

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování



## *Studie domu s minimální energetickou potřebou*

( Diplomová práce )

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Marcela Synáčková, CSc.**

Vypracoval: **Bc. Josef Krňanský**

Praha, Duben 2016

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta životního prostředí

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Josef Krňanský

Voda v krajině

Název práce

**Studie domu s minimální energetickou potřebou**

Název anglicky

**A study of the house with minimal energy needs**

---

### Cíle práce

- 1) Vyhodnotit stávající stav používání nových prostředků na snižování energetické potřeby v bytové zástavbě.
- 2) Na konkrétním domu předložit možnosti využívání dešťových a šedých vod, tepelných čerpadel, klimatizačních prvků, solárních panelů, atd.
- 3) Studijní návrh zpracovat graficky s příslušným technickým komentářem.

### Metodika

- 1) Studium domácí a zahraniční literatury s rešeršním přehledem.
- 2) Shromáždění stavební dokumentace vzorového obytného domu.
- 3) Zakreslení nových úsporných prostředků.
- 4) Sepsání diplomové práce.

**Doporučený rozsah práce**

60 stran textu a grafické přílohy

**Klíčová slova**

energetické úspory, domovní zástavba, využití dešťových vod, šedé vody

---

**Doporučené zdroje informací**

BARTONÍK, A. a kol., 2012, Vodní hospodářství – Šedé vody, VUT, Brno

HLAVÍNEK, P., 2007, Hospodaření s dešťovými vodami na urbanizovaném území, ARDEC, ISBN 80-86020-55-X

LHOTÁKOVÁ, Z., 2011, Hospodaření s vodou v krajině a urbanizovaném území, VUT Brno

VALÁŠEK, J., 1990, Voda v rodinných domech, chatách a zahradách. Bratislava: ALFA, ISBN 80-05-00 723-X

ZEVENBERGEN C., et. al., 2011, Urban flood management, CRC Press, ISBN 978-0-415-559 44-7 (Pbk)

---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – FŽP

**Vedoucí práce**

Ing. Marcela Synáčková, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra vodního hospodářství a environmentálního modelování

Elektronicky schváleno dne 29. 2. 2016

**prof. Ing. Pavel Pech, CSc.**

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 7. 3. 2016

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 19. 04. 2016

Prohlašuji, že diplomovou práci na téma „*Studie domu s minimální energetickou potřebou*“ jsem vypracoval samostatně a použil jsem pouze literární prameny a publikace uvedené v seznamu použité literatury.

podpis

V Praze dne 19. 4. 2016

## **Poděkování**

Moje poděkování patří mé vedoucí diplomové práce Ing. Marcele Synáčkové, CSc., za vedení, vstřícnost, ochotu a poskytnutí cenných rad, informací a materiálů týkající se dané problematiky. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Janu Kolodějovi za poskytnutí podkladních materiálů a Barboře Hrdinové za konzultaci v oboru řízeného větrání a rekuperace tepla.

## **Abstrakt**

Diplomová práce se zabývá systémy a možnostmi pro snížení potřeb energie v rodinném domě. V rešeršní části se věnuji pasivním a nízkoenergetickým domům, možnostem využití dešťových a šedých vod, rekuperaci tepla s řízeným větráním, tepelným čerpadlům a fotovoltaice. V praktické části jsou uvedeny návrhové výpočty a postupy, orientační pořizovací ceny systémů a výpočet návratnosti.

## **Klíčová slova**

energetické úspory, domovní zástavba, využití dešťových vod, šedé vody

## **Abstract**

The thesis deals with systems and possibilities for reducing energy needs in a family house. The search section is devoted to passive and low-energy houses, the possibilities of using rainwater and grey water, heat recovery with controlled ventilation, heat pumps and photovoltaics. The practical part presents the design calculations and an indicative purchase price and return calculation.

## **Key words**

energy savings, residential area, using rainwater, grey water

## Obsah

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>ÚVOD.....</b>   | <b>9</b>  |
| 1.1      | Námět diplomové práce.....   | 9         |
| 1.2      | Cíl diplomové práce.....   | 9         |
| 1.3      | Metodika zpracování diplomové práce.....                             | 9         |
| <b>2</b> | <b>SVĚTOVÁ PROBLEMATIKA VODY PLÝTVÁNÍ SE ZDROJI .....</b>            | <b>11</b> |
| 2.1      | Využívání zdrojů sladké vody .....                                   | 11        |
| 2.2      | Problematika s úbytkem vody a řešení .....                           | 12        |
| 2.3      | Náročnost vody v zemědělství.....                                    | 13        |
| 2.4      | Šetření vody při výrobě papíru .....                                 | 13        |
| <b>3</b> | <b>NÍZKOENERGETICKÉ A PASIVNÍ DOMY .....</b>                         | <b>13</b> |
| 3.1      | Vize.....  | 13        |
| 3.2      | Rozdílnost typů domů podle energetické náročnosti.....               | 15        |
| 3.3      | Hlavní zásady výstavby .....   | 18        |
| 3.3.1    | Izolace.....   | 19        |
| 3.3.2    | Výplně otvorů .....  | 20        |
| 3.3.3    | Neprůvzdušnost .....   | 21        |
| 3.3.4    | Větrání .....  | 22        |
| 3.3.5    | Zdroje tepla a příprava teplé vody.....                              | 23        |
| 3.3.6    | Spotřebiče .....   | 23        |
| 3.4      | Náklady.....   | 24        |
| 3.5      | Legislativa.....   | 25        |
| 3.6      | Zelená úsporám.....  | 26        |
| <b>4</b> | <b>HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU A JEJÍ VYUŽITÍ V RD A ZÁSTAVBĚ..</b> | <b>26</b> |
| 4.1      | Akumulace.....   | 26        |
| 4.2      | Vsakování .....  | 27        |
| 4.3      | Retence .....  | 28        |
| 4.4      | Zařízení k hospodaření s dešťovou vodou.....                         | 28        |
| 4.4.1    | Plošné vsakování .....   | 28        |
| 4.4.2    | Vsakovací průleh .....   | 29        |
| 4.4.3    | Vsakovací systém průleh - rýha.....                                  | 30        |
| 4.4.4    | Vsakovací rýha (příkop) .....  | 30        |
| 4.4.5    | Vsakovací šachta .....   | 31        |
| 4.4.6    | Vsakovací nádrž (suchý poldr) .....                                  | 33        |
| 4.4.7    | Podzemní retenční a vsakovací nádrže (plastové bloky).....           | 33        |
| 4.4.8    | Malé vodní nádrže s retenčním prostorem a břehovou infiltrací.....   | 33        |
| 4.4.9    | Mokřady a rybníky s biotopem.....                                    | 34        |
| 4.5      | Legislativa.....   | 35        |
| 4.6      | Konvenční odvodnění.....   | 35        |
| 4.6.1    | Decentralizovaný systém odvodnění .....                              | 35        |
| 4.7      | Záchytné plochy v bytové zástavbě.....                               | 36        |
| 4.8      | Ozeleněné střechy .....  | 37        |
| 4.9      | Využití dešťové vody a komplexní zařízení.....                       | 37        |
| 4.9.1    | Zavlažování zahrad.....  | 41        |
| 4.9.2    | Splachování WC a praní .....   | 42        |
| 4.9.3    | Klimatizace a užitková voda.....                                     | 42        |
| <b>5</b> | <b>VYUŽITÍ ŠEDÉ VODY .....</b>                                       | <b>43</b> |
| 5.1      | Šedé vody.....   | 43        |
| 5.2      | Využití šedé vody .....  | 44        |
| 5.3      | Rekuperace tepla ze šedých vod .....                                 | 45        |

|           |  |           |
|-----------|--|-----------|
| 5.3.1     | Způsoby přenosu tepelné energie z šedých vod .....       | 45        |
| 5.3.2     | Místa přenosu tepelné energie z šedých vod .....         | 46        |
| 5.4       | Čištění šedých vod .....                                 | 46        |
| 5.4.1     | Mechanická úprava .....                                  | 47        |
| 5.4.2     | Chemická úprava .....                                    | 48        |
| 5.4.3     | Biologická úprava .....                                  | 48        |
| 5.5       | Legislativa.....   | 50        |
| <b>6</b>  | <b>VYUŽITÍ REKUPERACE TEPLA S ŘÍZENÝM VĚTRÁNÍM .....</b> | <b>51</b> |
| 6.1       | Systémy větrání .....                                    | 51        |
| 6.1.1     | Přirozené větrání .....                                  | 52        |
| 6.1.2     | Nucené větrání .....                                     | 52        |
| 6.2       | Tepelná zátěž .....                                      | 53        |
| 6.3       | Rekuperace tepla s řízeným (nuceným) větráním .....      | 54        |
| 6.4       | Rekuperační výměník (jednotka).....                      | 55        |
| 6.4.1     | Trubkové rekuperační výměníky .....                      | 55        |
| 6.4.2     | Deskové rekuperační výměníky .....                       | 56        |
| 6.4.3     | Entalpický deskový výměníky.....                         | 57        |
| 6.5       | Filtry .....   | 58        |
| 6.6       | Trubní vedení vzduchu .....                              | 59        |
| 6.6.1     | Systém zapojení potrubí .....                            | 60        |
| 6.6.2     | Druhy potrubí.....                                       | 61        |
| 6.7       | Legislativa.....   | 62        |
| 6.8       | Zelená úsporám.....                                      | 63        |
| <b>7</b>  | <b>VYUŽITÍ TEPELNÝCH ČERPADEL .....</b>                  | <b>63</b> |
| 7.1       | Princip funkce TČ .....                                  | 63        |
| 7.2       | Typy tepelných čerpadel.....                             | 65        |
| 7.3       | Otopné systémy s tepelnými čerpadly .....                | 66        |
| 7.4       | Zelená úsporám.....                                      | 67        |
| <b>8</b>  | <b>VYUŽITÍ FOTOVOLTAIKY .....</b>                        | <b>68</b> |
| 8.1       | Obecné informace .....                                   | 68        |
| 8.2       | Fotovoltaická elektrárna .....                           | 68        |
| 8.3       | Hybridní fotovoltaické kolektory .....                   | 69        |
| 8.4       | Legislativa.....   | 70        |
| 8.5       | Zelená úsporám.....                                      | 70        |
| <b>9</b>  | <b>STUDIE VZOROVÉHO DOMU .....</b>                       | <b>70</b> |
| 9.1       | Pasivní dům v obci Vodslivy .....                        | 70        |
| 9.2       | Návrh využití dešťových a šedých vod .....               | 72        |
| 9.3       | Návrh rekuperace tepla a řízeného větrání .....          | 82        |
| 9.4       | Návrh tepelného čerpadla a fotovoltaiky .....            | 86        |
| 9.5       | Výsledky, rozpočet a návratnost.....                     | 89        |
| <b>10</b> | <b>ZÁVĚR .....</b>                                       | <b>92</b> |
| <b>11</b> | <b>DISKUZE .....</b>                                     | <b>92</b> |
| <b>12</b> | <b>Seznam použité literatury .....</b>                   | <b>94</b> |
| <b>13</b> | <b>Seznam obrázků a tabulek.....</b>                     | <b>95</b> |
| <b>14</b> | <b>Seznam příloh.....</b>                                | <b>96</b> |



# 1 ÚVOD

## Námět diplomové práce

Během mého studia na střední a nyní i na vysoké škole v oborech vodní hospodářství a voda v krajině, jsem si uvědomil a dozvěděl se několik důležitých věcí. Stačí se opravdu jen rozhlédnout kolem sebe s otevřenýma očima a můžete vidět, jak se svět změnil v jedno spotřební zboží. Většina lidí si neváží maličností jako je čistá pitná voda, čerstvý vzduch a teplo se světlem spojené. Lidé toto berou jako samozřejmost a důsledky této samozřejmosti jsou zhoršující se životní podmínky, hydrologické extrémy a kontaminované oblasti. Proto jsem se rozhodl sepsat diplomovou práci, kde bych chtěl poukázat na možnosti šetření zdrojů pitné vody, vytápění, a elektřiny v rámci rozvíjející se výstavby rodinných domů.

## Cíl diplomové práce

Cílem této diplomové práce s názvem „Studie domu s minimální energetickou potřebou“ je:

- Vyhodnotit stávající stav používání nových prostředků na snižování energetické potřeby v bytové zástavbě a RD
- Na konkrétním domu předložit možnosti využívání dešťových a šedých vod, tepelných čerpadel, klimatizačních prvků, solárních panelů, atd.
- Studijní návrh zpracovat graficky s příslušným technickým komentářem.

## Metodika zpracování diplomové práce

- Studium domácí a zahraniční literatury s rešeršním přehledem
- Shromáždění stavební dokumentace vzorového obytného domu.
- Zakreslení nových úsporných prostředků.
- Sepsání diplomové práce

Před zpracováním diplomové práce jsem si musel obstarat podklady vzorového domu, abych mohl vypracovat návrh systémů pro snížení energetických potřeb. Oslovil jsem tedy pana Ing. Jana Koloděje ze stavební firmy Chytrý dům, který je projektantem pasivních domů. Pan Koloděj je velmi znalý a zkušený stavař vzhledem k jeho věku a poskytl mi jak technické výkresy vybraného pasivního domu, tak i cenné rady. Dále jsem si obstaral potřebnou literaturu pro sepsání literární rešerše pro moji diplomovou práci. Bylo velmi obtížné najít zvláště kvalitní zahraniční zdroje. Nakonec jsem si i s tímto problémem poradil a tyto zdroje našel. Pro zpracování diplomové práce jsem čerpal z části z mé bakalářské

práce, především v kapitole s využitím dešťových a šedých vod v rodinných domech a bytové zástavbě. Po vytvoření literární rešerše jsem přešel k jednotlivým návrhům řešených systémů. Pro využití dešťových a šedých vod jsem čerpal jednak z vlastních poznatků, jednak z literatury a pak hlavně z osobního setkání s Ing. Karlem Plotěným, jakožto jednatelem firmy Asio, která je jediným dodavatelem v ČR ohledně veškerých komponentů pro systém tohoto využití. Pro řízené větrání s rekuperací tepla jsem čerpal opět ze svých poznatků, protože jsem pomáhal ve výkresové části ve firmě Rosa In u pana Ing. Jana Fišera, který mi předal základní informace o tomto systému již před lety. Také paní Barbora Hrdinová, která má přehled a marketing v této branži opravdu v malíku mi byla nápomocna, při konkrétním řešení vzorového domu. Tepelná čerpadla a fotovoltaiku jsem si nastudoval z různých druhů literatury a také ze článků konkrétních problémů a jejich řešení, které jsem našel na stránkách tzb-info. Pro výpočty jsem se snažil vycházet ze vzorců v literatuře a příkladů řešených v praxi, které lze najít na webech odborných stavařských firem.

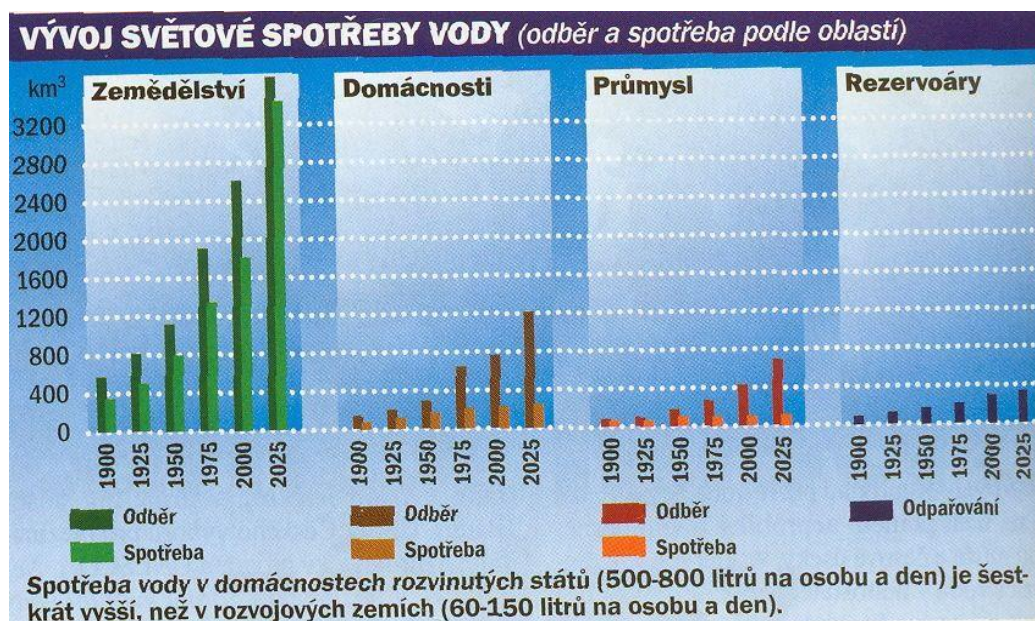
## 2 SVĚTOVÁ PROBLEMATIKA VODY A PLÝTVÁNÍ SE ZDROJI

### 2.1 Využívání zdrojů sladké vody

Lidé svého času potřebovali vodu jen k pití. Za pár tisíc let, jsme ale začali vodu využívat více. Využíváme jí k zavlažování, umýváme s ní sebe i náš majetek, odnáší odpad a nejnověji nám pomáhá její energie pohánět stroje. Mnoho zemí, vynakládá velké úsilí, aby byly schopny zajistit dostatek kvalitní vody pro své občany. Na Středním východě má dokonce i dnes voda daleko větší cenu, než ropná pole, díky nim disponují velkou obchodní komoditou a tím i bohatstvím. Leč voda není nad zlato a proto neúspěch při zajištění vody znamená úpadek ekonomiky. Voda znamená život. V roce 2002 deklarovala OSN právo přístupu k dostatku pitné vody každému člověku. O rok později vyhlásila OSN Mezinárodní rok vody.

„Současná světová populace užívá 54% všech dostupných zásob sladké vody a do roku 2025 se tento podíl má zvýšit jen růstem populace až na 70%. Jestliže však současně budou zachovány rostoucí trendy spotřeby vody, lidstvo bude za 25 let užívat až 90% vodních zdrojů.“ Nedostatek pitné vody se řadí momentálně na druhé místo mezi největší rizika dalšího vývoje hned za klimatické změny. Od počátku 90. let 20. století se otevřeně mluví o světové vodní krizi. (MCNEILL 2000)

Obrázek 1 : Graf vývoje potřeby vody ve světě



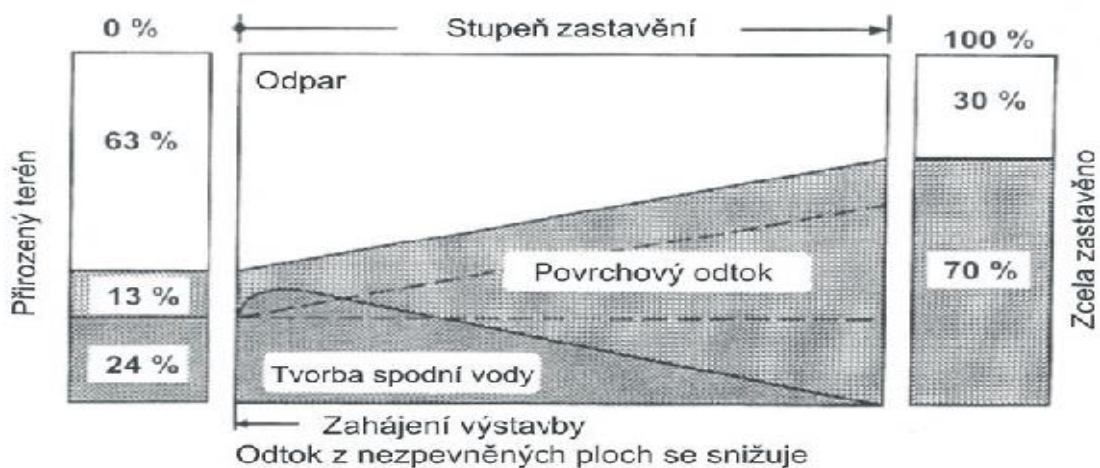
Zdroj: [www.vodarenstvi.cz](http://www.vodarenstvi.cz)

## 2.2 Problematika s úbytkem vody a řešení

V krajině, do které nezasáhl lidský faktor, se asi 90% vody vsakuje, pohltí jej rostliny nebo se vypaří. Lidé svými zásahy do krajiny změnili přirozený hydrologický cyklus. Značná část území je zastavěna, tudíž voda odtéká po zpevněném nepropustném povrchu do nejbližšího toku a smývá s sebou nečistoty. Tím vznikají velké rozdíly mezi velkým přebytkem vody a vysycháním toků při malém odtoku. To má za následek povodňové stavy, erozi, znečištění vod a také snížení hladiny podzemní vody. Výška a celkově hydraulika podzemních vod je závislá na hladině vod povrchových a naopak. Vodofilní rostliny a živočišné závislí na vlhkém prostředí, ztrácejí životní prostor, když malý tok vyschne a protéká jím pouze dešťová voda. Nedostatek vláhy v půdě, chybějící vegetační porost a snížení hladiny podzemní vody může vést až k regionální změně klimatu.

Ke zlepšení a zvýšení hladiny podzemních vod v městských oblastech, musíme myslet na vsakování dešťových vod zpět do přírody. Velké plochy střech zástaveb je nutno odpojovat od centrálních kanalizačních systémů a snažit se dešťovou vodu co nejvíce vsakovat zpět v místě spadu. Tím zlepšíme úroveň hladinu podzemní vody v okolí zástavby, tak i chod čistíren odpadních vod. ČOV jsou přetížené v obdobích dlouhotrvajících i silných nárazových dešťů. Z ekonomického hlediska ušetříme na provozu městského odvodnění, kde menší objem odtoku šetří jejich náklady a dále také z ekologického hlediska se do vodního toku dostává i méně znečištěné vody. (HASENORL 1989)

**Obrázek 2:** Vodní režim nezpevněných a zpevněných ploch



**Zdroj:** (HASENORL 1989)

## **2.3 Náročnost vody v zemědělství**

Ve světě se v zemědělství spotřebuje celkově asi necelých 70% vody využívané lidmi především k zavlažování, průmysl spotřebuje 23% vody a domácnosti 8%. Spotřeba vody se velmi liší podle světadílů a regionů. V Evropě nejvíce vody spotřebuje průmysl s 54%, zemědělství využije 33% a domácnosti asi 13% vody.

