního podloží. <sup>[1]</sup>

Založení objektu bude na ŽB monolitické desce, podporované pilotami průměru 600 a 900 mm. Piloty jsou zatíženy převážně svislou silou. Piloty jsou pod



základovou deskou rozmístěny dle tvaru horní ŽB konstrukce a dle působícího zatížení. Hlavy pilot jsou umístěny v úrovni spodní hrany základové desky. Výztuž armokoše pilot nebude propojena se základovou deskou. Dimenze pilot byly navrženy s ohledem na působící zatížení a předpokládaný geologický profil a minimální délky pilot jsou uvedeny v tabulce pilot. Pro stanovení konečné délky je nutné dodržet minimální vetknutí do vrstev eluvií a skalního podloží prachovců třídy R5 a v případě nutnosti pilotu prodloužit. <sup>[1]</sup>

Geologický profil byl stanoven jen na základě vrtu hlubokého 5 m na přání investora. Správné by však bylo prozkoumat geologický profil v celé zasažené hloubce. Při provádění základových pilot pak byla zjištěna vrstva štěrku v mocnosti cca 1 m a hladina podzemní vody, proto musely být jednotlivé piloty provedeny v délkách o 1 až 1,5 m větších. Tato „objevená“ propustná vrstva pro vodu nám při návrhu vytápění/chlazení energetickými pilotami značně prospívá a je tedy přínosem.



Obr. 17: Schéma založení objektu na pilotách

Objekt je založen na 26 pilotách o průměru 600 mm v celkové použitelné délce 226,5m a na 17 pilotách o průměru 900 mm v celkové použitelné délce 208,5 m. Díky jinému než předpokládanému geologickému profilu byla navýšena délka pilot o 9 m pro piloty o průměru 600 mm a o 21 m pro piloty o průměru 900 mm. Dvě základové piloty o průměru 600 mm pod výtahovou šachtou nebudou použity vzhledem k jejich délce 5,5 m, která je z hlediska získávání energie neekonomická.

V objektu byly vymezeny prostory vytápěné a nevytápěné a určena jejich výpočtová teplota. Dále byly napočítány tepelné ztráty a potřeba tepla na přípravu TV v celkové hodnotě 139 kW dle ČSN EN 12831.

Jak již bylo zmiňováno je třeba při použití energetických pilot pracovat v režimu vytápění/chlazení. Proto bylo navrženo v bytovém domě stropní vytápění/chlazení (kapilární rohože). V zimě si do systému budeme ukládat chlad, který s výhodou využijeme v letním období, kdy naopak do systému energetických pilot budeme

odvádět přebytečné teplo. Tento systém bude napomáhat regeneraci energetických pilot.

Z tohoto pilotového pole je možné získat potřebu energie pro vytápění 118 MWh, což při provozu 2400 hodin ročně (topení + TV) je výkon cca 50 kW. Pro chlazení je možná využitelná potřeba 70 MWh, při provozu chlazení 1000 hodin je výkon 70 kW.

Pro celkové pokrytí požadované tepelné ztráty objektu 137 kW by bylo potřeba tedy dovrát ještě 11 vrtů, každý o délce 125 m, počítáno jen pro topení, pokud by se i z vrtů chladilo, pak by se délka vrtů zmenšila.

## 5 Závěr

Využití stavebních konstrukcí budov resp. základů budov je investičně nejvýhodnější a nejefektivnější. Instalování registru potrubí do základů budov se nazývá podle způsobu instalace jako energetické piloty, energetické stěny, energetické základy. Tato technologie se omezuje pouze pro nasazení u novostaveb. Dodatečné instalování potrubních systémů do budovy je nemožné. Řadu možných instalací zhatí neznalost projektantů řešících samotnou budovu. Pokud s využitím základů nepočítají již v prvopočátku návrhu samotné stavby, je komplikované dodatečně upravovat projektovou dokumentaci a začlenit systém jako součást stavby a stavebních prací. <sup>[6]</sup>

Pro představu o výši investice do systému uvádím hrubé číslo, které je průměrem několika projektovaných instalací na území ČR. Investice do 1 kW výkonu pro vytápění je cca 2.000 Kč do systému vystrojení a svedení pilot k tepelnému čerpadlu. Liší se v závislosti na složitosti systému. Částka nezahrnuje sekundární část topení a samotné tepelné čerpadlo s technickou místností. Zásadní je, že za investované peníze získáme i výkon pro chlazení objektu, což většinu váhavých investorů jasně přesvědčí. <sup>[6]</sup>