Plocha zemědělské půdy se od roku 1960 zvětšila zhruba o 12%, což činí 1,5 miliardy hektarů. Světová potřeba vody pro zemědělské účely se odhaduje na 2 – 2,5 miliardy m<sup>3</sup>. Jedna desetina zavlažovaných ploch je ale znehodnocena zhutněním a zasolením, přičemž zemědělství je odpovědné za odběr většího množství vody, než je příroda schopna obnovit. Také i za 70% znečištění, které je především plošného charakteru. (MŽP ČR 2003)

## **2.4 Šetření vody při výrobě papíru**

V zemích, které jsou v Organizaci pro hospodářskou spolupráci a rozvoj, zemědělské využití vody předbíhá to průmyslové. Průmyslové závody ale dokáží vodu využívat mnohem efektivněji v závislosti na její recyklaci, když mají vyvinutý cit pro ekologii a jak je vidět na výrobě papíru. Na začátku 20. století výrobci papíru v Evropě spotřebovali na 1 kg papíru v průměru 1 tunu vody. Na počátku 90. let to bylo už jen 64 kg vody. V Německu se za poslední dobu redukovala spotřeba vody na 20 – 30 kilogramů vody na 1 kg papíru. Bylo to především proto, že se zvýšily poplatky za odpadní vodu. Některé továrny šly ještě dál a přestaly zcela vypouštět odpadní vodu. Všechna zachycená voda z výroby se přefiltruje a vrátí zpět do provozu a doplní se jen o 1,5 kg čerstvé vody na 1 kg papíru. Menší spotřeba vody na kilogram papíru nelze dosáhnout, protože voda je součástí chemického složení papíru. Tím pádem by zpětné získávání odpařené vody bylo neekonomické. (OECD 2008)

# **3 NÍZKOENERGETICKÉ A PASIVNÍ DOMY**

## **3.1 Vize**

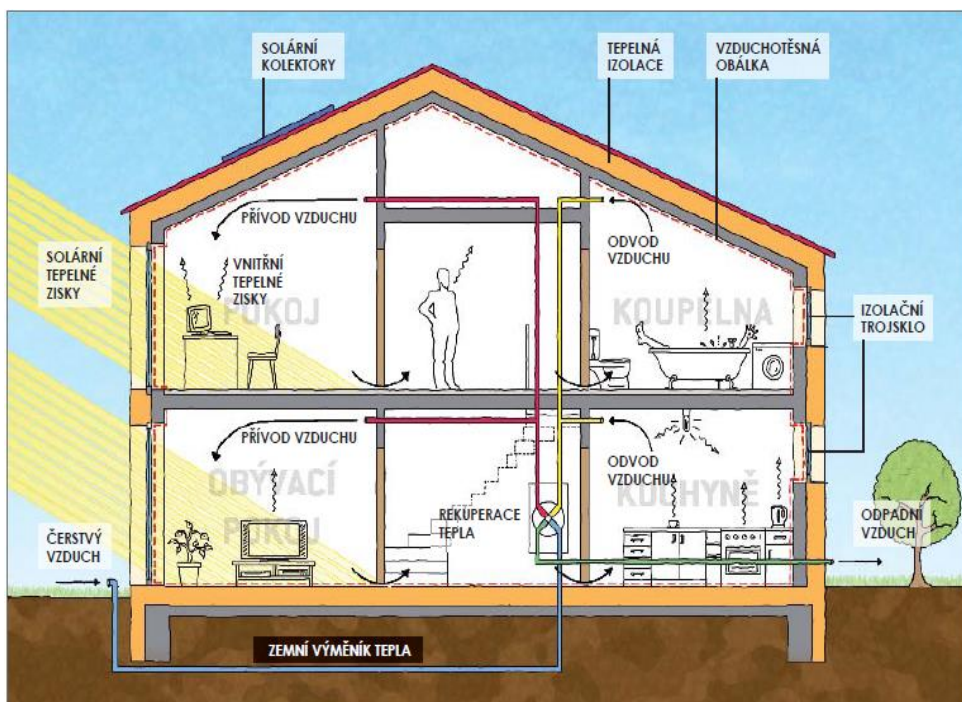
Růsty cen energií nás nutí myslet více a více ekonomicky. Rostoucí DPH tomu nijak nepřidává a tak celá řada investorů zvažujících stavbu rodinného domu hledá alternativu. Dům, který by spotřeboval co nejméně energií. Pro celou řadu již spokojeně bydlících stavebníků se účinným řešením ukazuje být energeticky úsporný dům. Energeticky efektivní domy nám zcela jasně naznačují cestu, kudy a jak by se mělo v budoucnu stavebnictví ubírat. Podle jedné ze směrnic EU bychom totiž do několika let měly stavět pouze domy



blížící se spotřebou energií nule. V kategorii domů, které jsou na spotřebu energií méně náročné, se jako nejzajímavější jeví především dva – **nízkoenergetické a pasivní domy**.

Pokud uvažujeme o výstavbě nového domu, nejprve bychom si měli vytvořit základní představu o našich požadavcích na bydlení (např. počet a velikost místností, tvar a dispozice stavby apod.). Úplně nejlepší je začít navrhovat uspořádání domu uvnitř, tedy od požadovaného zařízení a až poté dům obklopit stěnami. Tím nám vyjdou optimální rozměry místností. Neměli bychom později zjistit, že místnosti jsou příliš velké nebo malé, že budeme vytápět (a třeba i uklízet) zbytečně velké prostory. Již při vytváření základní dispozice domu je však nutné respektovat níže uvedené zásady. Dále bychom si měli promyslet, jakou požadujeme maximální energetickou náročnost domu. S takovou představou pak můžeme navštívit projektanta nebo architekta. U starších domů je dobré začít energetickým auditem nebo alespoň posouzením energetické náročnosti stavby v jakém se nachází. Tedy její současný stav. K tomu postačuje mít faktury za energie (nejlépe za 2 až 3 roky) a projektovou dokumentaci stavby. Tyto podklady by odborníkovi měly stačit na přibližný výpočet měrné spotřeby tepla na vytápění. S našimi představami o stavebních úpravách a úrovni energetické náročnosti po realizaci můžeme zadat zpracování projektové dokumentace. Samozřejmě je dobré se držet rad kvalifikovaných odborníků. V období vytváření vlastních představ o výstavbě či rekonstrukci je vhodné využít bezplatných služeb některého z energetických konzultačních a poradenských středisek. (TYWONIAK a))

**Obrázek 3 :** Řez pasivním domem



**Zdroj:** [www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz)

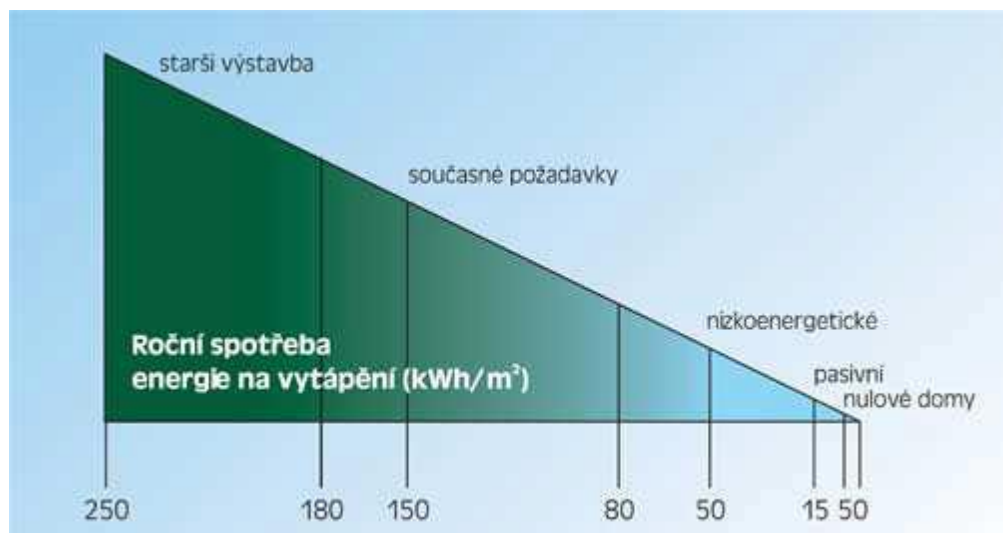
### 3.2 Rozdílnost typů domů podle energetické náročnosti

Nízkoenergetické a pasivní domy spojuje celá řada věcí. Nižší spotřeba energie na vytápění, systém větrání i kvalitní izolace. Může se vám dokonce zdát, že mezi nimi není zásadnější rozdíl, ale opak je pravdou. Níže jsou uvedeny ty největší rozdíly mezi nízkoenergetickým a pasivním domem, které mnozí lidé nepokládají za rozdíl. Většinou je to také z důvodu, že lidé chybně pasivní dům pokládají jako synonymum nízkoenergetického domu.

- **Rozdíl číslo 1 – spotřeba energií**

Hned první odlišnost spočívá v celkovém množství energie na vytápění, případně na další potřeby spojené s provozem domu. Zatímco u nízkoenergetických domů je požadovaná měrná potřeba tepla na vytápění za rok maximálně 50 kWh/m<sup>2</sup>, u pasivního domu je tato hodnota dle metodiky PHPP, vyvinuté Pasivhausinstitutem v Darmstadtu, 15 kWh/m<sup>2</sup>.

**Obrázek 4 :** Závislost typu budovy na spotřebě roční energie k vytápění PHI



**Zdroj:** [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

- **Rozdíl číslo 2 – ekonomická návratnost**

Méně energií tedy spotřebuje dům pasivní, jak lze odvodit i z jeho názvu. Čísla mnohdy člověku ale moc nenapoví, proto se podívejme dál. To, co každého investora zajímá téměř nejvíc, je návratnost investic a jejich efektivní vynaložení. Který dům je lepší zvolit z hlediska návratnosti investic? Pokud se tedy zaměříme na porovnání pasivního a nízkoenergetického domu, dozvíme se, že u přímé investice do nízkoenergetického domu je návratnost obvykle mezi osmi až dvanácti lety. Zajímavé je, že pasivní dům je na tom při současných cenách energií v porovnání s domem

nízkoenergetickým ještě o něco lépe, protože je u něj jednodušší a méně nákladná realizace moderních vytápěcích systémů, např. zemního výměníku. Pasivní dům je tedy ekonomicky výhodnější. A s tím souvisí hned další rozdíl.

- **Rozdíl číslo 3 – vytápění**

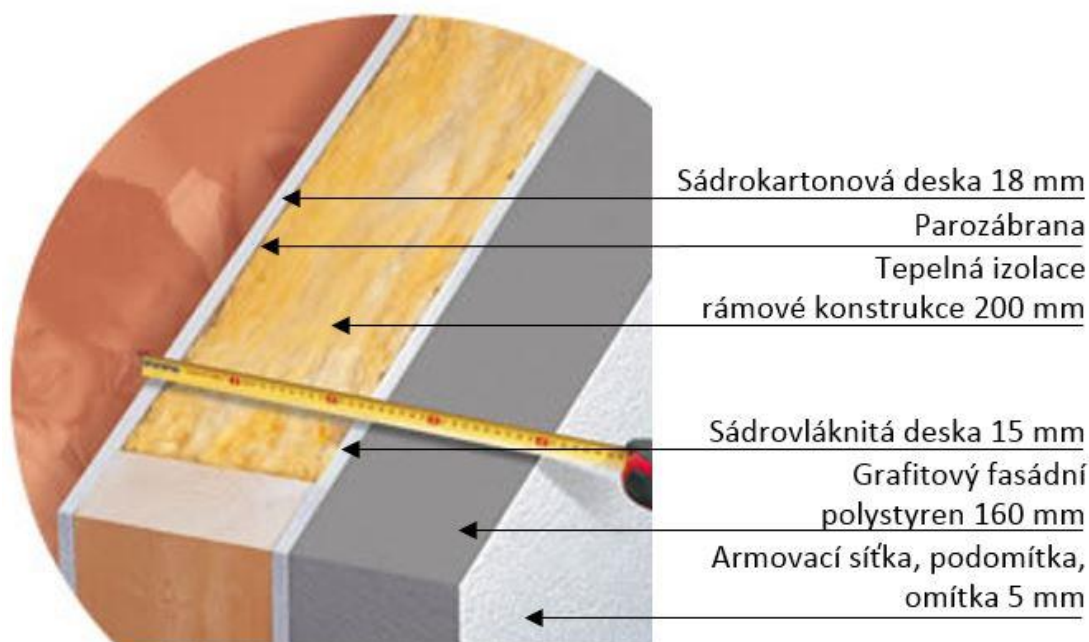
Výše zmíněná menší spotřeba tepla na vytápění u pasivního domu udává, že rozdíl mezi nízkoenergetickým a pasivním domem se bude odrážet i ve způsobu vytápění. A je to skutečně tak. V pasivním domě třeba vůbec nenajdete klasickou otopnou soustavu s radiátory, které se potýkají s řadou nevýhod (překáží, jsou obtížně čistitelné). Jak se tedy pasivní dům vytápí? I za velkých mrazů při inverzním počasí stačí do jednotlivých místností dopravit pouze velmi malé množství teplého vzduchu malými tryskami pod stropem. Za slunečných mrazivých dnů nemusí být vůbec nutné pasivní dům vytápět, protože slunce přes den poskytne okny dostatek tepla i pro mrazivé noci. V létě je zas možné rozvody využít pro chlazení, do systému se pouze doplní chladič (postačí jeden pro běžný dům). Výhoda pasivního domu spočívá i v tom, že vytápět takto postačí pouze obytné místnosti a koupelny. Menší místnosti včetně toalet mají zpravidla natolik malé tepelné ztráty, že instalace topení v nich nemá smysl. Na druhou stranu v domě nízkoenergetickém teplovzdušné vytápění natolik výhodné být nemusí. Je tu totiž háček v tom, že dopravovaná vzduchová množství musí být daleko vyšší, což může způsobovat hluk. Vzduch je v nízkoenergetickém domě zpravidla nezbytné dopravit až k oknům, aby se zabránilo rosení za velkých mrazů. V pasivním domě se řešit tento problém nemusí, protože velmi kvalitní okna, která jsou podmínkou pasivního domu, mají vysokou povrchovou teplotu (obvykle vyšší než zdi v běžném domě). Oproti pasivnímu domu, kde tedy tepelné ztráty z větší části pokryjí solární zisky otvorovými výplněmi, vnitřní tepelné zisky z přítomnosti osob a provozu domácích spotřebičů a zbývající tepelnou energii dodá systému řízeného větrání, potřebuje nízkoenergetický dům klasickou otopnou soustavu.

- **Rozdíl číslo 4 – tepelné izolace**

Kvalitní tepelně izolační vrstva je základním předpokladem pro funkčnost nízkoenergetického i pasivního domu. Přesto i zde najdeme rozdíl. Stavební konstrukce pasivního domu mají obvykle silnější vrstvu, jsou použité jiné otvorové výplně než u nízkoenergetických domů.



**Obrázek 5 :** Řez izolačními vrstvami obvodové stěny pasivního domu



**Zdroj:** [www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz)

- **Rozdíl číslo 5 – projekt**

Rozdíly můžeme najít už ve fázi projektu. Klíčem k úspěšnému vytvoření pasivního domu je totiž přípravná fáze. Vše je závislé na kvalitním návrhu domu, který je tvořen pomocí softwaru určeného pro navrhování a optimalizaci pasivních domů včetně zhodnocení místních klimatických podmínek. Jinak není možné např. správně nadimenzovat otopný a klimatizační systém. Na detailní přípravu ve fázi projektu pak navazuje důkladnější dozor ve fázi stavby. Velkou roli při navrhování hrají možnosti dostupného pozemku, případné zastínění okolním terénem a výstavbou či možnosti využití solárních zisků - orientace většiny oken, které by měly směřovat na jih. Důležitý je také kompaktní tvar objektu. „*Pouhým otočením domu může vzrůst spotřeba tepla na vytápění až na dvojnásobek, tedy na téměř na 30 kWh/m<sup>2</sup> za rok, čímž se ze stejného domu stane dům nízkoenergetický. Málokdy jsou ovšem podmínky naprosto ideální a proto je vždy vhodné orientaci oken v pasivním domě přizpůsobit místním podmínkám. Umístit např. některá okna tak, aby nabízela výhled do krajiny, propojit interiéru se zahradou apod., i když nebudou orientovaná na jih,*“ říká Ing. arch. Ivan Kraus. Navrhnout kvalitní pasivní dům není lehká záležitost. Na druhou stranu nízkoenergetický dům může být bez problémů klidně typový dům na klíč. Dosáhnout nízkoenergetického standardu lze i rekonstrukcí staršího domu, což u pasivního domu jde jen ojediněle – při mimořádně příznivých podmínkách.

- **Rozdíl číslo 6 – teplotní rozdíly uvnitř domu**

Pokud zamýšlíte mít v pasivním domě chladnější místnost (spíž) pro uchovávání potravin, nebude to úplně tak jednoduché. Teplotní rozdíly mezi místnostmi uvnitř obálky pasivního domu nejsou větší, než cca 3 – 4 °C. Potraviny, které vyžadují skladování v chladu tak musíte mít v lednici, příp. v místnosti mimo tepelnou obálku (např. sklep, přístavek). V nízkoenergetickém domě se tento problém řešit nemusí, protože teplota v jednotlivých místnostech je stále ještě dost závislá na vytápění.

- **Rozdíl číslo 7 – komfort**

Každý, kdo staví dům, netouží jen „bydlet ve vlastním“ domě, ale také v útulném a příjemném prostředí s odpovídajícím vnitřním komfortem. Optimální teplota a čistý vzduch jsou v tomto ohledu jedním ze základních požadavků.

*„Pasivní dům poskytuje nejvyšší komfort ze všech forem výstavby, a to i oproti domu nízkoenergetickému. Klima v pasivním domě je celoročně jako v běžném domě na přelomu jara a léta. Pasivní dům poskytuje dokonce i vyšší komfort než nízkoenergetický dům s celoplošně instalovaným podlahovým vytápěním, které je známé velkou tepelnou setrvačností, která za slunečných dnů způsobuje u jižně orientovaných místností přehřívání,“* říká Ing. Arch. Ivan Kraus. (TYWONIAK b))

### **3.3 Hlavní zásady výstavby**

Základní kámen pasivního domu je promyšlený návrh. Použitím sebelepších prvků samo o sobě pasivní dům nevytvoříme. Vyladěním projektu v počáteční fázi můžeme ovlivnit cenu domu, provoz i jeho funkčnost za co nejmenší peníze. Je zde proto nezbytná optimalizace všech prvků, jako jsou velikost a tvar budovy, orientace ke světovým stranám, konstrukční řešení, vnitřní dispozice, velikosti a umístění oken a v neposlední řadě větrání a vytápění. Nedodržení základních zásad návrhu - kompaktní tvar či orientace prosklení - může zbytečně zmařit snahu o dosažení pasivního standardu. Navrhování objektů v pasivním standardu by mělo být samozřejmostí stejně, jako se do auta navrhují bezpečnostní prvky. Nejdůležitější je kvalitní tepelná izolace celého vnějšího pláště budovy (stěny, strop pod nevytápěnou půdou nebo střecha a podlaha na terénu nebo nad sklepem), která nám zaručí minimální spotřeby tepla. Izolovány musí být nejen venkovní zdi, ale i vnitřní konstrukce mezi vytápěným a nevytápěným prostorem (např. garáž nebo komora). Jde o to, nepustit skoro žádné teplo ven a přitom co nejefektivněji využít tepelné zisky, které

jsou k dispozici. Tím můžeme dosáhnout výrazného snížení výkonu zdroje tepla, celkové závislosti objektu na dodávkách energie i objemu technologií. Jednoduše řečeno, malé tepelné ztráty pasivního domu lze pokrýt prakticky čímkoliv. Radikální snížení potřeby tepla na vytápění u pasivních domů je výsledkem mimořádně kvalitního zateplení bez tepelných mostů. V době vzrůstajících nároků na kvalitu bydlení přináší precizně odizolované konstrukce, na rozdíl od běžných staveb s chladnějšími vnitřními povrchy, výtečnou tepelnou pohodu prostředí. Okna s izolovanými rámy a trojsklem jsou v pasivním domě jakýmsi „radiátorem“, který se výrazně podílí na vytápění domácnosti. Proto je důležité okna správně navrhnout. (REINBERG)

### 3.3.1 Izolace

Celý obal domu musí být dobře izolovaný, z pohledu současné běžné výstavby až nadmíru. Přesná tloušťka izolační vrstvy se určuje výpočtem, běžně se však pohybuje kolem 30 cm izolace u stěn. V konstrukci střechy může být až 40 cm. Stejně dobře je nutné izolovat i podlahu k zemině nebo suterénu. Aby izolace plnila svůj účel, musí být provedena bez přerušení, spár a zbytečných prostupů, které by vytvářely tepelné mosty. Na tloušťce izolace se nevyplatí šetřit, protože izolace samotná je levná a na ceně stavby se navýšení její tloušťky projeví minimálně. Je to dáno tím, že všechny ostatní položky, jako jsou omítka, lepidla, barva, stavba lešení a práce s tím spojená, zůstávají stejné. Při stavbě pasivního domu lze použít všechny běžně dostupné typy konstrukčních systémů, které však musí zabezpečit dostatečný odpor prostupu tepla (doporučované hodnoty součinitele prostupu tepla jsou uvedeny v tabulce).

**Tabulka 1** : Hodnoty prostupu tepla

| Typ konstrukce    | Požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla U konstrukcí [W/(m <sup>2</sup> .K)] | Hodnota U konstrukcí pro pasivní domy [W/(m <sup>2</sup> .K)] |
|-------------------|--|---|
| Obvodová stěna    | 0,30   | 0,10–0,15   |
| Střecha           | 0,24   | 0,08–0,12   |
| Podlaha na terénu | 0,45   | 0,12–0,15   |
| Okna              | 1,5  | 0,8   |

**Zdroj:** [www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz)

Vhodných typů obvodových konstrukcí pro pasivní domy je mnoho: masivní konstrukce zděná nebo betonová, dřevostavby, které lze rozdělit například na prefabrikované a montované. Výhodou masivních konstrukcí je větší schopnost akumulace tepla, u dřevostaveb zase menší tloušťka stěn a také rychlejší průběh výstavby s menší pracností. Obecná zásada však platí pro všechny konstrukční systémy stejně: co nejmenší tloušťka konstrukce, při dosažení požadovaných izolačních vlastností. U zděných staveb je proto výhodnější používat co nejtenčí nosnou stěnu a k ní přidat dostatečnou tloušťku izolace. Tento základní výběr materiálu stěn značně ovlivní ekonomii stavby. Každý ušetřený metr čtvereční zastavěné plochy je díky tenčí konstrukci stěny výraznou úsporou nákladů. Z výše uvedených důvodů není ekonomicky výhodné použití zdiva z keramických či pórobetonových tvárnic o tloušťce větší než 30 cm. I když lze i tímto způsobem postavit pasivní dům, po zateplení je výsledná tloušťka stěny zbytečně velká a samotný systém je cenově neefektivní. Stěny z pevných materiálů jako vápenopískové bloky nebo beton umožňují dosáhnout subtilní nosné konstrukce o tloušťce i pod 20 cm a po obložení vnější vrstvy zateplení, nepřesáhne celková tloušťka stěny 50 cm. Jako tepelnou izolaci je možné bez větších problémů použít všechny běžně dostupné izolační materiály (polystyren, minerální vlna) nebo jejich přírodní alternativy (foukaná celulóza, dřevovláknité desky, lněné a konopné izolace, sláma nebo ovčí vlna). Na specifické části stavby je v současné době dostupná i vakuová izolace s podstatně nižšími hodnotami tepelné vodivosti, která je však dražší. (NOVÁK,P)

### 3.3.2 Výplně otvorů

Okna u pasivních domů musí splňovat kromě funkčních a estetických nároků také nároky energetické. Protože jsou okna běžně asi skoro pětkrát tepelně slabší než obvodové konstrukce, tvoří u pasivního domu nejslabší prvek. Okna jsou ale zdrojem solárních zisků, a proto, při optimalizovaném návrhu, jsou okna v topné sezóně celkově zisková – tedy zisky jsou větší než ztráty. Aby toto stavební inženýr mohl zaručit, musí okna pro pasivní domy splňovat několik podmínek:

- UW hodnota celého okna včetně rámu menší než  $0,80 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$ ,
- zasklení s trojskly vyplněné vzácným plynem, běžně dosahuje hodnotu  $U_g < 0,6 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$  s vysokou propustností slunečního záření nad 50 %,
- minimalizovány tepelné mosty v místě osazení okna do stěny – řeší se umístěním okna do vrstvy tepelné izolace a použitím kvalitních izolovaných rámu.