Ve většině případů instalací pokryje základ s piloty celou energetickou náročnost budovy. Avšak z ekonomických důvodů se uvažuje pouze počet pilot nutných z hlediska statiky. Náklady na další piloty by již nebyly rozumně zdůvodnitelné. Pokud energetické piloty nepokryjí celou potřebu, je možná i kombinace s hlubinnými vrty mezi piloty nebo dokonce mimo základy na volném prostranství nebo se zemními kolektory. Používání energetických pilot je hospodárné od délky piloty 6 m. <sup>[6]</sup>

Nesmíme také opomenout fakt, že se představitelé Evropské unie dohodli, že v roce 2020 by mělo být 20 % energie členských států vyráběno z obnovitelných zdrojů, aby se omezily emise oxidu uhličitého, který je považován za původce globálního oteplování. Navíc obnovitelné zdroje energie jsou podporovány různými dotacemi.

## Literatura

- [1] Ing. Šťastný, R. *Technická zpráva*. Bytový dům ul. Košťálkova, Beroun. Praha, 2009
- [2] [http://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%BD\\_zdroj\\_energie](http://cs.wikipedia.org/wiki/Obnoviteln%C3%BD_zdroj_energie)
- [3] REHAU, s.r.o. *Technická informace 827600*. Systémová technika RAUGEO pro využití zemního tepla. 05/2007
- [4] <http://www.geocore.cz/energopiloty/energeticke-piloty.html>
- [5] <http://www.4-construction.com/cz/clanek/energeticke-piloty-aplikovane-do-praxe/>
- [6] <http://www.tzb-info.cz/4977-vyuzivani-stavebnich-konstrukci-budov-pro-ukladani-energie>
- [7] <http://stavba.tzb-info.cz/cihly-bloky-tvarnice/8459-stihla-a-originalni-nejvyssi-budova-cr-az-tower#>
- [8] [http://www.getra.cz/system/images/trt/Prospekt\\_Thermal\\_Response\\_Test\\_TRT.pdf](http://www.getra.cz/system/images/trt/Prospekt_Thermal_Response_Test_TRT.pdf)
- [9] <http://stavitel.ihned.cz/c1-52639260-tzb-v-nejvyssi-budove-ceske-republiky>
- [10] Ing. Kolářčný, J. Hochtief
- [11] Bc. Cajthaml, J. *Technická zpráva*. 12 Bubeneč lofts. Praha, 2008