Okna v pasivním domě jsou něco jako sluneční kolektor. Pasivní solární zisky tvoří významný podíl k pokrytí potřeby tepla na vytápění, přibližně třetinový i více. Proto je důležitá vhodná orientace, velikost a kvalita prosklení. Pro hlavní prosklené plochy je ideální jižní případně jihovýchodní či jihozápadní orientace, v ostatních fasádách by pak mělo být oken co nejméně. Častou otázkou je vhodná plocha zasklení. Úspory energie díky solárním ziskům okny rostou přibližně do 30–40 % prosklené plochy v jižní fasádě. Další zvětšování oken již nevede k významným úsporám, spíše naopak. Navíc dochází k výraznému přehřívání interiéru kvůli přebytkům slunečního tepla. K dosažení potřebného letního komfortu, je u velkých prosklených ploch zapotřebí zvolit vhodné stínění, například horizontální přesahy (obr. 7) nebo venkovními žaluziemi, které jsou samozřejmě finančně náročnější. (NOVÁK,P)

**Obrázek 6 :** Správné funkční umístění oken



**Zdroj:** [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

### 3.3.3 Neprůvzdušnost

Jednou z podmínek pasivního domu je vysoká míra utěsnění obálky domu. Není třeba se bát, že dům nebude „dýchat“. Dům správně nemá dýchat přes konstrukce, ale potřebnou výměnu vzduchu má zabezpečovat dostatečný větrací systém. Malými otvory a různými netěsnostmi v obálce budovy, uniká teplo současně s vlhkostí a vzniká nebezpečí, že vnitřní vlhkost zkondenzuje uvnitř konstrukce, která může být tímto poškozena. Netěsnost obálky současně ovlivňuje i efektivitu zpětného zisku tepla větracího systému. Vzduch se vyměňuje netěsnostmi místo toho, aby procházel rekuperačním výměníkem. Proto už ve fázi projektování je nezbytně nutné navrhnout v celém objektu spojitou vzduchotěsnou obálku bez zbytečného přerušení. Při realizaci je zase důležitá detailní stavební dokumentace a důkladný stavební dozor.

U masivnějších staveb je vzduchotěsnost stěn zajištěna vrstvou omítky bez prasklin. U dřevostaveb plní tuto funkci desky – např. OSB (z lisovaných štěpek) nebo folie se spoji přelepěnými speciálními páskami. Stejně důležitá je důkladná kontrola těsnosti oken a všech napojení a prostupů konstrukcí. Pouhé vyplnění spár PUR pěnou nestačí, místa styků různých konstrukcí, nejen oken, je nutné utěsnit vhodnou páskou, tmelem nebo fólií. Ke kontrole, zda je stavba správně utěsněná, se provádí tzv. zkouška těsnosti, čili Blower-door test. Princip je jednoduchý: ventilátor umístěný ve dveřním nebo okenním otvoru vytváří podtlak nebo přetlak a současně se provádí měření. Výsledkem je hodnota objemu vyměněného vzduchu za hodinu n50. Hodnota n50 musí být menší než  $0,6 \text{ h}^{-1}$ . To znamená, že při stejném tlakovém rozdílu 50 Pa by se netěsnostmi nemělo za hodinu vyměnit více, než 60 % celého objemu vzduchu v objektu. Zkouška se provádí v době, kdy je vzduchotěsná vrstva přístupná opravám, například před montáží snížených podhledů a podlah, aby bylo možné jednoduše najít a opravit netěsná místa. V opačném případě je hledání a oprava netěsností složitá a neúměrně nákladná. (TYWONIAK a))

**Obrázek 7 :** Zobrazení těsnosti obálky domu v řezu



**Zdroj:** [www.pasivnidomy.cz](http://www.pasivnidomy.cz)

### 3.3.4 Větrání

Nedostatečné větrání obytných prostor bývá častým problémem. Uživatelům se nechce v zimním období pouštět do domu chladný vzduch nebo jim vadí průvan či hluk. U pasivního domu se stará o potřebnou výměnu vzduchu systém řízeného větrání se zpětným ziskem tepla z odpadního vzduchu (tzv. rekuperací). Více se dozvíte v kapitole č. 6, ve které se věnuji tomuto tématu.

### 3.3.5 Zdroje tepla a příprava teplé vody

Pasivní dům má tak nízké tepelné ztráty, že zdrojem tepla může být v podstatě cokoliv. Jak potvrdily výpočty a samozřejmě i praktické zkušenosti, že i během nejchladnějších období se tepelné ztráty pohybují v rozmezí 10 až 15 W/m<sup>2</sup>. Pro vytápění místnosti o ploše 15 m<sup>2</sup> pak stačí výkon zdroje přibližně 200 W. To je výkon odpovídající dvěma stowattovým žárovkám. Je to tak málo, že v celoroční bilanci je významnější příprava teplé vody než vytápění domu. Výhodou je o dost nižší potřebný výkon zdroje tepla i otopné soustavy.

Dle místních podmínek a přání investora lze u pasivního domu využít více možností zdrojů tepla. Přímým odběrem elektřiny ze sítě je možné dosáhnout nejnižších pořizovacích nákladů, avšak za cenu vyšších provozních nákladů s nejistým dalším vývojem cen. Ve většině případů se používá kotel na pevná paliva (např. pelety nebo kusové dřevo) či plynový kotel ve spojení se zásobníkem tepla. Solární kolektory mohou tvořit vhodný doplněk levného zdroje tepla pro ohřev teplé vody. Také miniaturní tepelná čerpadla tvoří velice zajímavý zdroj a levné provozní náklady. Vzhledem k nižšímu potřebnému topnému výkonu pro dohřívání vzduchu, než je výkon potřebný k ohřevu vody, dimenzuje se zdroj tepla současně na základě požadavků na přípravu teplé vody a kompenzaci tepelných ztrát. Zásobník teplé vody je zpravidla využitý na 100 % pouze několikrát za den. Proto po většinu času může být využit pro dohřívání vzduchu. Integrovaný zásobník tepla, který se nejčastěji používá, spojuje více možností dohromady. Připojení více zdrojů v průběhu celého roku (solárních kolektorů, krbových kamínek, plynové kotle), tedy funkci akumulací nádrže a současně více odběrů (topení nebo teplovzdušné vytápění, teplovodní žebřík, ohřev teplé vody a jiné) lze uskutečnit. Pro přípravu teplé vody je možné použít kromě klasických způsobů i celou řadu alternativních zdrojů energie, včetně obnovitelných zdrojů, jako např. solární energii, biomasu a jiné. Použití obnovitelných zdrojů výrazně snižuje spotřebu primární energie a závislost na dodávkách energie a je proto v pasivních domech ideálním řešením. Podrobněji se těmto tématům věnuji v kapitolách 5, 7 a 8.

### 3.3.6 Spotřebiče

Kvůli velmi nízké spotřebě energie k vytápění a přípravě teplé vody roste podíl spotřebičů na celkové energetické náročnosti budov. Díky moderním a úsporným spotřebičům lze spotřebu elektřiny výrazně snížit. Je ovšem nutné dodržet základní principy při výběru a plánování spotřebičů:

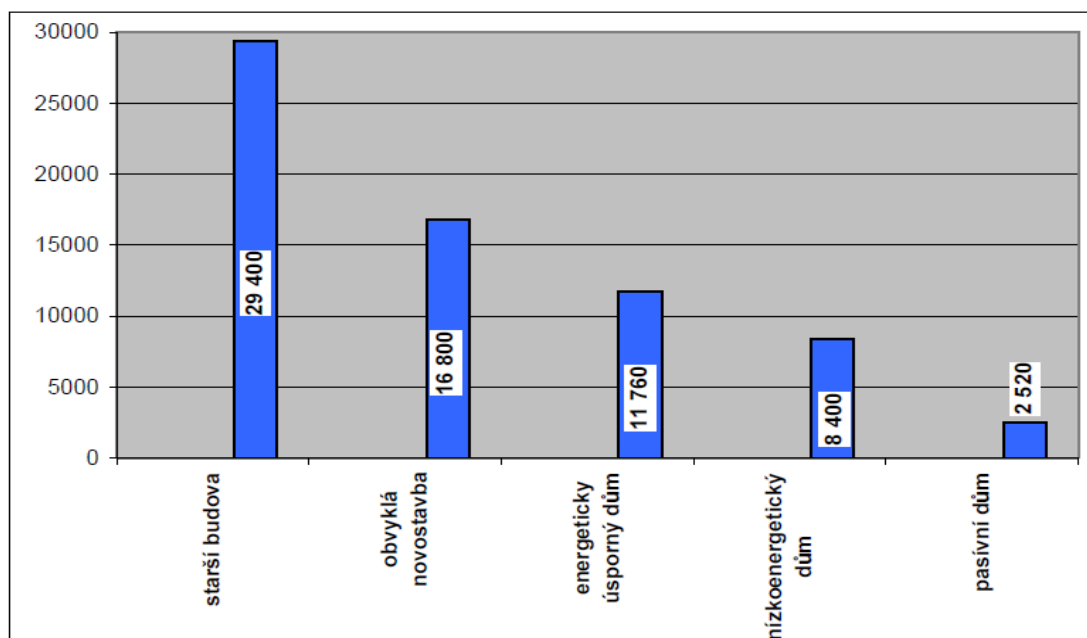
- nejdůležitější je výběr vhodných spotřebičů (s třídou účinnosti A+ a lepší), to samé platí při výběru domovní techniky (čerpadla, ventilátory),
- použití úsporných zářivek k osvětlení (úspora 70–80 %) při plánování dávat pozor na zařízení, které neustále spotřebovávají elektřinu (i když v malém množství) – domovní telefon, bezdrátový telefon, spotřebiče v pohotovostním režimu,
- v případě efektivního zdroje tepla na ohřev vody pak připojení myčky nádobí a pračky na přívod teplé vody snižuje spotřebu elektřiny potřebné k ohřevu vody ve spotřebiči.

### 3.4 Náklady

Nejčastější otázkou je: „A o kolik je ten pasivní dům dražší?“ Pasivní dům je dražší a to z důvodu použití kvalitnějších materiálů, komponentů a větší preciznosti ve fázi návrhu a při samotné realizaci. Rozdíl nákladů se však pohybuje jen mezi 5 až 15 % oproti běžným stavbám. Zbytečně drahé pasivní domy jsou většinou dílem projektantů, kteří z nezkušenosti navrhují složitá řešení. Certifikovaní projektanti jsou schopni navrhnout jednoduché a levné řešení. „Vyplatí se pořídit si pasivní dům, i když je dražší?“ Dům se nestaví na pět ani deset let a každý, kdo se alespoň trochu dívá do budoucna, přijde na to, že tu jiná možnost není. Vše se uchyluje k energetickým úsporám a připočteme-li k tomu fakt, že pasivní dům poskytuje vysoce komfortní a zdravé bydlení, tak se určitě vyplatí. Díky povinnosti dokladovat tzv. Průkaz energetické náročnosti budov při stavbě, prodeji i pronájmu, se domy na trhu nemovitostí budou prodávat i podle toho, jakou mají spotřebu energie a co uživatelé poskytují. Je zřejmé, že pasivní domy si budou držet svou cenu mnohem déle než běžné domy. V neposlední řadě také nabízí určitou jistotu a nezávislost do doby, kdy není jasný vývoj ceny energií. Je ale více než pravděpodobné, že ceny porostou. (TYWONIAK b))



**Obrázek 8 :** Graf porovnání nákladů na vytápění v Kč



**Zdroj:** [www.ekobydleni.eu](http://www.ekobydleni.eu)

### 3.5 Legislativa

Spotřeba energie v obytných domech tvoří totiž téměř 40% celkové spotřeby energie v rámci EU a je tak jedním z největších zdrojů emisí. Toto množství spotřebovávané energie v obytných domech může být výrazně sníženo jednoduchými opatřeními, jako jsou například renovace či zateplení existujících budov či výměna některých stavebních komponentů (okna, dveře). Až 80 % úspory energie potom přináší právě výstavba nových pasivních domů. Nová směrnice o energetické náročnosti budov totiž požaduje, aby počínaje rokem 2020 byly nové budovy v zemích EU téměř energeticky nulové, což splňují především pasivní domy, které mají minimální spotřebu energie na vytápění či ohřev vody. Na stavby zahájené do roku 2020 se toto opatření nevztahuje.

Pro nízkoenergetické domy platí stejné předpisy, jako pro běžnou výstavbu. Doporučení pro parametry nízkoenergetických domů lze najít v ČSN 73 0540. Splnění určitých hodnot může být i jedním z kritérií ve smlouvě mezi investorem a stavební firmou. Může to být i energetická náročnost budovy, kterou definuje vyhláška č. 148/2007 Sb. K zákonu o hospodaření energií č. 406/2000 Sb. a lze ji doložit průkazem energetické náročnosti budovy zpracovaným energetickým auditorem nebo autorizovaným inženýrem ve výstavbě s oprávněním k této činnosti. S účinností od 1. 1. 2009 je tento průkaz povinným dokladem u novostaveb.

### 3.6 Zelená úsporám

Jednorázovou fixní dotaci mohou získat také stavebníci, kteří svůj dům postaví v nízkoenergetickém standardu. Požadavky jsou poměrně přísné, pro získání dotace na výstavbu domů musí dům splňovat několik podmínek. Mezi ně patří hlavně nízká měrná roční spotřeba tepla na vytápění (menší než 20 resp. 15 kWh/m<sup>2</sup>.rok), průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy menší než 0,22 W/m<sup>2</sup>.K. Dům musí mít instalován větrací systém s rekuperací tepla a majitel musí také doložit protokol o absolvovaném blower-door testu. Prakticky jde o podporu výstavby rodinných domů v pasivním standardu.

**Tabulka 2** : Hodnoty parametrů a max. výše dotací

| <b>Maximální výše dotací</b>                      | <b>400 000 Kč</b>               | <b>550 000 Kč</b>               |
|---|---------------------------------|---------------------------------|
| Měrná roční spotřeba tepla na vytápění            | max. 20 kWh/m <sup>2</sup> .rok | max. 15 kWh/m <sup>2</sup> .rok |
| Průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy | max. 0,22 W/m <sup>2</sup> .K   | max. 0,22 W/m <sup>2</sup> .K   |

Zdroj: [www.jaknazelenou.cz](http://www.jaknazelenou.cz)

## 4 HOSPODAŘENÍ S DEŠŤOVOU VODOU A JEJÍ VYUŽITÍ V RODINNÝCH DOMECH A ZÁSTAVBĚ

### 4.1 Akumulace

Akumulací se rozumí zadržení vody v nádržích a jejím následným využitím. Nádrže rozdělujeme podle charakteru umístění na nadzemní a podzemní. Dříve se využívalo spíše nadzemních nádrží u rodinných domů. Každý si určitě vybaví několik sudů s dešťovou vodou pod vyústěním okapu. Jde o nenákladnou akumulaci dešťové vody. Časem se ale přešlo na podzemní nádrže, protože se kladl větší důraz na hygienické požadavky pro využití dešťové vody. Dále také šlo o to, že provoz nadzemních nádrží byl možný jen v měsících, kdy teplota neklesá k 0°C. V zimě se musely tyto nádrže vypouštět a jejich provoz byl tedy omezen. Z těchto důvodů se přešlo na podzemní nádrže, které umožňují celoroční provoz s lepšími podmínkami pro akumulovanou vodu, ale jsou dražší kvůli zemním pracím. Nádrže jsou velkoobjemové pohybující se od stovek do tisíců litrů.(LHOTÁKOVÁ 2011 a))

## 4.2 Vsakování

Vsakování se používá všude tam, kde pro investora není akumulace vody zajímavá. U každé stavby musí být proveden geologický průzkum, kterým se zhodnotí, jak moc se dají srážkové vody vsáknout na daném podloží. Podrobnější informace, jako rozsah, způsob a výstupy pro vsakování stanoví ČSN 75 9010. Tímto jsou připravené podklady pro posouzení celé lokality z hlediska vhodnosti vsakování. To zahrnuje nejen propustnost zeminy, ale také její sklonitost, vliv vsakovacích zařízení na okolní zástavbu, komunikace a také hladinu podzemní vody, kterou můžou okolní domy jímat pomocí studní jako vodu pitnou. Proto můžeme vsakovat přímo jen ty vody, které nemají vliv na jakost podzemních vod. Vody získané z parkovišť, pracovních plošin, letišť a dalších jiných ploch, kde se vyskytují možnosti syntetického znečištění, lze vsakovat až po vhodném přečištění.

Stejně jako akumulace, tak i vsakování se rozděluje na nadzemní a podzemní. Do nadzemních řadíme průlehy, nádrže a uměle vytvořené vodní plochy. Mezi podzemní zařízení patří uměle vytvořené rýhy a podzemní prostory, které jsou vyplněny štěrkem, plastovými bloky, ale i vsakovací šachty a příslušný tunelový systém. (PÍREK 2013)

**Obrázek 9:** Plastový blok pro vsakování a retenci.



**Zdroj:** [www.ronn.cz](http://www.ronn.cz)

Malé objekty jako rodinné domy, využívají drenážního potrubí, které má štěrkopískový obsyp. Potrubí musí být perforované a opatřené netkaným textilovým obalem, kvůli zanášení potrubí drobnými částicemi nečistot. Potrubní systém musí mít revizní šachty stejně jako splašková kanalizace, které slouží pro čištění a kontrolu. Novinkou jsou vsakovací tunely, které mají větší akumulaci schopnost než štěrk a mají lepší uplatnění během přívalových dešťů.

Větší objekty jako jsou haly nebo obchodní domy hypermarketů a jejich přidružené parkovací plochy lze realizovat pomocí štěrkových žeber s drenážním potrubím větších

rozměrů světlého průměru (DN 250). Další a častější možností je zřízení vsakovacích bloků, které na sebe navazují a vytvářejí tak velkou podzemní nádrž, která nemá hydroizolaci a regulovaně odpouští dešťovou vodu. U velkých parkovišť musí být zřízen odlučovač lehkých kapalin. (VALÁŠEK 1990)

### **4.3 Retence**

Retence se uplatňuje v případech, kdy nevhodné hydrogeologické a jiné podmínky nedovolují vsakování a je nutný regulovaný odtok. Pro tento problém je nejlepším řešením zřízení akumulacních boxů, které na sebe navazují stejně jako pro vsakování, ale s tím rozdílem, že nyní tuto nádrž opatříme hydroizolací a napojíme šachtu se škrticím ventilem pro regulovatelný odtok. Velikost nádrže se opět stanoví odvodňovanou plochou. Každá nádrž musí mít bezpečnostní přelivný odtok napojený buď na kanalizaci, nebo do recipientu a také musí mít odvzdušnění. Dále je důležitou součástí revizní otvor. Pokud je v okolí odvodňování stavby místo a majetkoprávní vztahy nám to dovolí, můžeme budovat nádrže povrchové a tím zlepšit evapotranspiraci dané lokality. (VÍTEK 2011)

### **4.4 Zařízení k hospodaření s dešťovou vodou**

Zařízení a systémy HDV jsou nápomocné k lepšímu vlivu koloběhu vody v urbanizovaném území. Použití různých objektů, záleží na různých podmínkách daného místa, které byly již zmíněny. (LHOTÁKOVÁ 2011 b))

#### **4.4.1 Plošné vsakování**

Tento způsob zasakování, kdy je dešťová voda bez jakékoliv retence odváděna přímo na zatravněnou plochu nebo na plochu upravenou pro možnost přímého vsakování na místě. S přihlédnutím faktu, že trávobetonové tvárnice nebo dlažby s mezerami mají krátkodobou zasakovací schopnost, se tento způsob odvodnění čím dál tím méně vnímá jako plošné zasakování. (LHOTÁKOVÁ 2011 b)

**Obrázek 10:** Příklad ekologické dlažby (možnost vyplnění štěrčkem nebo trávou)

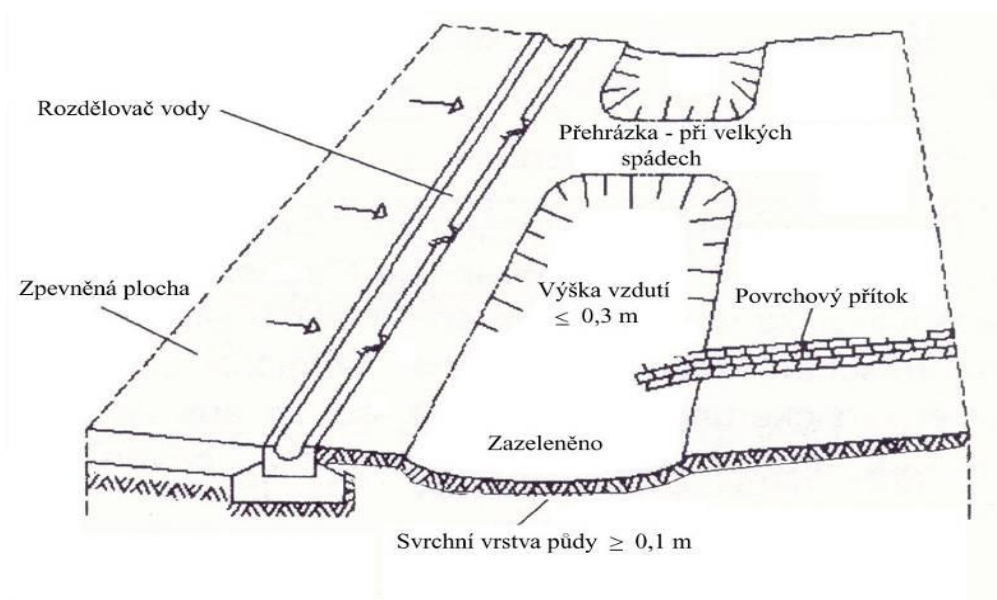


**Zdroj:** [www.bydleni-iq.cz](http://www.bydleni-iq.cz)

#### 4.4.2 Vsakovací průleh

Vsakovací průleh je mělký a široký travní pás, parabolického tvaru. Výška vzdutí zadržené vody by neměla přesáhnout 30 cm. Průlehy uplatňujeme v místech, kde není možné použít plošné zasakování z nedostatku prostoru. Pro rovnoměrné vsakování se dna navrhuje vodorovná. Mělo by v nich docházet jen ke krátkodobému zadržení vody. Přelivy ze zpevněných ploch, které zaústějí do průlehů, by měly být také rovnoměrné. Pokud je napouštěn soustředěným povrchovým přítokem, musí se použít opevnění v místě přítoku. (PÍREK 2013)