# Příloha č. 1 – Tabulka pilot

Ing. Radek Šťastný

Bytový dům ul. Košťálkova, Beroun  
tabulka pilot

## PŘÍLOHA č. 1: TABULKA PILOT

TABULKA PILOT							
číslo piloty (-)	zatížení svislé		průměr piloty (mm)	hlava piloty (m)	délka piloty (m)	armokoš (-)	Pozn.: (m)
	extrém. (kN)	provoz. (kN)					
1	1000	870	600	-5,810	8,0	B	0,5
2	1300	1130	600	-5,810	9,5	C	2,0
3	1350	1174	600	-5,810	9,5	C	2,0
4	1350	1174	600	-5,810	9,5	C	2,0
5	1350	1174	600	-5,810	9,5	C	2,0
6	1125	978	600	-5,810	8,5	B	1,0
7	1300	1130	600	-5,810	9,5	C	2,0
8	2045	1778	900	-5,810	10,5 +1	D	3,0
9	3995	3474	900	-5,810	14,5 +1,5	D	7,0
10	4300	3739	900	-5,810	15,0 +1,5	D	7,5
11	1695	1474	600	-5,810	10,5 +1	C	3,0
12	1250	1087	600	-5,810	9,5	C	2,0
13	1560	1357	600	-5,810	10,0 +1	C	2,5
14	1340	1165	600	-5,810	9,5	C	2,0
15	2920	2539	900	-5,810	12,5 +1,5	D	5,0
16	2330	2026	900	-5,810	11,0 +1	D	3,5
17	3855	3352	900	-5,810	14,5 +1,5	D	7,0
18	1950	1696	900	-5,810	10,5 +1	D	3,0
19a	900	783	600	-7,360	7,0	A	3,0*
19b	550	478	600	-7,360	5,5 NE	A	1,5*
19c	550	478	600	-7,360	5,5 NE	A	1,5*
20	2025	1761	900	-5,810	10,5 +1	D	3,0
21	3560	3096	900	-5,810	14,0 +1,5	D	6,5
22	3560	3096	900	-5,810	14,0 +1,5	D	6,5
23	2750	2391	900	-5,810	12,0 +1,5	D	4,5
24	2390	2078	900	-5,810	11,5 +1,5	D	4,0
25	1620	1409	600	-5,810	10,5 +1	C	3,0
26	2520	2191	900	-5,810	11,5 +1	D	4,0
27	2830	2461	900	-5,810	12,0 +1	D	4,5
28	2030	1765	900	-5,810	10,5 +1	D	3,0
29	1550	1348	600	-5,810	10,0 +1	C	2,5
30	2940	2557	900	-5,810	12,5 +1	D	5,0
31	1390	1209	600	-5,975	10,0 +1	C	2,5
32	1532	1332	600	-5,810	10,0 +1	C	2,5
33	1305	1135	600	-5,810	9,5	C	2,0
34	755	657	600	-4,400	7,5	B	1,5*
35	1555	1352	600	-4,450	11,0 +1	C	2,0
36	1090	948	600	-4,450	9,0	B	3,0*
37	525	457	600	-4,400	7,5	B	1,5*

TABULKA PILOT							
číslo piloty (-)	zatížení svislé		průměr piloty (mm)	hlava piloty (m)	délka piloty (m)	armokoš (-)	Pozn.: (m)
	extrém. (kN)	provoz. (kN)					
38	2415	2100	900	-5,810	<del>11,5</del>	D	4,0
39	1890	1643	600	-5,810	<del>11,5</del>	C	4,0
40	1570	1365	600	-4,450	<del>11,0</del>	C	2,0
41	990	861	600	-4,450	8,5	B	2,5*

±0,000 = 243,750 m n.m.

Pozn.: ... minimální vetknutí paty piloty do vrstev skalního podloží prachovce třídy R5