**Obrázek 11:** Schématický řez vsakovacího průlehu



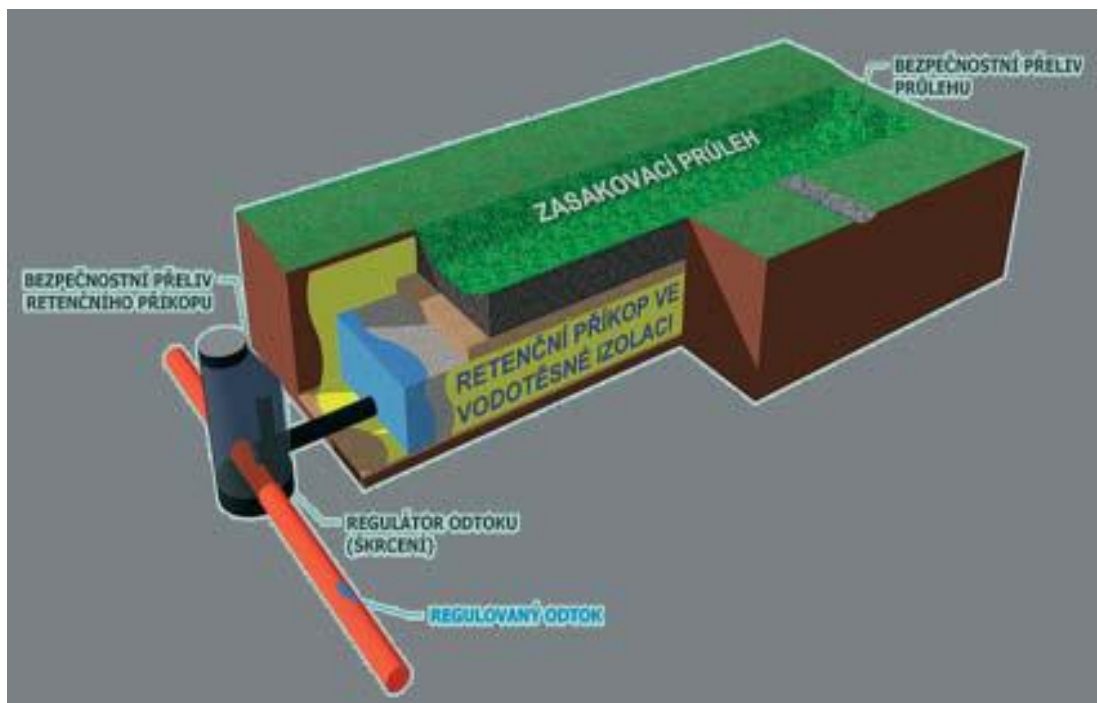
**Zdroj:** [www.asio.cz](http://www.asio.cz)



### 4.4.3 Vsakovací systém průleh - rýha

System průleh - rýha je použití obou prvků, kdy pod průlehem je vybudovaná rýha, vyplněná štěrkovým materiálem. Buduje se všude tam, kde se musí vyvážit malá vsakovací schopnost půdy, zvýšenou infiltrační plochou. Tím se zvýší infiltrace do propustnějších vrstev půdy a retenční objem celého zařízení se zvýší. Vegetační pokryv zůstává a tím i předčištění dešťového odtoku. Je to důmyslný systém o dvou samostatných retenčních prostorech s vlastními režimy plnění a prázdnění. Ovlivňují tak vsakovací schopnosti a srážkoodtokový proces. Každá část má určitou velikost dle upotřebení, které převažuje. Průleh zajišťuje procesy retence, vsakování a čištění. Rýha má funkci retenční a infiltrační. Téměř na dně rýhy je umístěné perforované potrubí, které je ukončené sběrnou šachtou a z ní je pak zajištěn odvod buď do vodoteče, nebo do kanalizace. System průleh - rýha může být zapojen paralelně nebo sériově, přičemž lepší bezpečnost má systém paralelní. (VÍTEK 2008)

**Obrázek 12:** Vsakovací průleh s retenčním příkopem



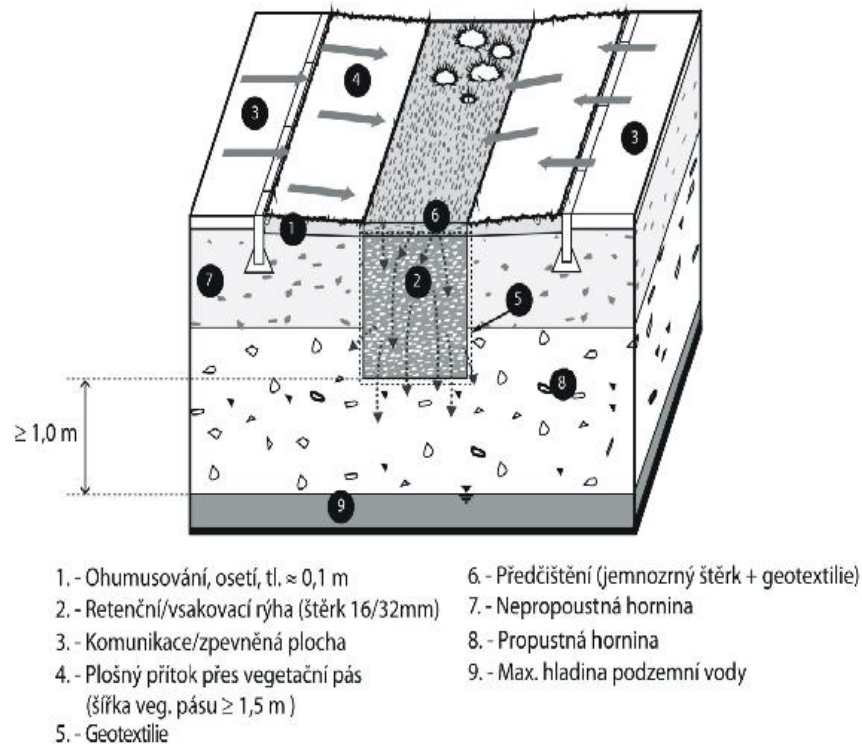
**Zdroj:** (VÍTEK 2008)

### 4.4.4 Vsakovací rýha (příkop)

Vsakovací rýhu používáme tam, kde není prostor pro povrchové vsakování. Je to hloubený objekt, do něhož se přivádí dešťová voda povrchově a jehož prostor je vyplněn propustným materiálem (štěrk, plastové bloky). Oboje řešení využívá retence a následného

zasakování do podloží. Alternativní možností přívodu vody je přívod perforovaným potrubím na dně rýhy, napojený na dešťové svody. (PÍREK 2013)

**Obrázek 13:** Schématický řez rýhou

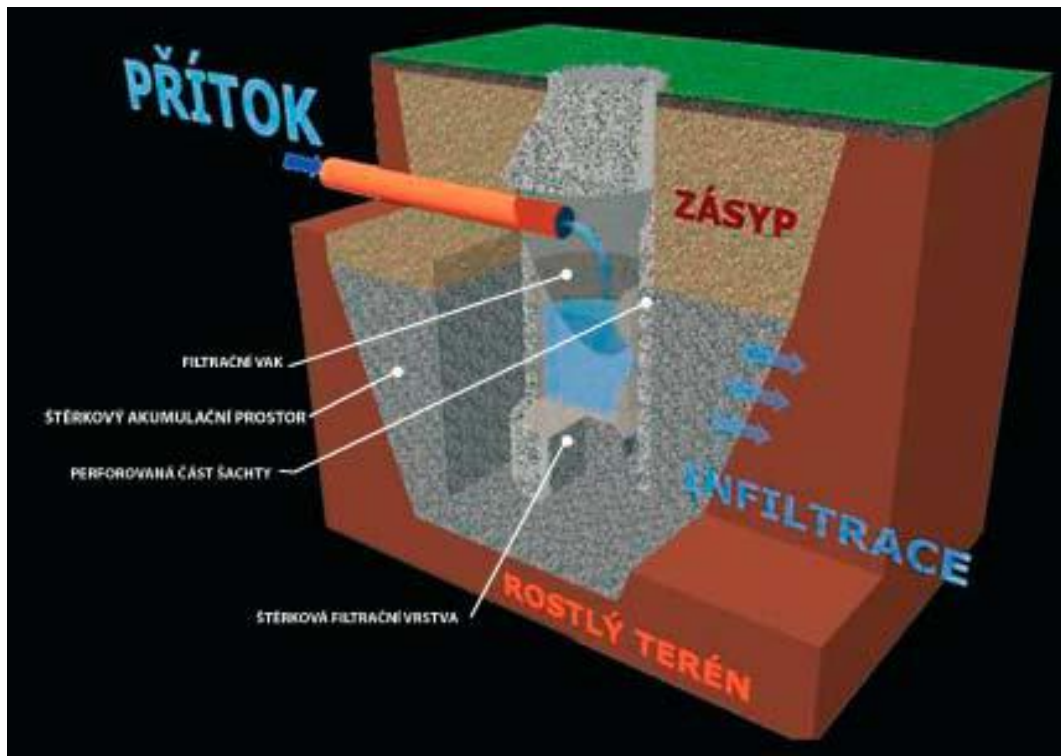


**Zdroj:** www.asio.cz

#### 4.4.5 Vsakovací šachta

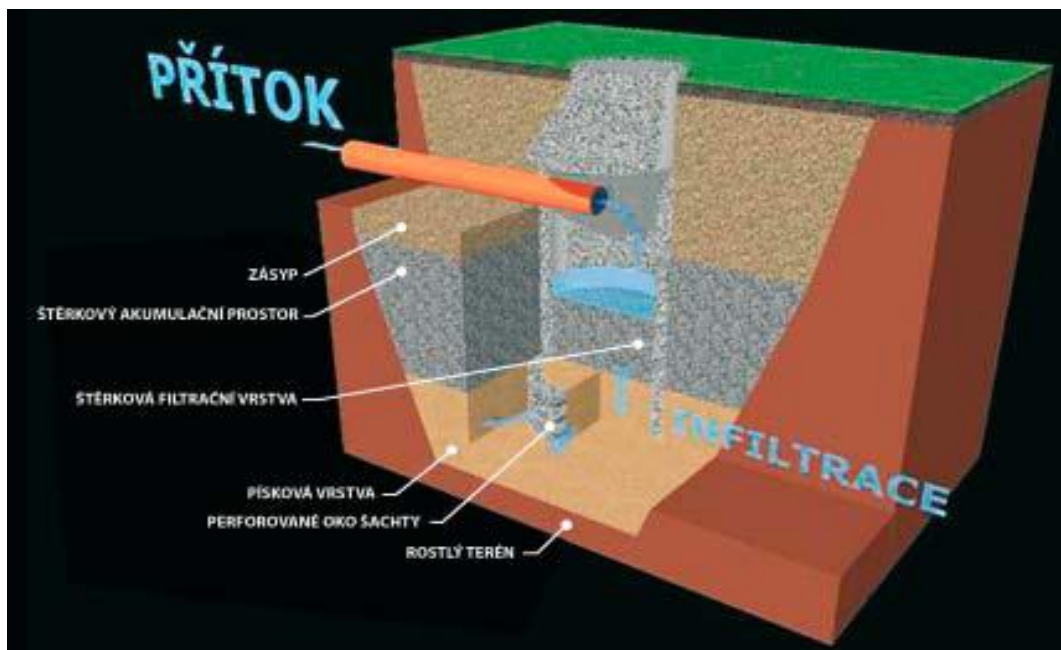
Vsakovací šachty se využívají k lokálnímu vsakování do zemin vhodných podmínek. Neměly by zasahovat do vrstev s malou propustností, které dobře chrání podzemní vody. Výška mezi filtrační vrstvou a úrovní středního maxima hladiny podzemní vody by měla být minimálně 1 - 1,5 m. V zásadě můžeme rozlišit 2 stavební typy vsakovacích šachet. Šachta typu A (obr. 15) má skruže nad filtrační vrstvou a u dna boční perforaci. Pro lepší a účinnější ochranu spodních vod a udržení vsakovací schopnosti se vkládá do šachty filtrační vak. Ve filtračním vaku se zachycují odfiltrované a usazené látky z dešťového odtoku. Šachta typu B (obr. 16) má perforované skruže pod filtrační vrstvou, kde probíhá filtrování čistě přes filtrační vrstvu. Filtrační vrstvou se doporučuje dát písek s obsahem vápence. Usazené a odfiltrované částice se zachycují na povrchu filtrační vrstvy. Šachty jsou stavěny z betonových skruží minimální světlosti DN 1000. (VÍTEK 2008)

Obrázek 14: Vsakovací šachta typu A



Zdroj: (VÍTEK 2008)

Obrázek 15: Vsakovací šachta typu B



Zdroj: (VÍTEK 2008)



#### 4.4.6 Vsakovací nádrž (suchý poldr)

Vsakovací nádrže se budují za funkcí výrazné retence. Slouží k zachycení povodňových průtoků. Nádrž můžeme zřídit tam, kde je poměr mezi připojenou nepropustnou plochou a plochou pro vsakování větší než 15. Je důležité předem udělat hydrogeologický průzkum z hlediska vsakovacího výkonu nádrže. Nesdílňou součástí suché nádrže bývá i sedimentační komora. (ZEVENBERGEN et. al. 2011)

**Obrázek 16:** Suchý poldr Brno - Kohutovice s řízeným odtokem do kanalizace



**Zdroj:** [www.eagri.cz](http://www.eagri.cz)

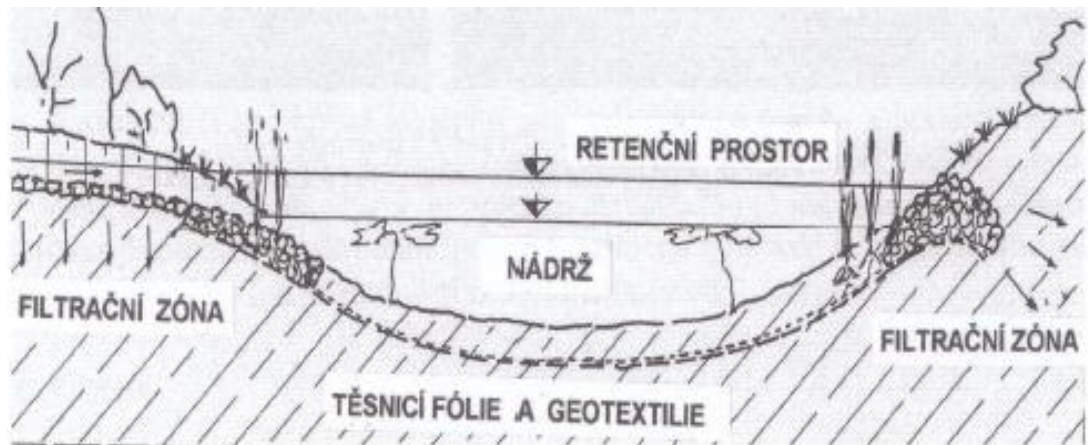
#### 4.4.7 Podzemní retenční a vsakovací nádrže (plastové bloky)

Tyto objekty jsou stavěny ve formě šachet, prefabrikovaných bloků či betonových konstrukcí. Využívají se v lokalitách s omezeným prostorem a nízkými nároky na čištění dešťového odtoku. Jejich výhodou je, že nezabírají místo na pozemku, protože jsou budovány pod ním. (ZEVENBERGEN et. al. 2011)

#### 4.4.8 Malé vodní nádrže s retenčním prostorem a břehovou infiltrací

V nových zástavbách se využívá dosud opomíjený způsob využití malých vodních nádrží s vymezeným retenčním prostorem a břehovou infiltrací, případně doplněnou o infiltrační plochu. Jejich velkou výhodou je vysoká evapotranspirace a tím i zlepšení mikroklimatu dané oblasti. Pro tento účel jsou vhodné i řízené mokřady. (PÍREK 2013)

**Obrázek 17:** Malá vodní nádrž s retenčním prostorem a břehovou infiltrací

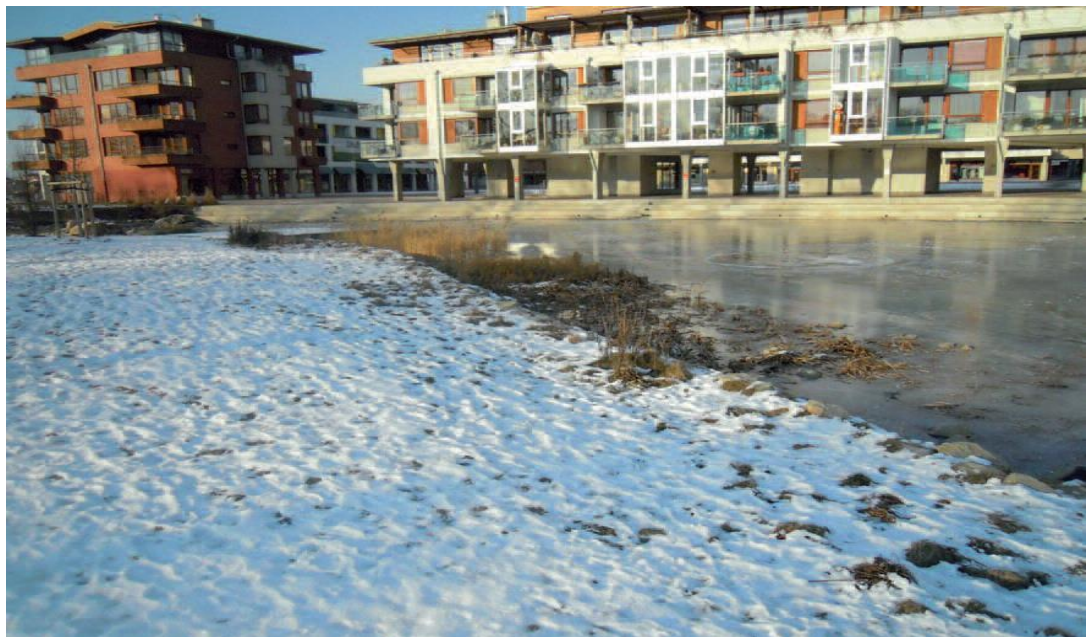


**Zdroj:** (PÍREK 2013)

#### 4.4.9 Mokřady a rybníky s biotopem

Uměle vytvořené mokřady kombinují mělké nádrže s nadržem a vodomilnými rostlinami. Účel těchto mokřadů je biologické čištění povrchového odtoku. Dešťové nádrže s biotopem se navrhují tak, že část jejich objemu plní sedimentační funkci a druhá část je biotop s biologickým čištěním vody. Pro zvýšení efektu čištění se navrhuje cirkulace vody přes biotop. (ZEVENBERGEN et. al. 2011)

**Obrázek 18:** Biotop v nové zástavbě obce Dolní Břežany



**Zdroj:** (LHOTÁKOVÁ 2011 b))

## 4.5 Legislativa

Nad výše uvedenou problematikou se pozastavuje Zákon č. 254/2001 Sb., vodní zákon, kde je novela účinná od 1. 8. 2010. Tento zákon přispívá k zajištění pitné vody pro obyvatelstvo a k ochraně ekosystémů (povrchová a podzemní voda), ale i stanovení podmínek pro zasakování, akumulaci a odvádění povrchového odtoku, vzniklého srážkami na daném území a stavbě. To vede ke snižování účinků povodní a suchých oblastí a zajišťuje se tím bezpečnost vodních děl v souladu s EU. (LHOTÁKOVÁ 2011 a))

Normy, které řeší vsakování dešťových vod nebo jejich využívání jsou ČSN 75 9010, TNV 75 9011a ČSN 75 6780. (SAMEK 2009)

## 4.6 Konvenční odvodnění

Myšlenka konvenčního odvodnění tkví v tom, že dešťová voda je problém, kterého se musíme co nejrychleji zbavit, hned jak spadne na pozemek a odvést ji do kanalizace, vodního toku, přehrady aj. To postupně vede k soustředěnému odtoku, který se zvětšuje a tím se musí zvětšit i průměr stoky nebo koryto toku. Dešťový odtok spláchne nečistoty z povrchů, na které dopadne a organismy ve vodotečích, do kterých srážky odtékají, utrpí nejen hydraulický, ale i látkový šok podle charakteristiky znečištění.

V posledních letech se zaváděly retenční nádrže na odlehčovacích stokách, ale ani ty nezabránilly negativům tohoto systému. Aby konvenční odvodnění mělo smysl a bylo perspektivní, musí se počítat s velkými finančními náklady. Velké profily stok, vyhovující objemy retenčních nádrží v urbanizovaném území a zvětšování koryt řek je opravdu nákladné. Proto se zdá být konvenční odvodňování u svého konce. (VÍTEK 2008)

### 4.6.1 Decentralizovaný systém odvodnění

Tento systém odvodnění se zakládá na tom, že se přívalové srážky zachytí na místě, kde spadly a zabrání se, aby srážkové vody odtekly z pozemku se stejnou intenzitou, jakou na daný pozemek spadly. Na pozemku každé nemovitosti se zadržuje voda v objektech decentralizované retence, na rozdíl od konvenčního odvodnění, kde se dešťová voda zadržuje v centralizovaných retenčních nádržích na stokové síti. Při vhodných podmínkách lze zasakovat rovnou do podzemí a tím příznivě ovlivňovat hladinu podzemní vody. Většinou takových vhodných podmínek není, a tak se srážkové vody svedou jen do podzemních retenčních objektů ke krátkodobé akumulaci a poté tyto předčištěné vody odtékají pozvolně a opožděně do kanalizace. Tím se přispívá k lepšímu vodnímu hospodaření měst. Rozdíl mezi konvenčním a decentralizovaným odvodněním je ten, že konvenční odvádění vod neřeší produkci srážek, ale odsouvá ji. Naproti tomu

decentralizovaný systém řeší produkci srážek hned v místě vzniku a předchází tím problémům, které mohou způsobit velké škody. (VÍTEK 2008)

**Obrázek 19:** Příklad dispozičního uspořádání ulice s decentralizovaným odvodněním



**Zdroj:** (VÍTEK 2008)

#### 4.7 Záchytné plochy v bytové zástavbě

Podle typů ploch rozdělujeme záchytné plochy na střechy, zatravněné plochy, komunikace pro pěší a cyklisty, parkoviště, silnice a dopravní komunikace, plochy u skladišť a manipulační plochy a komunikace zemědělských areálů.

Střechy rozdělujeme na vegetační, interní a s kovovými částmi do 50 m<sup>2</sup>, 50 - 500 m<sup>2</sup> a více než 500 m<sup>2</sup>. Všechny typy střech jsou téměř neznečištěné plochy. Jedinou nevýhodou jsou kovové části, ze kterých se uvolňují těžké kovy opotřebením střechy. Nejlepší druh střechy je střecha vegetační. Má nejen skvělé vlastnosti co se dešťové vody a ekologického hlediska týče, ale také i termické výhody.

Zatravněné plochy a komunikace pro pěší a cyklisty jsou také zdrojem neznečištěné nebo jen mírně znečištěné dešťové vody. Oproti tomu parkoviště, silnice, letiště a plochy u skladišť a zemědělských areálů jsou nejvíce znečištěnými plochami.

Nejméně znečištěnými bývají málo frekventovaná parkoviště a komunikace s maximem aut okolo 300 za 24 hodin. To odpovídá zhruba parkovištím bytových zástaveb a příjezdovým cestám k obytným domům. Proto dešťovou vodu z těchto ploch stačí čistit jen od hrubých nečistot a následně se může dál využívat. (PÍREK 2013)

## 4.8 Ozeleněné střechy

Rozdíly mezi venkovem a městem jsou značné, od různých půd až po odlišnou vegetaci. Prostředí měst je zamořeno nejrůznější směsí chemických sloučenin, prachu a nečistot, což má za následek i větší spotřebu kyslíku a tím ho zbývá méně pro obyvatelstvo. Související faktory jako teplota vzduchu, vlhkost vzduchu, produkce kyslíku a prašnost jsou úzce související s množstvím vegetace dané lokality. Podle pana Bernatzského se na vytvoření objemu kyslíku spotřebovaného člověkem za den, podílí ozeleněná listová plocha o velikosti 25 m<sup>2</sup>. To by znamenalo, že při pokrytí každé 5. až 10. střechy zelení, se tato listová plocha zdvojnásobí.

U střech, které nejsou opatřeny vegetací, stéká voda intenzivněji. Nejčastěji do kanalizačního systému, pokud nejsou zřízené systémy pro hospodaření s dešťovou vodou. Jedním z těchto objektů je právě ozeleněná střecha. Zadržují část dešťových srážek a zbylou část zpomalují v odtoku. Tím dochází ke snížení zatížení kanalizačních systémů a odtok je oproti normální střeše bez vegetace snížen o 8 - 50 % v závislosti na hustotě a typu vegetace. To by mohlo vést i ke snížení finančních nároků na výstavbu kanalizačních sítí.

Dále se zmenšuje riziko záplav a vegetace filtruje skvěle dešťovou vodu a reguluje její teplotu. Voda zadržovaná na vegetačních střechách se může zase odpařit zpět do vzduchu. Napomáhá se tak k přirozenému koloběhu vody v krajině. Rostliny adsorbují znečišťující látky jako je především měď a olovo. Tím zabraňují, aby se skrze dešťový odtok dostávaly do podzemních vod a řek. Díky odpařování vody se zvyšuje vlhkost vzduchu v dané lokalitě a zlepšuje se tím mikroklima urbanizovaného území. Dále vegetační pokryv slouží jako výborný izolant. V létě se díky vypařování a velkému výparovému teplu byty ochlazují a působí jako klimatizace. Naopak v zimě slouží jako dobrý izolant tepla a tím šetří i peněženky lidí. (ČERMÁKOVÁ- MUŽÍKOVÁ 2009)

## 4.9 Využití dešťové vody a komplexní zařízení

Polovinu spotřebované pitné vody v domácnostech lze nahradit dešťovou vodou. Tím pádem je možné ušetřit až 50% nákladů spojené s užíváním pitné vody. Vše pracuje na jednoduchém principu. Dešťovou vodu nenecháme odtéct, jak je zvykem, ale můžeme ji předčistit a akumulovat v podzemních nádržích. I v suchých dnech může být tato voda komfortně využívána. Je důležité zdůraznit, že tato voda nemůže být využívána jako zdroj pitné vody a lze o ní hovořit jako o užitkové vodě. Jak již bylo zmíněno v kapitole. Dešťové vody, využití a nahrazení pitné vody je možné v následujících bodech:



- zavlažování zahrad,
- splachování WC,
- praní prádla,
- mytí automobilu, či jiné úklidové práce,
- klimatizace.

Díky využití dešťové vody se lze vyhnout i problémům s vodním kamenem a tím se chrání i spotřebiče. Dešťová voda může být nasazena všude tam, kde se může zříct striktně hygienických požadavků a komfortu, jež zajišťuje pitná voda. Dále může být využita v průmyslových a obchodních zónách pro chladicí účely nebo jako voda technologická.

Všechna tato užitná zařízení na dešťovou vodu musí být opatřena dodatečným zásobováním vody, které musí zajistit spolehlivý provoz i při menším než minimálním objemu vody v nádrži. Kvalita této vody musí vyhovovat danému účelu. Pokud je dosažen minimální stav nádrže, musí dojít automaticky k přívodu doplňkové vody. Tu zastupuje nejčastěji opět voda pitná. (HASENORL 1989)

**Obrázek 20:** Přehled spotřeby vody v litrech na osobu za den

### Průměrná spotřeba 140 litrů pitné vody za osobu / den.

- 42 litrů toaleta
- 17 litrů praní
- 5,5 litrů péče o zahradu
- 5,5 litrů uklízení
- 45 litrů koupel / sprchování
- 11 litrů péče o tělo
- 3 litry pití / vaření
- 11 litrů mytí nádobí

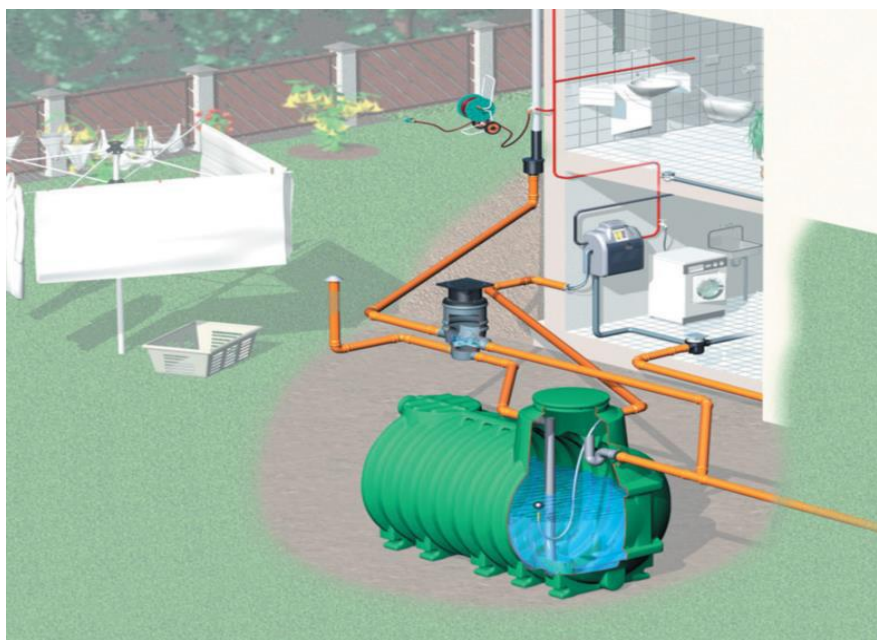


**Zdroj:** (PÍREK 2013)

Komplexní zařízení pro možnost využití dešťové vody se skládá z několika komponentů, které tvoří modul pro domácnost. Komponenty jsou následující:

- filtr na dešťovou vodu,
- retenční nádrž,
- čerpací zařízení (řídící jednotka),
- vsakovací šachta,
- plastové potrubí.

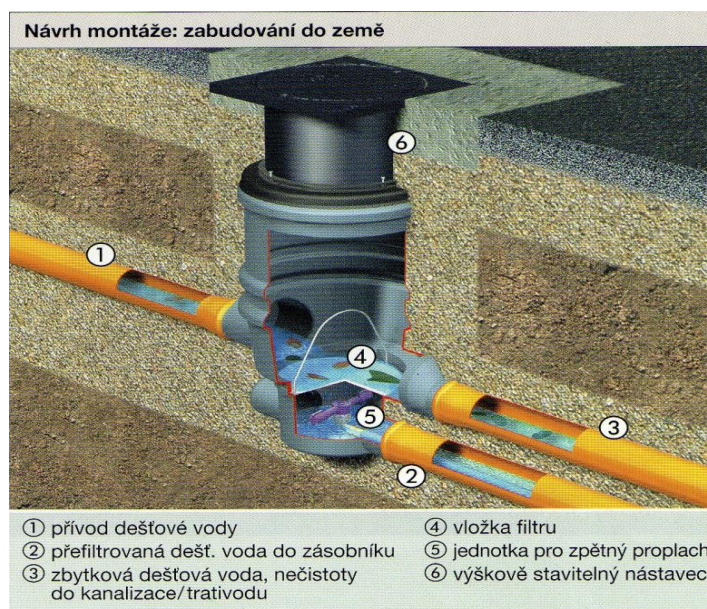
**Obrázek 21:** Komplexní modul pro využití dešťové vody



**Zdroj:** [www.kessel.cz](http://www.kessel.cz)

Filtr na dešťovou vodu pro zabudování do země slouží pro získání optimálně vyčištěné dešťové vody. Materiál polyetylen zajišťuje díky hladkému, vosku podobnému, povrchu odolnost proti kyselé dešťové vodě. Přívod vody do filtru je jedním potrubím. Ve filtru je dále vložka filtru s velikostí ok 200 mikrometrů, což zajišťuje vysokou účinnost čištění. Po čištění vede odpadní potrubí na úrovni síta, které vede buď do zasakovací šachty, nebo kanalizace a další potrubí pro přečištěnou vodu pod sítem, které vede do nádrže pro dešťovou vodu. (KESSEL CZ a.s. 2009)

**Obrázek 22:** Filtr na dešťovou vodu

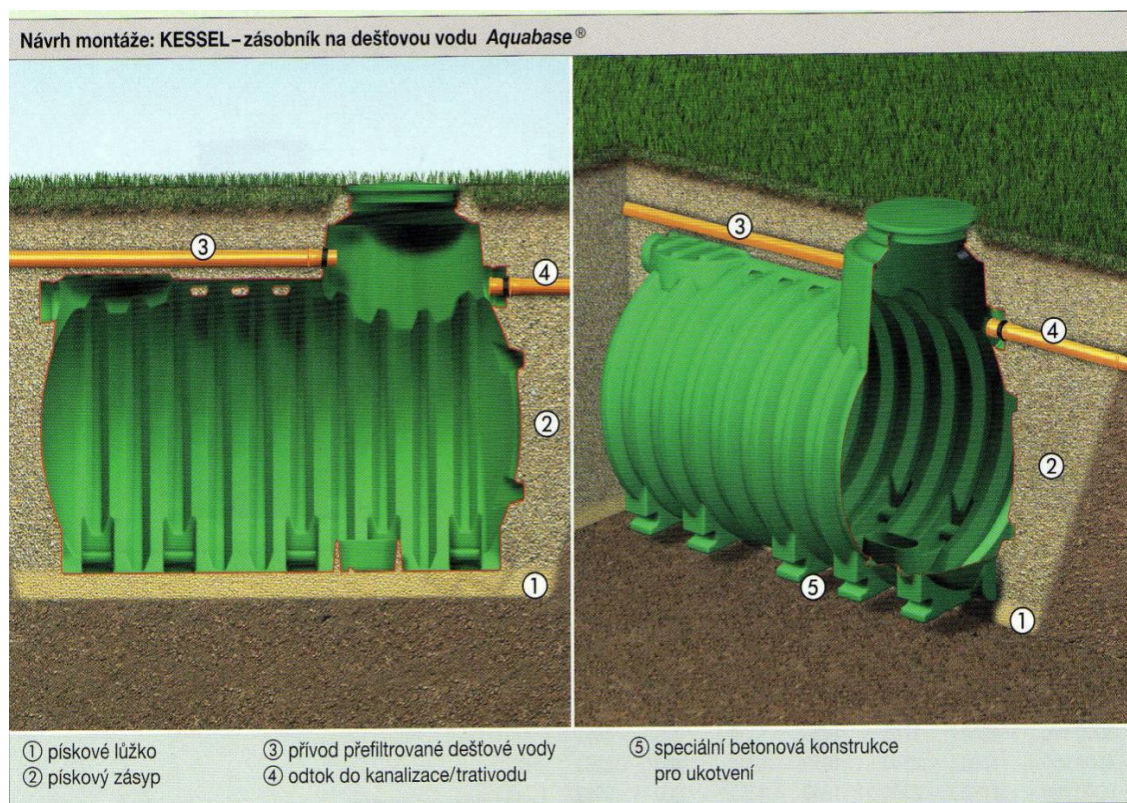


**Zdroj:** [www.kessel.cz](http://www.kessel.cz)



Zásobník na dešťovou vodu se buduje též do země. Jako každá jiná nádrž musí mít bezpečnostní přeliv, který je umístěn níže, než přívodní potrubí a vede do trativodu nebo kanalizace a je opatřen zpětnou klapkou. Nádrže se budují různých objemů a je nutné propočítat velikost nádrže na základě množství dešťové vody a na potřebě vody užitkové. Poklop se většinou vyrábí s dětskou pojistkou a musí být označen nálepkou nebo cedulí nepitná voda. Uvnitř nádrže je plovák a senzor na měření stavu hladiny v nádrži. Ten je propojen s řídicí jednotkou uvnitř domácnosti. Dále je možné mít v nádrži i ponorné zahradní čerpadlo a zavlažovat zahradu hadicí, pokud není zbudován zavlažovací systém. Při zabudování retenční nádrže se dbá pracovních postupů, dle charakteristiky nádrže. Ty jsou stavěny buď jen z tvrzeného plastu, s ocelovou konstrukcí nebo se speciální betonovou konstrukcí pro ukotvení. Všechny se kladou na pískové lože a jsou postupně obsypány pískem. (KESSEL CZ a.s. 2009)

**Obrázek 23:** Nádrž na dešťovou vodu



Zdroj: [www.kessel.cz](http://www.kessel.cz)

Čerpací zařízení neboli řídicí jednotka na dešťovou vodu se spínacím přístrojem je propojena s plovákem a senzorem měření hladiny vody v nádrži. Je umístěná v domácnosti a napojená jak na užitkovou vodu, tak na vodu pitnou. Tyto dvě propojení musí být

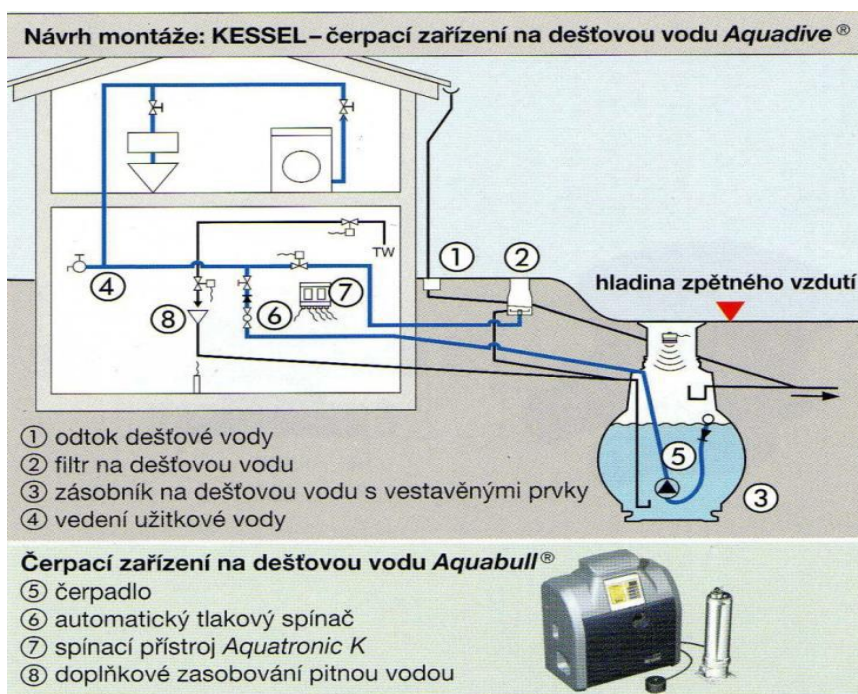


odděleny, aby nedošlo ke znečištění pitné vody. Řídicí jednotka obsahuje dále čerpadlo pro čerpání vody z nádrže, nouzový přeliv s integrovaným uzávěrem proti zápachu. Dle potřeby čerpá a rozvádí vodu pro dané spotřebiče užitkové vody.

Vsakovací šachta je taktéž zabudována do země. Lze využít šachet z kapitoly 7.4.5. Nejčastěji se využívá šachty typu A. Je nutné dělat revizi šachty zejména v podzimních měsících, kdy se šachta zanáší nejvíce listím. Je do ní sváděna voda z filtru, která s sebou nese nečistoty a také voda z bezpečnostního přelivu retenční nádrže.

Dalším potřebným materiálem je potrubí, které bývá čím dál tím častěji z tvrzeného plastu. Napojuje se na záchytnou plochu, což bývá nejčastěji napojení na okap. Odtud se vede voda do filtru. Dále je potřeba potrubí z filtru do nádrže a z filtru do trativodu k zasakovací šachtě. V neposlední řadě je také potrubí pro přívod vody z nádrže do řídicí jednotky, které má daleko menší světlý průměr. (KESSEL CZ a.s. 2009)

**Obrázek 24:** Schéma komplexním zařízením na dešťovou vodu



**Zdroj:** [www.kessel.cz](http://www.kessel.cz)

#### 4.9.1 Zavlažování zahrad

V zahradách se voda používá na ruční zalévání nebo postřik rostlin a zeleniny. Na zavlažování se může využívat voda pitná, užitková a dešťová, která vyhovuje hygienickým požadavkům. Při vhodných podmínkách a dostatečné závlaze lze zvýšit úrodu zeleniny o 100% a ovoce o 30 - 60%. Navíc trávníku se daří velmi dobře, a proto vypadá

velmi zdravě. Nejlepší formou zavlažování je automatický postřik, který se v určitou hodinu spíná a daný čas skrání vegetaci. Dále k zavlažování napomáhá i vsakovací šachta nebo studna, která udržuje vysokou hladinu podzemní vody. Postřik je dobrý k zavlažování velkých ploch. Oproti tomu pro malé plochy, jako například okrasné skalky a podobně, je lepší kapkové zavlažování. Podstatou kapkové závlahy je pomalé dodávání závlahové vody rostlinám po kapkách, po celý den, popřípadě několika cyklech. Nejlepší využití kapkové závlahy je pro pěstování plodin v řádcích, jako jsou například rajčata, bobuloviny, sady, vinice aj. (VALÁŠEK 1990)

#### **4.9.2 Splachování WC a praní**

Dešťová voda pro splachování WC je výhodná z ekonomického hlediska. Nedochozí k usazování vodního kamene, protože je měkká a hlavně šetří pitnou vodu. Splachováním se spotřebuje přibližně 30% pitné vody v domácnostech. Pro tuto potřebu se vůbec nevyžaduje kvalita vody na úrovni vody pitné. Dále lze ušetřit i množství jímané dešťové vody použitím oddělených tlačítek splachování pro malou a velkou potřebu, což je v dnešní době téměř povinnost každé domácnosti.

Stejně jako pro splachování WC je měkká voda vítána pro automatické pračky. Díky této vlastnosti se úspory vztahují i na prací prostředky, které se lépe rozpouštějí právě v měkké vodě. Prací prášek se neusazuje a tím nedochází k tvorbě vodního kamene a není nutno požívat změkčovače vody. Chrání se tím i pračka od jejího opotřebení. (VALÁŠEK 1990)

#### **4.9.3 Klimatizace a užitková voda**

Užitková voda se dá využít k různým oplachům a úklidovým pracím bez nároků na pitnou vodu. Vhodná je tedy například pro mytí podlah, utírání prachu, mytí automobilů apod.

Dalším zajímavým využitím dešťové vody je klimatizace. Ta pracuje na principu skrání rozpálených povrchů, na nichž se voda ihned vypaří, a protože výparní teplo je obrovské, plochy se tím zchladí a fungují na bázi klimatizace. To se dá využít na střeších, balkonech nebo dvorech. Střechy skráníme kapkovou závlahou nebo stačí perforovaná trubice, která upouští malé množství vody. Do tohoto potrubí nebo hadice se malým čerpadlem čerpá voda. Dále malé množství vody stéká po střeše a vypaří se, aniž by doteklo do okapu. Pod střešou se dá naměřit až o 7°C menší teplota, než u neskrápené střechy. Balkony a dvory se mohou pokropit jen hadicí. Díky vypařování nám vzniká ochlazení daného místa a vlhčí vzduch, který je v horkém dni žádaný. (SOBOTA 2007)

## 5 VYUŽITÍ ŠEDÝCH VOD

### 5.1 Šedé vody

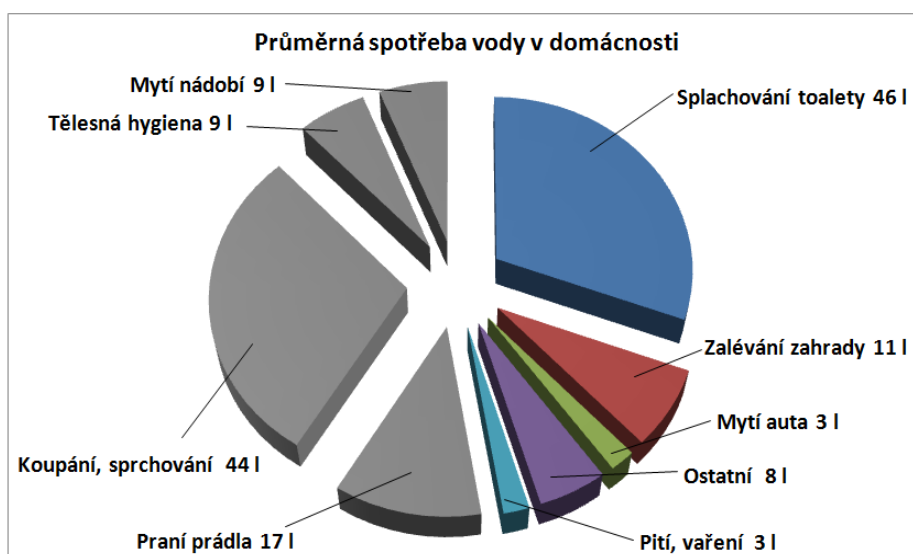
Šedé vody můžeme specifikovat jako komunální vodu bez jakéhokoliv obsahu fekálií a moči. Provozní voda je získávána úpravou/čištěním šedé nebo dešťové vody. Využívá se především šedá voda z:

- sprch a van a zařizovacích předmětů balneoprovozů,
- umyvadel,
- Praček.