... \* = minimální vetknutí paty piloty do vrstev eluvia prachovce třídy R6

**BETON****C25/30 XA1****OCEL****10 216 (E), 10 505 (R)**

## Příloha č. 2 – Tabulka tepelných ztrát objektu

Označení místnosti	Tepelný výkon pro tepelné ztráty postupem	Tepelný výkon pro tepelné ztráty větráním	Zátopový tepelný výkon	Tepelný výkon potřebný pro ohřev TV	Celkový tepelný výkon
	$\Phi_{TJ}$	$\Phi_{VJ}$	$\Phi_{RHJ}$	$\Phi_{TU}$	$\Phi_{HLJ}$
	W	W	W	W	W
<b>Byt č. 1</b>					
1.05 předsíň	-242,91	111,54	144,00	Pořeba TV	12,62
1.07 šatna	-257,17	73,12	94,40	m3/den	-
1.08 W C	120,31	27,91	30,40	0,328	178,62
1.09 koupelna	240,48	100,80	97,60		438,87
1.10 ložnice	506,76	251,16	273,60	Tepelný výkon	1 031,53
1.11 ložnice	649,93	309,92	337,60	pořebný pro ohřev TV	1 297,45
1.12 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 480,61	541,99	590,40	w	2 613,00
1.15 W C	115,11	27,91	30,40	714,43	173,42
<b>CELKEM</b>					<b>6 459,94</b>
<b>Byt č. 2</b>					
1.16 předsíň	-389,99	172,26	222,40	Pořeba TV	4,68
1.17 W C	182,37	26,44	28,80	m3/den	237,61
1.20 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 605,02	562,55	612,80	0,328	2 780,37
1.21 ložnice	548,37	280,54	305,60	Tepelný výkon	1 134,51
1.22 ložnice	376,78	255,57	278,40	pořebný pro ohřev TV	910,75
1.23 koupelna	349,79	97,49	94,40	w	541,68
<b>CELKEM</b>				714,43	<b>6 324,03</b>
<b>Byt č. 3</b>					
1.24 předsíň	-319,99	86,75	112,00	Pořeba TV	-
1.26 W C	7,00	22,03	24,00	m3/den	53,03
1.27 koupelna	322,23	89,23	86,40	Tepelný výkon	497,86
1.28 ložnice	407,60	223,26	243,20	pořebný pro ohřev TV	874,06
1.31 obývací pokoj s kuchyňským koutem	921,76	564,02	614,40	w	2 100,18
<b>CELKEM</b>				357,21	<b>3 882,34</b>
<b>Byt č. 4</b>					
1.33 předsíň	-347,15	86,75	112,00	Pořeba TV	-
1.35 obývací pokoj s kuchyňským koutem	706,17	403,92	440,00	m3/den	1 550,09
1.37 ložnice	371,94	239,41	260,80	Tepelný výkon	872,15
1.38 koupelna	350,03	61,14	59,20	pořebný pro ohřev TV	470,37
1.39 W C	80,44	24,97	27,20	w	132,61
<b>CELKEM</b>				357,21	<b>3 382,43</b>
<b>Byt č. 5</b>					
1.40 předsíň	-377,55	149,96	193,60	Pořeba TV	-
1.41 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 624,78	628,65	684,80	m3/den	2 938,23
1.44 W C	154,21	24,97	27,20	0,492	206,38
1.45 šatna	-460,48	95,43	123,20		-
1.46 ložnice	577,89	165,97	180,80		924,66
1.47 ložnice	830,00	211,51	230,40	Tepelný výkon	1 271,91
1.48 ložnice	336,35	211,51	230,40	pořebný pro ohřev TV	778,25
1.49 koupelna	325,20	94,19	91,20	w	510,58
1.50 W C	54,32	20,56	22,40	1 071,64	97,29
<b>CELKEM</b>					<b>7 798,94</b>

Označení místnosti	Tepelný výkon pro tepelné ztráty postupem	Tepelný výkon pro tepelné ztráty větráním	Zátopový tepelný výkon	Tepelný výkon poříbný pro ohřev TV	Celkový tepelný výkon
	$\Phi_{TJ}$	$\Phi_{VJ}$	$\Phi_{RHJ}$	$\Phi_{TU}$	$\Phi_{HLJ}$
	W	W	W	W	W
<b>Byt č. 6</b>					
1.51 předsíň	-337,06	85,51	110,40	Pořeba TV m3/den	-
1.52 W C	31,28	26,44	28,80	0,164	86,52
1.53 koupelna	258,04	67,75	65,60	Tepelný výkon poříbný pro ohřev TV	391,39
1.54 ložnice	440,68	265,85	289,60	W	996,13
1.55 obývací pokoj s kuchyňským koutem	892,14	405,39	441,60	357,21	1 739,13
<b>CELKEM</b>					<b>3 570,39</b>
<b>Byt č. 7</b>					
2.05 předsíň	-267,30	111,54	144,00	Pořeba TV m3/den	-
2.07 šatna	-273,16	71,88	92,80		-
2.08 W C	111,73	27,91	30,40	0,33	170,04
2.09 koupelna	216,83	102,45	99,20		418,48
2.10 ložnice	303,93	251,16	273,60	Tepelný výkon poříbný pro ohřev TV	828,70
2.12 ložnice	447,28	309,92	337,60		1 094,80
2.14 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 064,60	552,27	601,60	W	2 218,47
2.17 W C	107,38	27,91	30,40	714,43	165,69
<b>CELKEM</b>					<b>5 610,60</b>
<b>Byt č. 8</b>					
2.19 předsíň	-427,65	171,02	220,80	Pořeba TV m3/den	-
2.20 W C	175,06	26,44	28,80	0,328	230,29
2.23 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 349,11	577,24	628,80	Tepelný výkon poříbný pro ohřev TV	2 555,15
2.25 ložnice	371,41	277,60	302,40	W	951,42
2.26 ložnice	221,42	258,51	281,60		761,53
2.28 koupelna	319,41	97,49	94,40	714,43	511,30
<b>CELKEM</b>					<b>5 724,11</b>
<b>Byt č. 9</b>					
2.29 předsíň	-338,96	86,75	112,00	Pořeba TV m3/den	-
2.31 W C	0,90	22,03	24,00	0,164	46,94
2.32 koupelna	294,43	89,23	86,40	Tepelný výkon poříbný pro ohřev TV	470,06
2.33 ložnice	268,79	223,26	243,20	W	735,25
2.36 obývací pokoj s kuchyňským koutem	689,38	564,02	614,40	357,21	1 867,80
<b>CELKEM</b>					<b>3 477,26</b>
<b>Byt č. 10</b>					
2.38 předsíň	-366,12	89,23	115,20	Pořeba TV m3/den	-
2.40 obývací pokoj s kuchyňským koutem	445,51	403,92	440,00	0,164	1 289,43
2.42 ložnice	218,29	239,41	260,80	Tepelný výkon poříbný pro ohřev TV	718,51
2.43 koupelna	330,98	61,14	59,20	W	451,31
2.44 W C	73,53	24,97	27,20	357,21	125,70
<b>CELKEM</b>					<b>2 942,17</b>
<b>Byt č. 11</b>					
2.45 předsíň	-410,40	149,96	193,60	Pořeba TV m3/den	-
2.46 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 116,55	630,12	686,40		2 433,06
2.49 W C	147,30	24,97	27,20	0,49	199,47
2.50 šatna	-481,35	95,43	123,20		-
2.51 ložnice	432,35	165,97	180,80		779,13
2.52 ložnice	577,85	211,51	230,40	Tepelný výkon poříbný pro ohřev TV	1 019,76
2.53 ložnice	196,58	193,88	211,20		601,66
2.54 koupelna	295,85	94,19	91,20	W	481,23
2.55 W C	48,63	20,56	22,40	1 071,64	91,60
<b>CELKEM</b>					<b>6 677,55</b>

Označení místnosti	Tepelný výkon pro	Tepelný výkon pro tepelné	Zátopový	Tepelný výkon	Celkový tepelný
	tepelné ztráty postupem	ztráty větráním	tepelný výkon	pořebný pro ohřev TV	
	$\Phi_{TJ}$	$\Phi_{VJ}$	$\Phi_{RHJ}$	$\Phi_{TU}$	
	W	W	W	W	W
<b>Byt č. 12</b>					
2.56 předsíň	-355,76	85,51	110,40	Pořeba TV m3/den	-
2.57 W C	23,96	26,44	28,80	0,164	79,20
2.58 koupelna	236,93	67,75	65,60	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	370,28
2.59 ložnice	436,66	265,85	289,60	W	992,11
2.60 obývací pokoj s kuchyňským koutem	564,43	371,61	404,80	357,21	1 340,84
<b>CELKEM</b>					<b>3 139,65</b>
<b>Byt č. 13</b>					
3.05 předsíň	-267,30	110,30	142,40	Pořeba TV m3/den	-
3.07 šatna	-273,16	71,88	92,80		-
3.08 W C	111,73	27,91	30,40	0,33	170,04
3.09 koupelna	216,83	102,45	99,20		418,48
3.10 ložnice	307,05	251,16	273,60	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	831,82
3.12 ložnice	497,47	309,92	337,60	W	1 144,99
3.14 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 109,29	552,27	601,60	W	2 263,16
3.17 W C	106,23	27,91	30,40	714,43	164,54
<b>CELKEM</b>					<b>5 707,44</b>
<b>Byt č. 14</b>					
3.19 předsíň	-432,22	171,02	220,80	Pořeba TV m3/den	-
3.20 W C	175,06	26,44	28,80	0,328	230,29
3.23 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 137,57	586,05	638,40	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	2 362,02
3.25 ložnice	339,13	277,60	302,40	W	919,13
3.26 ložnice	179,17	254,10	276,80	W	710,07
3.27 koupelna	319,41	99,14	96,00	714,43	514,55
<b>CELKEM</b>					<b>5 450,49</b>
<b>Byt č. 15</b>					
3.28 předsíň	-338,96	86,75	112,00	Pořeba TV m3/den	-
3.30 W C	0,90	22,03	24,00	0,164	46,94
3.31 koupelna	294,43	89,23	86,40	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	470,06
3.32 ložnice	268,79	223,26	243,20	W	735,25
3.35 obývací pokoj s kuchyňským koutem	718,82	562,55	612,80	357,21	1 894,17
<b>CELKEM</b>					<b>3 503,63</b>
<b>Byt č. 16</b>					
3.37 předsíň	-366,12	87,99	113,60	Pořeba TV m3/den	-
3.39 obývací pokoj s kuchyňským koutem	518,04	405,39	441,60	0,164	1 365,02
3.42 ložnice	282,66	242,35	264,00	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	789,01
3.43 koupelna	330,98	61,14	59,20	W	451,31
3.44 W C	73,53	24,97	27,20	357,21	125,70
<b>CELKEM</b>					<b>3 088,26</b>
<b>Byt č. 17</b>					
3.45 předsíň	-410,40	149,96	193,60	Pořeba TV m3/den	-
3.46 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 413,03	635,99	692,80	0,492	2 741,82
3.50 W C	147,30	24,97	27,20		199,47
3.51 šatna	-481,35	95,43	123,20		-
3.52 ložnice	510,30	171,85	187,20		869,35
3.53 ložnice	671,56	218,85	238,40	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	1 128,81
3.54 ložnice	194,93	193,88	211,20	W	600,01
3.55 koupelna	295,85	94,19	91,20	W	481,23
3.56 W C	48,63	20,56	22,40	1 071,64	91,60
<b>CELKEM</b>					<b>7 183,93</b>