Lze uvést i vodu ze dřezů a myček na nádobí, ale zde jsou polemizující faktory jako mastnota, zbytky jídel, specifické leštidla apod. Pro odtok těchto vod, se používá oddílná kanalizace, která vede k malým domácím čistírnám a poté tato vyčištěná voda slouží jako voda užitková. (BARTONÍK a kol. 2012)

Šedá voda ze dřezů klade větší nároky na úpravu/čištění. Pokud se předpokládá méně běžné použití zařizovacích předmětů, např. namáčení plen, kadeřnický provoz nebo dezinfekce, musí to být zohledněno při návrhu předčištění. Do nádrže na provozní/dešťovou vodu je možné přivádět také kondenzát z klimatizačních zařízení nebo neutralizovaný kondenzát z kondenzačních kotlů. Přivádění jiných technologických vod je nutné individuálně posoudit podle jejich jakosti. Zařízení pro jímání a využívání šedých nebo dešťových vod mohou být buď samostatnými zařízeními, nebo se může jednat o kombinovaná zařízení pro využívání šedých a dešťových vod např. v případě nedostatku šedých nebo dešťových vod. Dešťovou vodu je možné využívat také pro doplňování požárních nádrží. Jímání šedých vod vyžaduje zřízení oddílné vnitřní kanalizace s odděleným potrubím pro šedé, černé a dešťové vody. Zásobování provozní vodou vyžaduje zřízení oddílného vnitřního vodovodu s odděleným potrubím provozní vody. Vodovod provozní vody nesmí být přímo propojen s vodovodem pitné nebo užitkové vody. Doplňování pitné nebo užitkové vody do vodovodu provozní vody musí být řešeno v souladu s ČSN EN 1717 a ČSN 73 6660. Zařízení a potrubí, které se před zimním obdobím nevypouští, musí být chráněna před mrazem. (ČSN 75 6780)

**Obrázek 25 :** Graf produkce šedé vody (šedá barva) na osobu/den



Zdroj: [www.asio.cz](http://www.asio.cz)

## 5.2 Využití šedé vody

Vyčištěná šedá voda se může využít pro stejné účely, dešťové vody. Navíc u šedých vod můžeme využívat i teplo, které následně můžeme použít. Testování systému a kontrola kvality vody se provádí až po určité době používání. Pro první zkoušku systému se využívá pitné vody z vodovodu. Před údržbou provádíme odebrání vzorku a zjištění kvality vody pro ochranu zdraví personálu. Pro efektivní údržbu je nutné systém zcela vypustit a vypláchnout pitnou vodou. Veškeré komponenty systému využití šedých vod musí být označeny na viditelném místě cedulkou nebo značkou „Nepitná voda“. (BARTONÍK a kol. 2012)

**Obrázek 26 :** Značka nepitná voda



Zdroj: [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

Vyčištěné šedé vody se dají využít ve všech typech budov jako užitková voda. Je ovšem zcela jasné, že některé využití budov je vhodnější jako například nemocnice, hotely, koupaliště a jiná zařízení, kde se doba recyklace šedých vod přibližuje době využití těchto vod. Princip tkví v tom, že se v dopoledních hodinách vytvoří veliké množství šedých vod, které se vyčistí a utvoří zásobu ke spotřebě po celý den. Lze využít tento systém i ve školách, administrativních budovách a rodinných domech. Pokud produkce šedých vod není dostatečně velká, je vhodné systémy kombinovat s jinými druhy vod. Nejlepší dvě řešení jsou vody dešťové, které jsou čistší než vody šedé, anebo při nedostatku obou odpadních vod musíme mít kombinaci s pitnou vodou, u kterých musí být zajištěno, aby se do přívodu pitné vody nedostala voda odpadní. Tyto systémy hospodaření je výhodnější provádět u novostaveb, protože jejich realizace je méně nákladná než u staveb stávajících, kde se systémy řeší dodatečně. (SOBOTA 2007)

### **5.3 Rekuperace tepla ze šedých vod**

Odvádění šedých vod, je vhodné energeticky optimalizovat. Pokud je to ekonomicky výhodné a technicky proveditelné, je vhodné využití přenosu tepelné energie z šedých vod. Teplota šedé vody je různě kolísavá a závislá na mnoha faktorech, jako je návštěvnost zařízení, směny provozů, atd. Proto je nejvhodnější individuální posouzení u každého objektu. Ekonomická návratnost a smysl bude lepší tam, kde je vyšší produkce odpadních vod i jejich potřeba a tam, kde se vypouští voda s vyšší teplotou. Recyklace tepla ze šedých vod je jedním ze způsobů, jak snížit náklady na přípravu teplé vody, popřípadě na vytápění objektu. Získávání tepelné energie nesmí ohrozit nebo omezit odvádění odpadních vod kanalizací.

#### **5.3.1 Způsoby přenosu tepelné energie z šedých vod**

Teplo z šedé vody může být ohříváné látce (vodě) předáváno:

- přímo pomocí výměníku s dvojitou dělicí stěnou (viz ČSN EN 1717),
- prostřednictvím teplonosné látky ve vloženém meziokruhu.

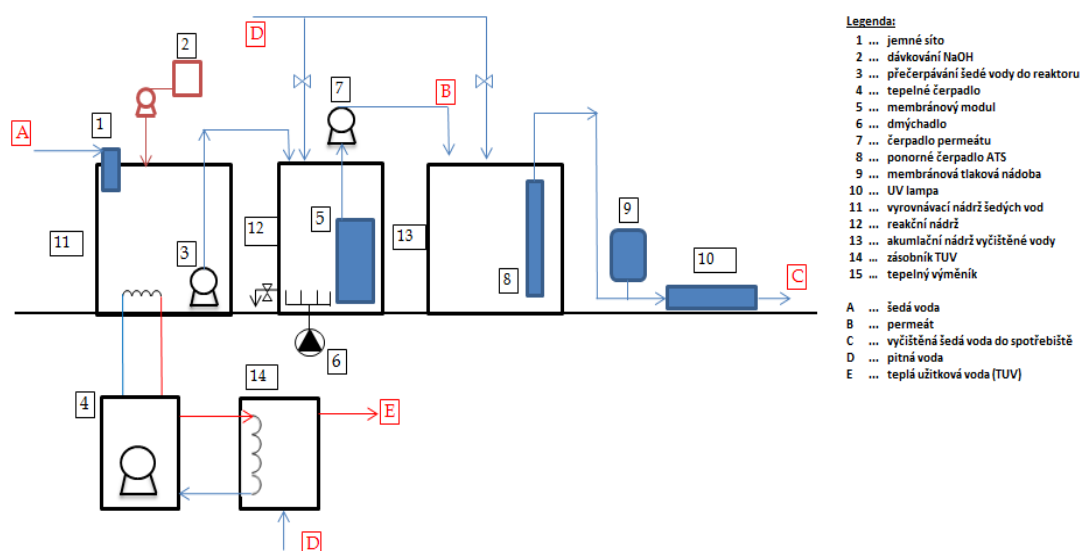
Přenosu tepelné energie meziokruhem se zejména využívá, pokud je šedá voda zdrojem tepelné energie pro výrobu tepla v kombinaci s tepelným čerpadlem. Teplonosná tekutina ve vloženém meziokruhu může být třídy 1, 2, 3 podle ČSN EN 1717 a ČSN 73 6660.

### 5.3.2 Místa přenosu tepelné energie z šedých vod

Vhodným umístěním výměníku je možné uskutečnit přenos tepla:

- v blízkosti místa vzniku šedé vody nebo přímo u zařizovacího předmětu,
- na potrubí vnitřní kanalizace, které odvádí šedou vodu,
- v čerpací šachtě nebo zařízení na čištění vod,
- ve sběrné jímce určené k tomuto účelu,
- na jiném k tomu vhodném místě.

Obrázek 27 : Schéma využití energie a čištění šedých vod



Zdroj: [www.asio.cz](http://www.asio.cz)

### 5.4 Čištění šedých vod

Šedé vody se nejčastěji čistí jednoduchým dvoustupňovým procesem, kterým je hrubá filtrace a dezinfekce, až po chemické a biologické procesy. Jednoduché procesy tvoří zpravidla nerezová síta pro odstranění hrubých nečistot a vlastní dezinfekce (chlor). Při běžných fyzikálních procesech se dá voda vyčistit na vysokou kvalitu. Mezi tyto procesy patří běžné filtrační lože, pískové filtry a nejlepší a velmi využívaná membránová filtrace, která musí mít pro použití před vlastní filtrací zařízení pro předčištění. K fyzikálním procesům se musí doplnit biologické procesy pro odstranění organických látek. Ty jsou filtrovány pomocí membránového čištění. Kombinace předčištění a membránové filtrace zaručuje nejvyšší jakost užitkové vody. (HLAVÍNEK- MIČÍN 2001)

Všeobecné návrhové údaje jsou stanoveny v ČSN EN 12255-11. Podklady pro návrh čistírny odpadních vod jsou uvedeny v ČSN EN 12225-11. Na čistírnu odpadních vod pro čištění šedých vod smí být přiváděny pouze šedé vody. Vybavení ČOV a její návrh



vychází z typu natékajících odpadních vod, zejména je třeba v návrhu zohlednit, pokud jsou součástí šedých vod i vody z mytí nádobí obsahující emulgované a neemulgované tuky. Technologie čištění šedých vod se navrhuje ve vztahu k požadavkům na jakost provozní (bílé) vody, případně s ohledem na její další využití. V návrhu uspořádání technologické linky čistírny musí být navržen obtok celé čistírny do kanalizace. Technologie čištění šedé vody se podle typu procesu dělí na:

- mechanickou (fyzikální) úpravu,
- chemickou úpravu,
- biologické čištění,
- přírodní způsoby čištění.

### 5.4.1 Mechanická úprava

Využívá základní fyzikální procesy sedimentaci a filtraci. Objekty mechanického předčištění na úpravu šedých vod jsou česle, sedimentační nádrž, spádová a rotační síta a v případě vod z kuchyně to musí být i lapák tuků. Objekty mechanického předčištění se navrhuje na maximální hodinovou produkci šedých vod  $Q_h$  v  $m^3 \cdot \text{hod}^{-1}$ . Doporučená velikost průchodnosti česlí, ok spádových a rotačních sít je 0,2 mm až 3 mm. To ovšem závisí na dalším stupni čištění. Kupříkladu pro použití membrán většina výrobců požaduje prostup pórů 0,2 - 0,5 mm z důvodu zachycení vlasů. Sedimentační nádrže mohou mít kruhové, obdélníkové i čtvercové půdorysy. Při návrhu nádrže je třeba zamezit možnému vzniku turbulentního proudění, které negativně ovlivňuje sedimentační proces. Střední doba zdržení pro výpočtový průtok  $Q_d$  se okolo 15 minut. Mechanického stupně se používá v případech, kdy je dostačující jednoduchá úprava. V ostatních případech se mechanický stupeň používá jako předčištění před dalšími stupni.

- **Filtrace** - Do fyzikální úpravy řadíme procesy založené na adsorpci nerozpuštěných látek na filtračním loži pískového filtru a membránovou filtraci. Filtrační materiál může být z granulovaného aktivního uhlí (GAC), křemičitého písku nebo antracitu. Volba frakce materiálu je závislá na složení čištěné šedé vody.
- **Membránová filtrace** - Je charakterizována velikostí pórů v membráně. Nejčastěji používaným typem je mikrofiltrace a ultrafiltrace o pracovním tlaku 0,2-0,6 MPa. Dělení podle velikosti odseparovaných částic:
  - a) mikrofiltrace (MF), velikost pórů 0,1  $\mu\text{m}$  do 1  $\mu\text{m}$ ;
  - b) ultrafiltrace (UF), velikost pórů 3 nm do 1  $\mu\text{m}$ ;
  - c) nanofiltrace (NF), velikost pórů 1 nm do 10 nm;
  - d) reversní osmóza (RO), velikost pórů pod 1 nm.

## 5.4.2 Chemická úprava

Mezi systémy s chemickou úpravou šedé vody můžeme zařadit procesy založené na koagulaci a elektrokoagulaci, kdy do odpadní vody dávkuje chemikálie na bázi železa, hliníku nebo jiných kovů. Dále mezi chemickou úpravu řadíme fotokatalýzu, tedy rozklad látek za přítomnosti fotokatalyzátoru nebo pokročilé oxidační procesy využívající OH radikály.

- **Koagulace** - Při použití fyzikálně chemickém procesu koagulace je do šedé odpadní vody dávkován koagulant nejčastěji na bázi železa nebo hliníku, kdy vlivem látek dochází ke koagulaci a flokulaci. Následuje separace takto koagulovaných látek nejčastěji sedimentací nebo filtrací. Koagulaci je možné použít v kombinaci s pískovým filtrem nebo granulovaným aktivním uhlím. Koagulaci lze úspěšně aplikovat při čištění šedých vod z prádelen.
- **Elektrokoagulace** - Zahrnuje obdobný proces jako koagulace, kdy vlivem anodového rozpouštění železitých nebo hlinitých elektrod za průchodu elektrického proudu nastává koagulační účinek. Vzhledem k vysoké spolehlivosti systému, diskontinuitě provozu čistírny a vysoké hodnoty odstranění kovů a fosfátů je elektrokoagulace vhodná pro čištění šedých vod z prádelen?
- **Fotokatalýza** - Při použití procesu fotokatalýzy se doporučuje použití katalyzátoru TiO<sub>2</sub> se zářením  $\lambda > 300$  nm. Čištění šedých vod fotolýzou je za předpokladu, že organické polutanty jsou ve vodě rozpustné, koncentrace peroxidu vodíku překračuje hodnotu cca 0,1 % a je použit zdroj UV záření s  $\lambda < 280$  nm. Tento způsob se využívá při čištění šedých odpadních vod z prádelen, kde se vyskytuje znečištěné prádlo ropnými látkami. Minimální doba zdržení při chemické úpravě se doporučuje 20 minut.
- **Pokročilé oxidační procesy** - Využívají reakcí, při nichž vznikají OH radikály k přímé oxidaci organických látek, přičemž se používá např. re-akce peroxidu a UV záření, peroxidu a ozonu, solí kovů železa, rhutenia, kobaltu, sloučenin na bázi síry, různých forem železa a různých dalších kombinací. S výhodou se při tom odstraní i velký podíl xenobiotik, těžko rozložitelných podílů kosmetických přípravků atd. (ŠRÁMKOVÁ)

## 5.4.3 Biologická úprava

Podstata biologické úpravy spočívá v provzdušňování aktivovaného kalu v nádrži. Aktivovaný kal je tvořen směsnou kulturou mikroorganismů, díky kterým probíhá proces čištění. Mezi systémy s biologickou úpravou řadíme biofilmové reaktory, aktivační nádrže, membránový bioreaktor a biologické provzdušňované filtry

- **Biofilmové reaktory** - Navrhují se podle ČSN EN 12255-7. Požadavky a zásady navrhování aktivačních nádrží jsou stanoveny v ČSN EN 12255-6:2003. Dva typy – s pevnou a vznášenou náplní (MBBR)
- **Aktivace** - Podstata aktivace spočívá v provzdušňování aktivovaného kalu v aktivační nádrži, kdy aktivovaný kal je tvořen směsnou kulturou organismů, díky kterým probíhá systém čištění. Aktivační procesy se doporučuje používat především u objektů s vysokou produkcí šedé odpadní vody. Systémy dosahují vysokého stupně odstranění znečištění. Pro účely čištění šedých vod se doporučuje větší stáří kalu a nízkozatěžovaný systém z důvodu prodloužení intervalů regenerace membrán.
- **Kombinace aktivace a membránové separace MBR** - Membránový separační systém může být do technologické linky komunální ČOV zařazen následovně:
  - a) za konvenční dosazovací nádrží: slouží potom jako terciární dočištění odtoku z ČOV,
  - b) za aktivační nádrží: aktivační směs je do modulů přečerpávaná z aktivace (crossflow systémy),
  - c) ponořený přímo do aktivační nádrže: nízkoenergetické podtlakové systémy,
  - d) ponořený v aktivační směsi za aktivační nádrží: nízkoenergetické podtlakové,
  - e) systémy umístěné v samostatných kontejnerech nebo nádržích mimo aktivační nádrž.

Udávaná objemová zatížení se pohybují mezi hodnotami pro CHSK od 1,2 až po 3,2 kg\*m<sup>-3</sup>\*d<sup>-1</sup> a pro BSK<sub>5</sub> 0,05 až 0,66 kg\*m<sup>-3</sup>.d<sup>-1</sup>. Hlavní provozní parametry membránových aktivačních systémů jsou v níže uvedené tabulce. (BRITISH STANDART)

**Obrázek 28** : Domovní ČOV pro šedé vody a membránový filtr



Zdroj: [www.asio.cz](http://www.asio.cz)

**Tabulka 3** : Hlavní provozní parametry membránových aktivačních procesů

| Parametr                                     | Jednotky                                      | Hodnoty     |
|--|---|-------------|
| Průtok MBR (flux) - skutečný                 | $\text{l.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$               | 25 – 35     |
| Průtok MBR (flux) – udržitelný po delší dobu | $\text{l.m}^{-2}.\text{h}^{-1}$               | 10 – 30     |
| Membránový tlak                              | kPa   | 20          |
| Koncentrace aktivovaného kalu                | $(\text{g MLSS}).\text{l}^{-1}$               | 5 – 15      |
| Látková doba zdržení                         | dny   | >20         |
| Produkce kalu                                | $\text{kg}.\text{(kg CHSK d)}^{-1}$           | <0,25       |
| Hydraulická doba zdržení                     | hodiny  | 1-9         |
| Poměr znečištění k biomase                   | $(\text{kg CHSK}).\text{(kg MLSS.d)}^{-1}$    | <0,2        |
| Objemové zatížení                            | $(\text{kg CHSK}).\text{(m}^3.\text{d)}^{-1}$ | <20         |
| Teplota                                      | °C  | 10 – 35     |
| pH   | -   | 7 – 7,5     |
| Četnost praní                                | minuty  | 5 – 16      |
| Doba praní                                   | sekundy                                       | 15 – 35     |
| Spotřeba energie                             | $\text{kWh.m}^{-3}$                           | 0,20 – 0,40 |
| aerace membrán                               | %   | 80 - 90     |
| Odčerpání permeátu                           | %   | 10 - 20     |

Zdroj: ČSN 75 6780

Stanovení filtrační celkové plochy membrán (AMBR) v m<sup>2</sup>, podle vztahu:

$$\text{AMBR} = Q_{\text{dm}}/\text{flux} \quad (1)$$

$Q_{\text{dm}}$  - maximální denní přítok ( $\text{m}^3.\text{d}^{-1}$ ),

flux - průtok membránou ( $\text{m}^3.\text{d}^{-1}$ ).

Doporučuje se při návrhu ponechat akumulární rezervu vzhledem k dennímu cyklu maxim a regeneračním cyklu. Návrh plochy membránového modulu je nutno konzultovat s výrobcem.

Stanovení množství vzduchu (QVZD) v m<sup>3</sup>.h<sup>-1</sup> pro membránu:

$$\text{QVZD} = \text{AMBR} \cdot k_{\text{fm}} \quad (2)$$

$k_{\text{fm}}$  - koeficient přestupu kyslíku k membránám,  $k_{\text{fm}} = 0,7 (\text{m}^3.\text{m}^{-2}.\text{h}^{-1})$ .

## 5.5 Legislativa

Ještě v nedávné době nebyla vyřešena legislativní stránka pro šedé vody. Proto se ČR inspirovala zajímavým předpisem, který se zabývá řešením šedých vod, je to britská norma BS 8525-1:2010. Zde jsou uvedeny doporučené hodnoty kladené na kvalitu šedých vod a

údržbu komponentů pro jejich využití. Norma stanovuje podmínky návrhu systému šedých vod, zajištění ochrany lidského zdraví, a aby vedla ke správnému zpracování. Není nutné často odebírat vzorky pro kontrolu kvality vody, nicméně se doporučuje provádět kontroly systému pro zpracování šedých vod.

Zhruba na přelomu let 2012/2013 byla přijata ČSN 75 6780 - Využití šedých a dešťových vod v budovách a na přilehlých pozemcích. Tato norma vznikla za spoluúčasti VUT Brno, ASIO Brno a Sweco Hydroprojekt Praha. Norma pojednává o provozní/užitkové vodě, která vznikne úpravou nebo čištěním šedých a dešťových vod

## **6 REKUPERACE TEPLA A ŘÍZENÉ VĚTRÁNÍ**

### **6.1 Systémy větrání**

Větráním upravujeme čistotu vnitřního ovzduší a svým způsobem i tepelný stav prostředí. Nedostatečné množství čerstvě přivedeného vzduchu způsobuje různé neblahosti. Lidé se cítí špatně, pocítují únavu, mají bolesti hlavy a závratě, vnímají pocit dráždění v krku a na kůži, mají podrážděnou sliznici nosohltanu, jsou citlivější a objevují se u nich příznaky alergie. Je zřejmé, že existuje bezprostřední spojitost mezi kvalitou vzduchu a schopností koncentrace, náchylností k onemocnění a celkovou psychofyzickou kondicí. Mnohá znečištění však není možné zjistit čichem. Proto se onemocnění, způsobená nedostatečně čistým vzduchem, projevují často až po několika letech. Kvalita vzduchu v místnostech je závislá na množství uvolňovaných znečišťujících částic, oxidu uhličitého, pylů, hub či radioaktivní izotopy (radon), na uvolňovaných sloučeninách ze zařízení (nábytek, podlaha, obklady, koberce), na množství prachu, bakterií, dále na intenzitě uvolňovaných nepříjemných pachů, vlhkosti a sníženého obsahu kyslíku ve vzduchu. Snížením znečištění můžeme zamezit nepříjemným vlivům prostředí, které mají vliv na naše zdraví, přičemž existují studie, které poukazují i na redukci vlivu na alergie a astma. Nejúčinnějším a nejjednodušším způsobem odstranění znečištěného vzduchu je jeho odvětrání – samozřejmě s výjimkou omezení škodlivin v přívodu čerstvého vzduchu přímo v jeho zdroji. Větrací systém by měl kontrolovaným způsobem přivádět požadované množství čerstvého vzduchu a odvádět znečištěný vzduch. Větrání je tak možné definovat jako proces výměny znečištěného (odpadního) vzduchu za čerstvý vzduch. Větrací systémy obytných prostor se dělí následovně:

- přirozené větrání,
- nucené větrání.

### 6.1.1 Přirozené větrání

Nejčastěji používaným a také nejméně účinným typem větrání je větrání využívající přírodní sílu (gravitaci) – přirozené gravitační větrání. Principem chodu větrání je rozdíl hustot lehčího teplého vzduchu v místnosti a těžšího čerstvého vzduchu ve vnějším prostředí. Objem vzduchu, který se přivede za hodinu do místností, by se měl rovnat minimálně polovině jejich objemu. Například, když celkový objem domu o ploše 140 m<sup>2</sup> a výškou místností 2,5 m, je objem 350 m<sup>3</sup> a tedy přiváděné množství vzduchu by mělo být 175 m<sup>3</sup>\*h<sup>-1</sup>. Stejný objem vzduchu by se měl z místností i odvést. Kvůli omezení tepelných ztrát se domy stavějí s větším důrazem na těsnost. V takových případech je prakticky nemožné dosáhnout toho, aby přirozené větrání trvale zajišťovalo potřebné množství vzduchu, a tím i odpovídající komfort. Důsledkem je špatná kvalita vzduchu a zhoršený komfort při pobytu v místnostech, někdy dochází i ke zdravotním komplikacím. Jedinou výhodou přirozeného gravitačního větrání je, že funguje samo o sobě. Není zapotřebí u něj instalovat dodatečné větrací zařízení se vzduchotechnickými rozvody. Přirozené větrání dělíme na:

- infiltrační,
- aerační,
- šachtové,
- šachtové s větracími hlavicemi,
- šachtové s rotačními hlavicemi.

(CHYSKÝ)

### 6.1.2 Nucené větrání

Nucené větrání pomocí rekuperačních jednotek či ventilátorů nám musí zajistit hygienické minimum čerstvého vzduchu což je okolo 15 m<sup>3</sup>\*h<sup>-1</sup> a osobu, popřípadě určitou intenzitu větrání, což bývá asi 1/3 objemu vzduchu za 1 hodinu. Doporučené hodnoty jsou okolo 25 m<sup>3</sup>\*h<sup>-1</sup> a osobu, popřípadě intenzita větrání 0,5, což je 1/2 objemu vzduchu za 1 hodinu. Je nutné rozdělit na 2 kategorie dle tlaku a větracího systému zařízení:

- **Nucené podtlakové větrání** - Je jednoduchá modifikace gravitačního větrání pracující na principu nuceného průtoku vzduchu. Ten zabezpečují namontované odsávací ventilátory. Tímto způsobem se získává stálé množství vzduchu, které se odstraňuje z místností. Bohužel bez vhodně řešeného přívodu vzduchu tento druh větrání pouze znásobuje nevýhody přirozeného větrání.