Označení místnosti	Tepelný výkon pro tepelné ztráty postupem	Tepelný výkon pro tepelné ztráty větráním	Zátopový tepelný výkon	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	Celkový tepelný výkon
	$\Phi_{TJ}$	$\Phi_{VJ}$	$\Phi_{RHJ}$	$\Phi_{TU}$	$\Phi_{HLJ}$
	W	W	W	W	W
<b>Byt č. 18</b>					
3.57 předsíň	-355,76	85,51	110,40	Pořeba TV m3/den	-
3.58 W C	23,96	26,44	28,80	0,164	79,20
3.59 koupelna	236,93	67,75	65,60	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	370,28
3.60 ložnice	328,54	251,16	273,60	W	853,30
3.61 obývací pokoj s kuchyňským koutem	538,60	399,51	435,20	357,21	1 373,31
<b>CELKEM</b>					<b>3 033,31</b>
<b>Byt č. 19</b>					
4.05 předsíň	-267,30	110,30	142,40	Pořeba TV	-
4.07 šatna	-273,16	71,88	92,80	m3/den	-
4.08 W C	111,73	27,91	30,40	0,328	170,04
4.09 koupelna	217,24	102,45	99,20		418,88
4.10 ložnice	337,31	249,70	272,00	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	859,01
4.11 ložnice	452,81	309,92	337,60	W	1 100,33
4.13 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 288,71	552,27	601,60	W	2 442,58
4.16 W C	106,23	27,91	30,40	714,43	164,54
<b>CELKEM</b>					<b>5 869,80</b>
<b>Byt č. 20</b>					
4.18 předsíň	-432,22	171,02	220,80	Pořeba TV m3/den	-
4.19 W C	175,06	26,44	28,80	0,328	230,29
4.22 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 303,57	586,05	638,40	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	2 528,02
4.24 ložnice	364,35	277,60	302,40	W	944,35
4.25 ložnice	202,00	254,10	276,80	W	732,90
4.26 koupelna	319,41	99,14	96,00	714,43	514,55
<b>CELKEM</b>					<b>5 664,55</b>
<b>Byt č. 21</b>					
4.27 předsíň	-338,96	87,99	113,60	Pořeba TV m3/den	-
4.29 W C	0,90	22,03	24,00	0,164	46,94
4.30 koupelna	294,43	89,23	86,40	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	470,06
4.31 ložnice	293,45	223,26	243,20	W	759,91
4.34 obývací pokoj s kuchyňským koutem	753,76	565,49	616,00	357,21	1 935,25
<b>CELKEM</b>					<b>3 569,37</b>
<b>Byt č. 22</b>					
4.36 předsíň	-366,12	87,99	113,60	Pořeba TV m3/den	-
4.38 obývací pokoj s kuchyňským koutem	556,34	408,33	444,80	0,164	1 409,46
4.41 ložnice	307,13	242,35	264,00	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	813,49
4.42 koupelna	330,98	61,14	59,20	W	451,31
4.43 W C	73,53	26,44	28,80	357,21	128,77
<b>CELKEM</b>					<b>3 160,25</b>
<b>Byt č. 23</b>					
4.44 předsíň	-410,40	149,96	193,60	Pořeba TV	-
4.45 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 410,59	635,99	692,80	m3/den	2 739,38
4.49 W C	154,22	24,97	27,20	0,492	206,39
4.50 šatna	-481,35	95,43	123,20		-
4.51 ložnice	510,30	171,85	187,20		869,35
4.52 ložnice	587,58	218,85	227,68	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	1 034,11
4.53 ložnice	261,56	193,88	211,20	W	666,64
4.54 koupelna	295,85	94,19	91,20	W	481,23
4.55 W C	48,63	20,56	22,40	1 071,64	91,60
<b>CELKEM</b>					<b>7 160,34</b>

Označení místnosti	Tepelný výkon pro	Tepelný výkon pro tepelné	Zátopový	Tepelný výkon	Celkový tepelný výkon
	tepelné ztráty postupem	ztráty větráním	tepelný výkon	pořebný pro ohřev TV	
	$\Phi_{TJ}$	$\Phi_{VJ}$	$\Phi_{RHJ}$	$\Phi_{TU}$	
	W	W	W	W	W
<b>Byt č. 24</b>					
4.56 předsíň	-355,76	85,51	110,40	Pořeba TV m3/den	-
4.57 W C	26,66	26,44	28,80	0,164	81,90
4.58 koupelna	231,53	67,75	65,60	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	364,88
4.59 ložnice	364,82	259,98	283,20	W	908,00
4.60 obývací pokoj s kuchyňským koutem	627,13	399,51	435,20	357,21	1 461,84
<b>CELKEM</b>					<b>3 173,84</b>
<b>Byt č. 25</b>					
5.06 předsíň	-309,22	130,13	168,00	Pořeba TV m3/den	-
5.08 ložnice	530,67	249,70	272,00	0,164	1 052,36
5.09 koupelna	422,48	102,45	99,20	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	624,13
5.11 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 152,56	577,24	628,80	W	2 358,59
5.13 W C	146,76	33,78	36,80	357,21	217,35
<b>CELKEM</b>					<b>4 609,65</b>
<b>Byt č. 26</b>					
5.15 předsíň	-200,05	106,58	137,60	Pořeba TV	44,13
5.16 W C	103,30	41,13	44,80	m3/den	189,23
5.20 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 550,65	725,59	790,40	0,328	3 066,64
5.22 šatna	-192,40	75,60	97,60	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	-
5.23 ložnice	352,03	182,13	198,40	W	732,56
5.24 ložnice	364,65	232,07	252,80	W	849,52
5.25 koupelna	439,84	117,32	113,60	714,43	670,76
<b>CELKEM</b>					<b>6 267,26</b>
<b>Byt č. 27</b>					
5.26 předsíň	-129,28	127,65	164,80	Pořeba TV	163,17
5.28 W C	78,21	26,44	28,80	m3/den	133,45
5.31 obývací pokoj s kuchyňským koutem	732,57	415,67	452,80	0,328	1 601,04
5.32 šatna	-323,35	70,64	91,20	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	-
5.33 ložnice	434,57	149,82	163,20	W	747,59
5.34 ložnice	418,56	218,85	238,40	W	875,81
5.35 koupelna	460,51	99,14	96,00	714,43	655,65
<b>CELKEM</b>					<b>4 891,13</b>
<b>Byt č. 28</b>					
5.36 předsíň	-97,71	58,25	75,20	Pořeba TV	35,74
5.37 W C	73,78	27,91	30,40	m3/den	132,09
5.39 obývací pokoj s kuchyňským koutem	1 435,21	635,99	692,80	0,492	2 764,01
5.42 šatna	-363,03	135,08	174,40	Tepelný výkon pořebný pro ohřev TV	-
5.43 koupelna	393,96	94,19	91,20	W	579,35
5.44 ložnice	695,96	293,76	320,00	W	1 309,72
5.45 ložnice	471,33	211,51	230,40	W	913,24
5.46 ložnice	600,39	312,85	340,80	1 071,64	1 254,05
<b>CELKEM</b>					<b>8 059,82</b>
<b>CELKEM</b>					<b>139 382,47</b>