- **Nucené centrální rovnotlaké větrání** - Větrání domu zajišťuje centrální vzduchotechnická jednotka. Obsahuje ventilátory na přívod a odvod vzduchu, filtry a rekuperační výměník tepla, který získává energii ze vzduchu odváděného z objektu (rekuperace tepla). Přiváděný vzduch se vede (vzduchotechnickým potrubím) do obytných zón v domě a současně se nahrazuje znečištěný vzduch, vzduchem čerstvým za odvodu odpadního vzduchu. Probíhá tedy recirkulace vzduchu.
- **Nucené decentrální rovnotlaké větrání** - se provádí pomocí samostatných malých rekuperačních jednotek, které jsou osazeny v jednotlivých místnostech. Prostupy jsou vedené skrz obvodové zdivo, tudíž musí být kladen velký důraz na izolaci, kvůli tepelným mostům. Hlavními klady této metody jsou účinnost větrání odpovídající současným požadavkům, možnost inteligentního chování ve spojení s čidly vlhkosti, hladiny CO<sub>2</sub> a teploty. Možnost využití těsnících klapek mezi byty, možnost větrat jednotlivé místnosti zvlášť. Nevýhodami jsou náklady na energii nutné pro provoz, vysoká pořizovací cena, emise hluku a větší počet jednotek. Jsou ale více skladné a hodí se více do bytů, kde by rekuperační jednotka pro RD neměla smysl. (BERANOVSKÝ)

## 6.2 Tepelná zátěž

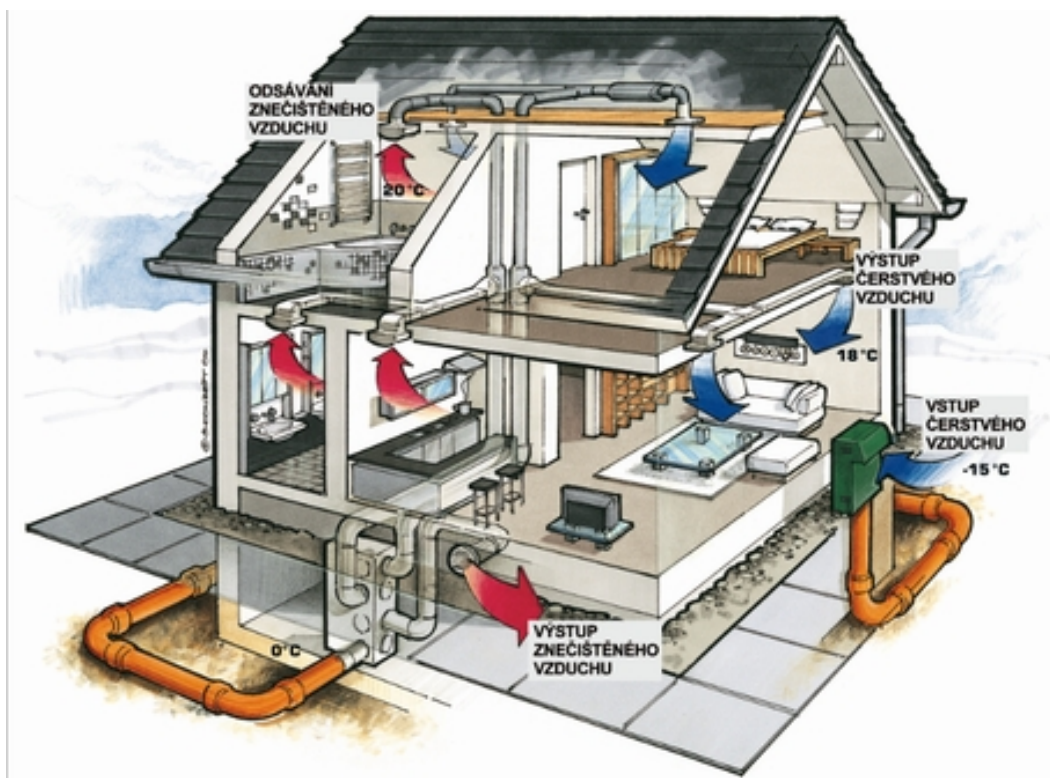
Tepelná zátěž je jednou z primárních veličin návrhu vzduchotechnických systémů a klimatizace. Řešení vychází z tepelných výměn mezi zdrojem o vyšším energetickém potenciálu a vnitřním prostorem budovy. Podle zdrojů působících agencí lze tepelnou zátěž dělit na vnější a vnitřní. Tepelnou zátěž se snažíme snížit na minimum. Nejvýznamnější tepelná zátěž vzniká prostupem slunečního světla okny. Okno orientované jižním směrem může dodávat do místnosti až 450 W/m<sup>2</sup> zasklené plochy okna. Pro snížení tepelné zátěže z oslunění slouží žaluzie, markýzy, dvojitě i trojitě zasklení, fólie, antireflexní sklo a jiné stínící prostředky. Ale jak již bylo zmíněno, nejlepším zastíněním je dokonalý návrh pasivního domu, jak je uvedeno v kapitole 3.3.2. Zastíníme-li okno, musíme někdy svítit, což z tepelně technického hlediska navyšuje zátěž. Další významnou složkou tepelné zátěže jsou lidé. Na osobu se uvažuje zátěž 150 W, ale například při sportu či tanci může tato hodnota vyšplhat až na 270 W/osobu. Nemalou zátěží je i potřeba čerstvého vzduchu, jehož letní venkovní výpočtová teplota je okolo 32°C. Do klimatizovaného prostoru se může dostat nuceně, přirozeně nebo infiltrací. Dále je potřeba dávat pozor i na teplo, které produkují např. kuchyňské spotřebiče, počítač, televize a jiné. Veškerá energie dodaná spotřebičům se promění v teplo a zvýší tepelnou zátěž. Výpočet tepelné zátěže klimatizovaného prostoru je popsán normou ČSN 73 0548 (1985).



### 6.3 Rekuperace tepla s řízeným (nuceným) větráním

Rekuperace = zpětné získávání tepla. Systém řízeného větrání s rekuperací tepla slouží k zajištění optimální výměny vzduchu v objektu, udržení teplotní pohody, rovnováhy a zároveň k minimalizaci tepelných ztrát při větrání. Tepelné ztráty přirozeným větráním u běžných rodinných domů, kde je větrání zajištěno mikroventilací nebo okenními štěrbinami, jinými netěsnostmi, či nárazovým otevřením okna, tvoří až 40 % z celkové ztráty objektu. Moderní nízkoenergetické a pasivní rodinné domy s kvalitním zatěsněním se proto již prakticky bez systému řízeného větrání s rekuperací tepla neobejdou. Stále větší nároky na těsnost obvodové obálky budovy a ostatních konstrukčních prvků vedou k faktu, že v objektu není zajištěna dostatečná výměna vzduchu. Proto jsou hrozbou problémy s vlhkostí, se vznikem plísní, s koncentrací CO<sub>2</sub> a s množením mikroorganismů jako jsou např. roztoči, což je nežádoucí a mnohdy může vést i ke zdravotním problémům obyvatel domu. Tyto potenciální hrozby odpadají po instalaci větracího systému. Je důležité si ale uvědomit, že se nejedná o vytápění. Pouze o zajištění nutné výměny vzduchu s minimalizovanou ztrátou tepla. Tudíž je třeba v objektu počítat i s nezávislou otopnou soustavou i zdrojem tepla.

**Obrázek 29** : Průřez domem s instalovanou rekuperací tepla a řízeným větráním



**Zdroj:** [www.rekuperacepaul.cz](http://www.rekuperacepaul.cz)

## 6.4 Rekuperační výměník (jednotka)

Rekuperační výměník je dnes nedílnou součástí řízeného větrání. Slouží k předání tepla mezi odváděným znehodnoceným a přiváděným čerstvým vzduchem do objektu. Přiváděný venkovní čerstvý vzduch prochází přes rekuperační výměník uvnitř vzduchotechnické jednotky, do kterého z druhé strany vstupuje teplý odpadní vzduch z objektu. Oba proudy vzduchu jsou od sebe dokonale odděleny soustavou kanálků, aby nedocházelo i k předání pachů z odváděného do přívodního vzduchu. Přes stěny kanálů teplo z odpadního vzduchu přechází do přívodního, který je tak predehříván. Rekuperační výměníky dosahují vysokých účinností předání tepla, běžně kolem 90 %. Větrací systémy pro rodinné domy nevyžadují až tolik detailní projekt jako samotný návrh pasivního domu. Větrání objektu je řízeno automaticky i v době, kdy není objekt obýván. V tuto dobu se větrá s nižší intenzitou výměny vzduchu, něco jako kdybyste odjeli na víkend a větrali na mikroventilaci. Vše ale záleží na nastavení a konkrétních přání uživatelů. Rekuperační výměníky se dělí podle konstrukčního řešení na:

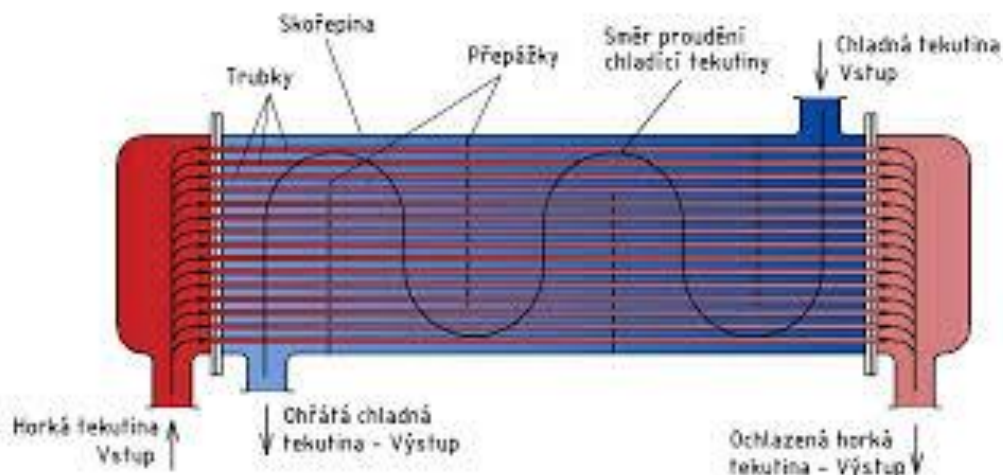
- trubkové,
- deskové.

### 6.4.1 Trubkové rekuperační výměníky

Jsou nejstarším typem. Mají výhodný tvar z hlediska pevnostního namáhání. Skládají se z vnějšího pláště a trubek, které jsou uvnitř. Průtokový průřez mezi trubkami bývá 2-3x větší než průtokový průřez trubek. V mezitrubkovém prostoru se obvykle umisťují přepážky, které zpomalují pohyb vnějšího média a prodlužují trajektorii proudění. Trubkových výměníků existuje několik provedení a ty nejpoužívanější jsou:

- **Rekuperátory s protiproudovým trubkovým výměníkem** - je trubkový výměník, s vnitřním zvrásněným povrchem. U tohoto typu výměníku dochází k turbulentnímu průchodu vzduchu. Má až 88% účinnost a vzhledem ke konstrukci, v zimním provozu nezamrzá. Nároky na elektrickou energii, jsou tedy jen ve spotřebě ventilátorů.
- **Rekuperátory – tepelné trubice** - jsou zařízení, ve kterých dochází k výměně tepla bez pohonu teplotnosného média. Využívají proces odpaření a kondenzace teplotnosné kapaliny. Trubice jsou postaveny svisle a jejich konce zasahují do přiváděcího a odváděcího potrubí. Problémem je zajištění oddělení přívodního a odvodního vzduchu a účinnost výměníku, která nepřesahuje 65 %. Výhodou je pohyb náplně bez pohonu. (ROZSYPAL)

**Obrázek 30 :** Trubkový rekuperační výměník

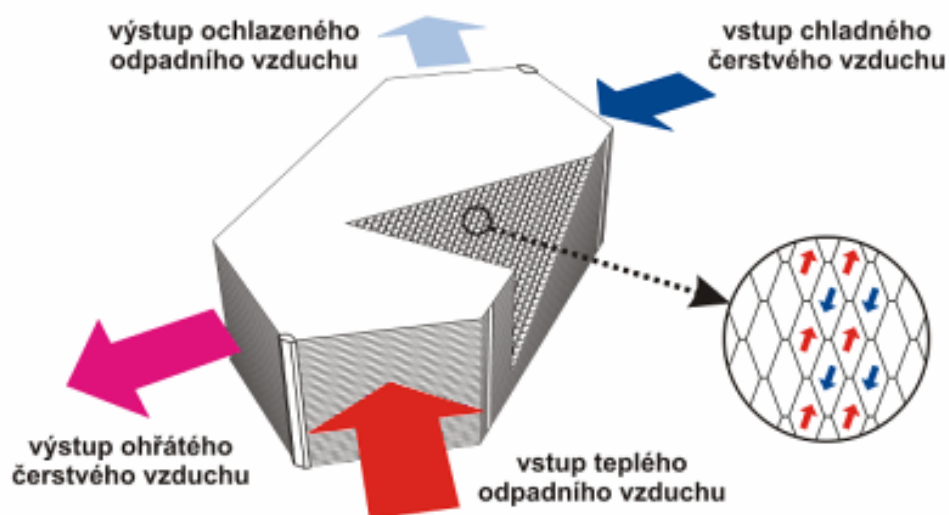


**Zdroj:** [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

#### **6.4.2 Deskové rekuperační výměníky**

V deskových rekuperátorech dochází k tepelné výměně přes teplosměnnou desku. Změna tvaru desky, která byla původně čtvercová a nahradila ji deska šestiúhelníková, vedla ke zvýšení účinnosti až na 90 % (původně okolo 60 %). Nenáročnost výrobního procesu, což je jednoduchý postup a nízké náklady, předznamenala široké využití a hlavně nejprodávanější typ rekuperátoru. Deskové rekuperátory jsou vhodné pro menší vzduchotechnická zařízení, užívají se v rodinných a bytových domech. Deskové rekuperátory mají několik výhod. Nejdůležitější z nich je bezpečně oddělený přívodní a odpadní vzduch. Pro provoz není třeba dalších energií k pohonu (např. čerpadlo) a účinnost rekuperátoru zvyšuje kondenzace, ke které může docházet. Užití deskových rekuperátorů je omezeno schopností pracovat pouze s menším objemem vzduchu, což ale pro rodinný nebo bytový dům stačí. Jak bylo zmíněno, dochází ke kondenzaci. Ta může být třeba u rotačních výměníků nežádoucí (málo používaný deskový rekuperátor). Proto se přechází k poměrně nové technologii, čímž je entalpický deskový výměník. (ROZSYPAL)

**Obrázek 31** : Deskový rekuperační výměník



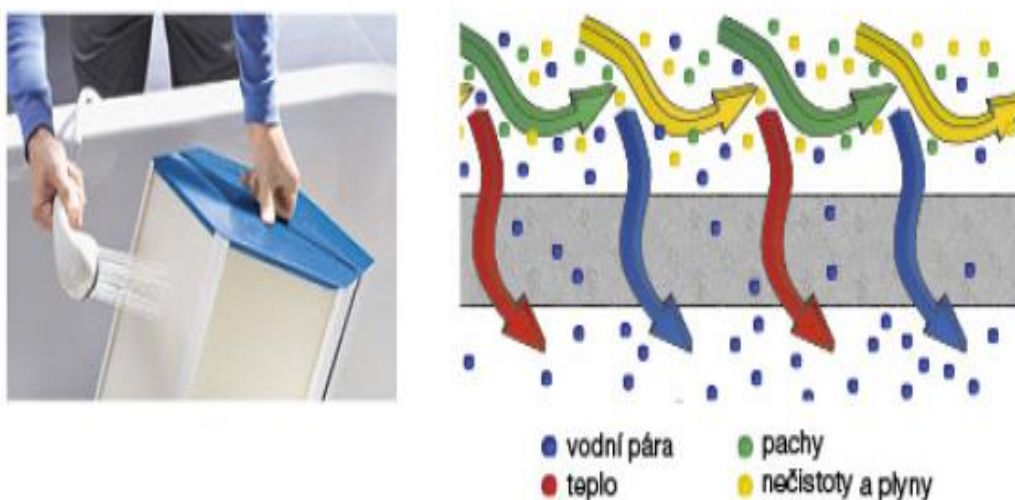
**Zdroj:** [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

### 6.4.3 Entalpický deskový výměník

Problémy s nízkou vlhkostí zvláště v zimním období, kdy klesá venkovní vlhkost pod 20 % a dochází k sesychání dřevěných výrobků v interiéru, můžeme eliminovat větrací jednotkou vybavenou entalpickým výměníkem, což je výměník tepla nové generace. Entalpický výměník oproti jinému výměníku tepla dokáže předávat z odpadního vzduchu do přiváděného čerstvého vzduchu nejenom teplo, ale taktéž vysoký podíl (cca 60–70 %) vzdušné vlhkosti. Tak lze pasivně bez dodatečné elektrické energie optimalizovat relativní vlhkost vzduchu v rodinném domě. U vysoce účinného křížového entalpického výměníku vodní pára z vlhkého odpadního vzduchu „kondenzuje“ a je nasávána přes pórovitou strukturu polymerových membrán výměníku do přiváděného vzduchu. Speciální antibakteriální vrstva polymerové membrány zabraňuje možnému prostupu odváděných pachů, mikrobů a škodlivin a zachovává vysoce hygienické prostředí. Entalpický výměník rovněž zvyšuje pohodu větrání i v zimním období, protože jednotka s entalpickým výměníkem může efektivně pracovat až do venkovní teploty cca  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  bez nutnosti snižování výkonu kvůli riziku zamrznání výměníku. Některé jednotky jsou schopné fungovat bez přehřevu i do  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Ty jsou doporučovány pro horské oblasti ČR. Pracují na 100% výkon i při těchto teplotách a přeci se doporučují opatřit přehřevem. Na horách bývá teplota v zimních měsících často i pod hranicí  $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Nicméně díky mrazuvzdornějším jednotkám není ve většině míst ČR potřeba dodatečná protimrazová ochrana jako například zemní výměník tepla nebo elektrický přehřev, které zvyšují pořizovací náklady a náklady na elektrickou energii. Další skvělé využití entalpického výměníku je pro moderní a

přibývajících dřevostavby, kde je vlhkost velmi choulostivé téma. Konstrukce dřeva musí být dostatečně vyschlá, když se z ní buduje konstrukce domu. Poté je důležitá parozábrana, aby se vlhkost nedostala do konstrukčního dřeva. Další podmínkou je právě dobrý větrací systém, aby vlhkost nerostla. Samozřejmě v úplně suchém vzduchu nemůžou lidé pohodlně dýchat. Přijatelná vlhkost je okolo 35 - 40%. Vlhkost by určitě neměla překročit hodnotu 50%, což by vedlo k tvorbě plísní, hub apod. A zde nastává prostor pro entalpický výměník. Ten nejen že umí vlhkost odvést, ale umí ji udržet na požadované hodnotě. (ROZSYPAL)

**Obrázek 32 :** Entalpický rekuperační výměník a schéma propustnosti



**Zdroj:** [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

## 6.5 Filtry

Filtry zajišťují čistotu vzduchu a v jednotce plní dvojí funkci. Chrání výměník tepla před jeho znečištěním a neprůchodností a čistí vzduch přiváděný do místností. Nejčastěji používané filtry jsou G3, G4, F5, F6, F7. Čím je v označení vyšší číslo, tím je filtr účinnější. Tím se ovšem vylučuje možnost čištění filtrů vyklepáváním nebo praním. Používáním se tlakový spád na filtrech zmenšuje, což vede ke snížení účinnosti jednotky a k nutné výměně filtrů. Jednotky s vysokou technickou úrovní mají ukazatel znečištění filtru.

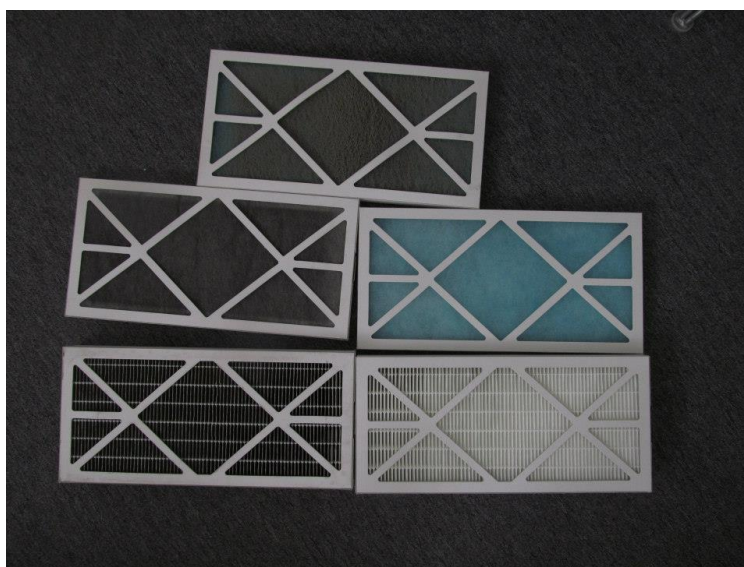
Zvyšující se prachová a pylová zátěž venkovního prostředí klade stále vyšší nároky na filtraci vzduchu. Filtry jsou nedílnou součástí všech systémů pro řízenou výměnu a cirkulaci vzduchu v objektu. Pro správný chod výměníku je důležitá pravidelná výměna filtrů, kdy je zároveň zajištěna i čistota vnitřních částí přívodních vzduchotechnických rozvodů.



- Filtry pro hrubé nečistoty jako jsou: hmyz, listí, písek – třída G1, G2.
- Základní třída filtrace pro drobné nečistoty: květný pyl, mlha – třída G3, G4.
- Jemná filtrace pro částice procházejí plícemi – třída F5, F7.

Pro běžný provoz v průběhu roku se doporučuje používat třídu filtrace G4. Při alergiích např. na pyl je to pak vyšší třída F7 v období, kdy je tato zátěž aktuální. Mohou to být například jarní kvetení lísek a olší, bříz nebo na začátku léta pyly travin. Úprava a výměna tříd filtrů je dle individuální reakce na zátěže. Vytvoří se tak pohodlné, příjemné a nedráždivé prostředí uvnitř domu. Pro potlačení smogové zátěže nebo jiných plynných zátěží, je možné využít filtry s aktivním, neimpregnovaným uhlím. Je možné využít filtrační uhlíkovou tkaninu, za kterou je nutné osadit filtr třídy G4, nebo tzv. duál fázovou tkaninu, kdy v jedné vrstvě je jemná filtrace F7 a v druhé vrstvě uhlíkové jádro. Tím dosáhneme efektivního zachycení prachových částic a potlačení plynné zátěže. Všechny větrací vzduchotechnické jednotky by měly být vybaveny filtrací čerstvého přívodního vzduchu a odpadního vzduchu z objektu pro vyšší ochranu rekuperačního výměníku před prachem. Je možné volitelně využívat základní třídu filtrace G4, jemnější F7 a kombinaci s uhlíkovými filtry.

**Obrázek 33 :** Různé druhy filtrů do rekuperační jednotky



**Zdroj:** [www.luftuj.cz](http://www.luftuj.cz)

## 6.6 Trubní vedení

Potrubí musí být tiché, dobře čistitelné a prostorově přijatelné. Proto se nejčastěji používá flexibilní plastové potrubí s vnitřním hladkým povrchem. Toto potrubí se přichytí na výstky k rozdělovacím boxům s revizním otvorem a nepřerušovaně je vedeno až k místu

distribuce, či odtahu. S přihlédnutím na místní podmínky se používá pro připojení boxů na rekuperační jednotku tlumič hluku nebo potrubí, které samo o sobě tlumí hluky, například sonovac. Potrubí lze rozvést po domě několika možnostmi:

- v podhledech,
- pod podlahou,
- v kastlích.

V případě vícepodlažních domů lze vést potrubí do patra prostupným prostorem pro TZB nebo vytvořit falešnou skříň, ta by měla být ovšem odizolována kvůli hluku.

### 6.6.1 Systém zapojení potrubí

- **Centrální (páteřní nebo také větvový) systém větrání** - Jde o systém vedení hlavního potrubí o větší průtočné ploše, který vede veškerý objem vzduchu. K tomuto hlavnímu (páteřnímu) potrubí se připojují potrubí s menší průtočnou plochou do jednotlivých místností. Přívod i odtah vzduchu musí mít svůj páteřní systém, který ovšem zabírá spoustu místa. Z tohoto důvodu se potrubí nejvíce umísťuje do speciálně udělaných sádkartonových kastlů. Ty jsou nejčastěji vedeny pod stropem, nikoliv v podhledu. Působí to neesteticky, je zde horší proveditelnost údržby potrubí a dochází i k přeslechům mezi místnostmi. Z těchto důvodů se v dnešní době využívá sporadicky.

**Obrázek 34** : Centrální systém větrání

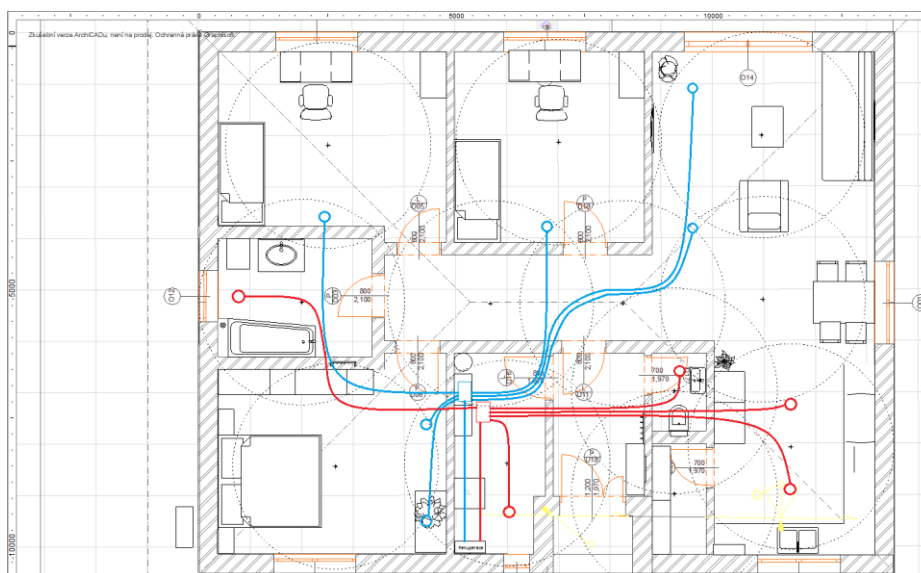


**Zdroj:** [www.luftuj.cz](http://www.luftuj.cz)



- **Decentrální (hvězdicovitý nebo také přímočarý)** - Princip spočívá v propojení rekuperační jednotky s rozdělovacím boxem pomocí potrubí sonovac. Z rozdělovacího boxu je pak nejkratší možnou a proveditelnou cestou taženo potrubí (nejčastěji potrubí duotec) do jednotlivých místností. Taktéž to platí pro přívod i odtah. Jednoduché řešení, nejčastěji vedené v podhledech, snadno udržovatelné bez možnosti přeslechů mezi místnostmi, je zaručeně nejpoužívanější volbou při pořízení rekuperace s řízeným větráním.

**Obrázek 35 :** Decentrální systém větrání



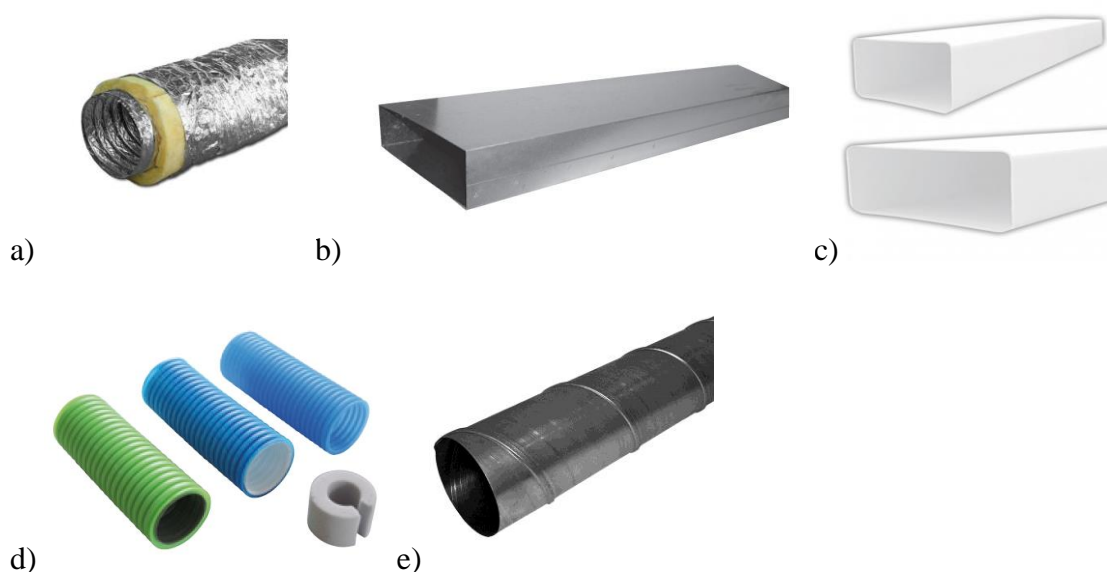
**Zdroj:** [www.luftuj.cz](http://www.luftuj.cz)

## 6.6.2 Druhy potrubí

- **Flexi hadice (a)** - navrhované rozměry: 100 (150), 125 (175), 160 (210), 200 (250) mm. Minimální požadovaná výška podhledů je 160 mm.
- **Plechové kanály (b)** - Plechové kanály mají rozměry: 220x55x2000 mm, 140x55x2000mm. Prioritně se navrhují do skladby podlah, umísťují se do kročejové izolace. Minimální výška podlahy je 120 mm.
- **Plastové kanály (c)** - Plastové kanály mají rozměry 204x60x1500 mm. Umísťují se pod strop do podhledů, při umístění do podlah nastává riziko poškození dělníky při dokončovacích pracích.
- **DUOTEC (d)** - Plastové, nejpoužívanější, vedení v podhledu. Potřebují 100mm v podhledech.

- **SPIRO (e)** - Pozinkované, také se dává do podhledu, nejdražší varianta, lepší používat DUOTEC v poměru cena/kvalita.

**Obrázek 36 :** Druhy potrubí



**Zdroj:** [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

**Tabulka 4 :** Srovnání účinnosti potrubí

| Typ potrubí                   | Hygiena          |                       |         | Tlakové ztráty | HLUK         |           | Poznámky                            |
|-------------------------------|------------------|-----------------------|---------|----------------|--------------|-----------|-------------------------------------|
|                               | Bakterie, plísně | Mechanické znečištění | Čištění |                | Vedení hluku | Přeslechy |                                     |
| Plastové 75 mm                | 100              | 100                   | 90      | 60             | 60           | 90        | Typ Hygienic                        |
| Plastové 90 mm                | 100              | 100                   | 90      | 65             | 60           | 85        | Typ Hygienic                        |
| SPIRO (pozink) 125-160 mm     | 80               | 50                    | 50      | 80             | 40           | 40        | Hluk lze řešit tlumiči (tl. ztráta) |
| Systém SONO 125-160 mm        | 50               | 20                    | 20      | 30             | 100          | 60        | Nutno použít tvarovky SPIRO         |
| Multiplast (kruh i čtyřhrann) | 50               | 40                    | 30      | 70             | 60           | 50        | Materiál bez certifikace            |
| Čtyřhranné pozink             | 80               | 40                    | 20      | 70             | 40           | 40        | Vruty výrazně zúžují porofil        |

**Zdroj:** [www.luftuj.cz](http://www.luftuj.cz)

## 6.7 Legislativa

V českém právním a normativním systému je celá řada norem vyhlášek a nařízení, které se zabývají vnitřním mikroklimatem a větráním obytných objektů. Mezi hlavní patří tyto:

- norma ČSN 73 0540 Tepelná ochrana budov,

- norma ČSN EN 15251 Vstupní parametry vnitřního prostředí pro návrh a posouzení energetické náročnosti budov s ohledem na kvalitu vnitřního vzduchu, teplotní prostředí, osvětlení a akustiku,
- zákon 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví,
- zákon 309/2006 Sb. o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci,
- vyhláška č. 268/2009 Sb. o technických požadavcích na stavby,
- vyhláška 343/2009 Sb. o hygienických požadavcích na prostory, provoz zařízení a provozoven pro výchovu a vzdělávání dětí a mladistvých,
- vyhláška 6/2003 Sb. stanovující hygienické limity chemických, fyzikálních a biologických ukazatelů pro vnitřní prostředí obytných místností některých staveb.

## **6.8 Zelená úsporám**

Pokud se někdo uváží dům zateplit, či staví pasivní, popřípadě nízkoenergetický dům, lze požádat také o finanční podporu na pořízení systému nuceného větrání s rekuperací tepla. U 50 % výše dotace na zateplení při nutnosti zaručení se snížení potřeby tepla o 60%, je připojena podmínka instalace systému nuceného větrání s rekuperací odpadního tepla s garantovanou účinností. Dotace je fixní na jeden rodinný dům ve výši 100 000 Kč a maximální výše dotací činí 75 % způsobilých výdajů. Podporovány jsou rovnotlaké větrací systémy se zpětným získáváním tepla, s centrálním vzduchotechnickým rozvodem a s ventilátory s regulací otáček.

# **7 VYUŽITÍ TEPELNÝCH ČERPADEL**

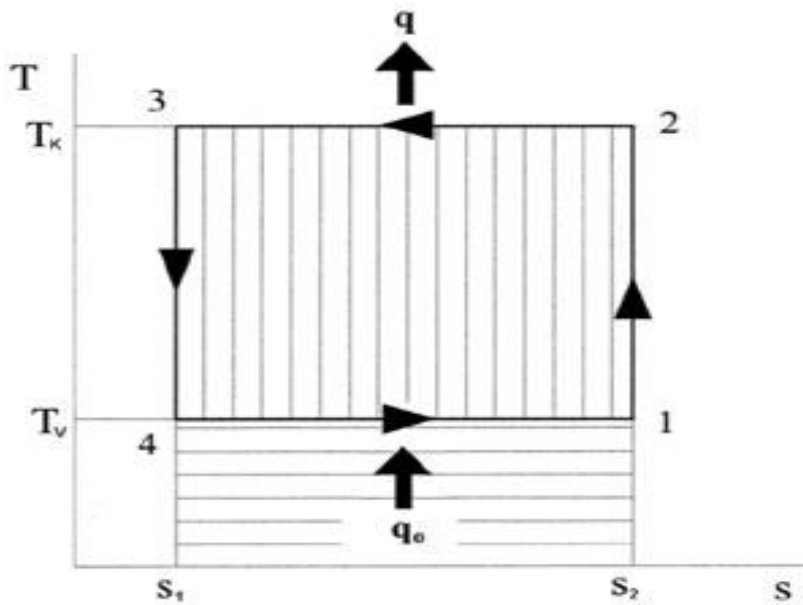
## **7.1 Princip funkce tepelných čerpadel**

Současná energetická situace států EU se poměrně dynamicky rozvíjí. Prvořadým cílem je zajistit energetickou stabilitu s využitím především obnovitelných (čistých) zdrojů energie. Velký důraz je kladen na zvýšení účinnosti a efektivity provozu energetických zařízení, včetně úspor v oblasti spotřeby energií. Největší procento vyrobené i spotřebované energie je právě v tepelné energii. Jedním z možných způsobů úspor tepelné energie v rámci bytové a investiční výstavby je využití úspornějších zdrojů. A zde nastává prostor pro tepelná čerpadla. Využitím správně nadimenzovaného tepelného čerpadla můžeme snížit spotřebu primárního zdroje energie, potřebného pro výrobu energie nutné pro pohon TČ.

Obecně lze říci, že tepelné čerpadlo, obdobně jako chladicí agregát s výparníkem umístěným při zdroji tepla, odebírá ze zdroje teplo varem a odpařováním teplotně nosné látky.

Páry teplotního média jsou následně kompresorem přečerpávány do chladiče. Tam se vysráží, zkapalní a odevzdají své teplo okolí. Odevzdané teplo má vyšší teplotní potenciál, než teplo odebírané ze zdroje. Tepelné čerpadlo je možné považovat za motor, který využívá Carnotova oběhu.

**Obrázek 37 :** Carnotův levotočivý oběh v T-s diagramu



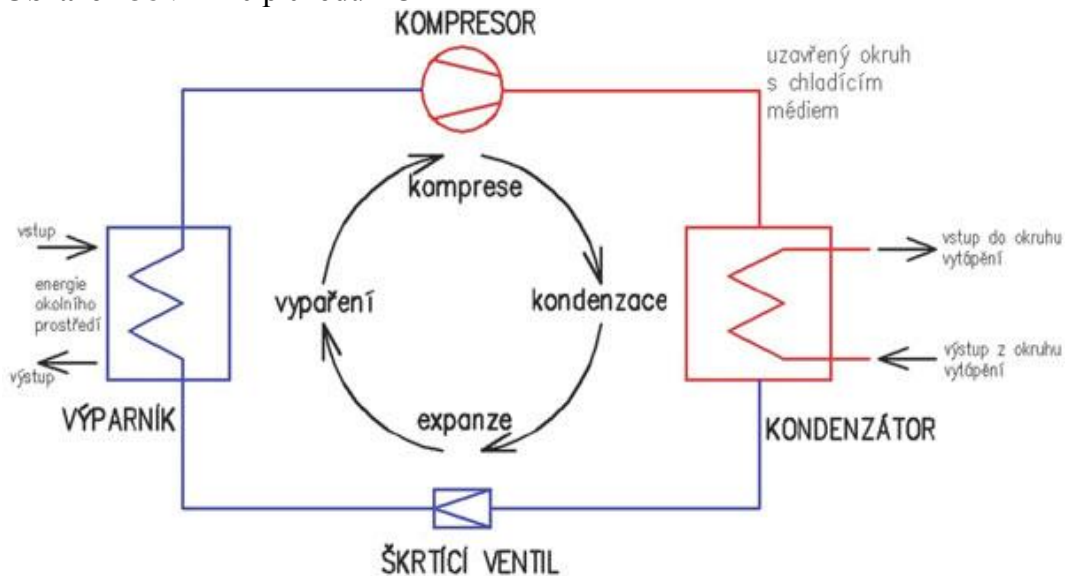
**Zdroj:** [www.casopisstavebnictvi.cz](http://www.casopisstavebnictvi.cz)

Princípem chodu tepelného čerpadla je chladicí okruh s parním oběhem. Tepelné čerpadlo, respektive chladicí okruh má čtyři základní části.

- **Výparník** – Do výparníku přivádí cirkulující medium (chlazená kapalina) nízkopotenciální teplo. Přivedené teplo způsobí vypařování chladiva. Páry chladiva se stávají nositelem této energie a přivedou ji do kompresoru. Cirkulační medium (primární okruh TČ), ze které byla tepelná energie odvedena, se ochladí a musí být znovu zvýšena její teplota ve zdroji nízkopotenciálního tepla.
- **Kompresor** – Nasává páry z výparníku, stlačuje je a vytlačuje do kondenzátoru. Práce na pohon kompresoru se přemění v teplo, které zvyšuje teplo přivedené do výparníku.
- **Kondenzátor** – Odvádí se z něj cirkulující pracovní látka (topné médium) teplo, které se přivedlo do kondenzátoru z výparníku a kompresoru. Odvedené teplo způsobuje kondenzaci par chladivého média. Energie přivedená do kondenzátoru parami chladiva se převádí do cirkulující pracovní látky (sekundární okruh TČ), převedeným teplem se pracovní látka ohřívá a zavádí se do topného systému.

- **Expanzní (škrťací) ventil** – kapalné chladivo, které zkondenzovalo při vyšším (kondenzačním) tlaku, se převádí (škrťá) do výparníku, aby se zde opět vypařilo při nižším (vypařovacím) tlaku. (KARLÍK)

**Obrázek 38** : Princip chodu TČ



**Zdroj:** [www.casopisstavebnictvi.cz](http://www.casopisstavebnictvi.cz)

## 7.2 Typy tepelných čerpadel

V současné době jsou tepelná čerpadla vyráběna ve čtyřech základních provedeních:

- země – voda;
- voda – voda;
- vzduch – voda;
- vzduch – vzduch (klimatizační jednotky).

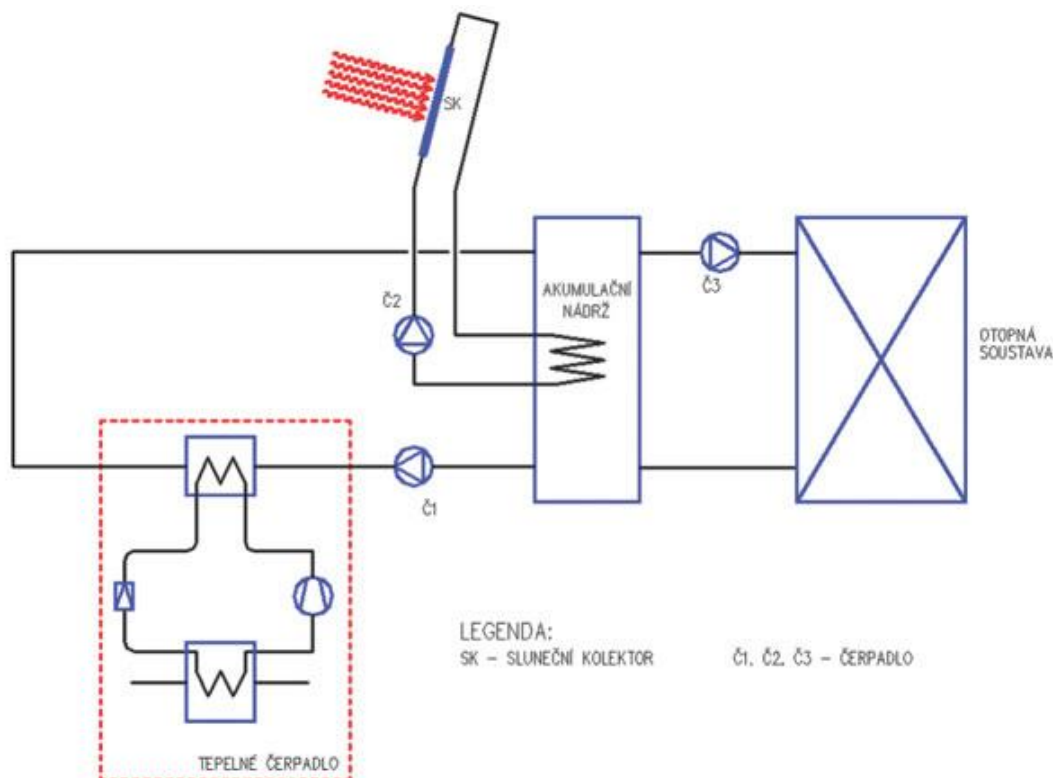
Podle druhu nízkopotenciálního tepla pro tepelné čerpadlo a podle média, kterému je teplo předáváno pro vytápění. V České republice jsou nejvíce využívána tepelná čerpadla systému země – voda a to kvůli minimálním teplotním výkyvům v primárním zdroji energie (půda) v celém průběhu roku. Do popředí se však díky vylepšeným technologiím a nově využívaným kompresorům SCROLL dostávají vzduchové systémy. Jsou to především systémy vzduch – voda, které jsou schopné pracovat i při teplotách okolí  $t_{ok} = -20\text{ °C}$  s dostatečně vysokým topným faktorem. Aby byl provoz systému s tepelným čerpadlem hodnocen jako výhodný, měl by být průměrný roční topný faktor roven minimálně hodnotě  $COP = 3$ . (SRDEČNÝ)

### 7.3 Otopné systémy s tepelnými čerpadly

Využití tepelných čerpadel je vhodné především u obytných staveb (rodinných domů) s celkovou tepelnou ztrátou do  $Q_c = 12 \text{ kW}$ . Tato hodnota odpovídá pasivním domům, jak bylo v diplomové práci již zmíněno. Systém s tepelným čerpadlem může být proveden jako monovalentní nebo bivalentní.

- **Monovalentní systém** - Tepelné čerpadlo je hlavním a jediným zdrojem tepla. Systémy v tomto zapojení se využívají velmi málo. Je to z důvodů vyšších ekonomických a energetických nákladů na tepelné čerpadlo. Výběr čerpadla musí být volen tak, aby svým výkonem krylo tepelné ztráty i při nejnižší teplotě okolního vzduchu, z čehož vyplývá, že jeho výkon není během celé otopné sezóny plně využit (systém je předimenzován). Problémem je i provozní rezerva, protože použití dvou tepelných čerpadel by bylo investičně velmi náročné.
- **Bivalentní systém** - Tepelné čerpadlo pracuje spolu s doplňkovým zdrojem tepla. Tepelný výkon tepelného čerpadla je v bivalentním systému navržen tak, aby tepelné čerpadlo krylo přibližně 60 % tepelných ztrát vytápěné budovy. Zbylé potřebné teplo je dodáno pomocí druhého (pomocného) zdroje. Tím může být například elektrokotel, plynový kotel, přímotop a hlavně solární systém. Provoz může být paralelní i alternativní. (SRDEČNÝ)

Obrázek 39 : Bivalentní zapojení TČ



Zdroj: [www.casopisstavebnictvi.cz](http://www.casopisstavebnictvi.cz)

Pro ekonomický a energeticky výhodný provoz tepelného čerpadla je velmi důležitá také volba otopné soustavy. Využití tepelných čerpadel je nejvýhodnější ve spojení s nízkoteplotními otopnými soustavami. Důvod této volby je následující – v případě že, bude tepelné čerpadlo pracovat s výstupní teplotou vyšší než 60 °C, stává se jeho provoz z energetického i ekonomického hlediska značně nevýhodný. Velmi vhodné je ve spojení s TČ využít podlahové vytápění nebo velkoplošné radiátory.

## 7.4 Zelená úsporám

V případě tepelných čerpadel je požadován určitý minimální topný faktor (4,3 pro tepelná čerpadla země-voda, 3,1 pro tepelná čerpadla vzduch-voda).

**Tabulka 5 :** Výše dotace na tepelné čerpadlo při současném zateplení

| Typ zařízení                 | Maximální výše dotace v Kč | Maximální míra podpory |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Tepelné čerpadlo voda-voda   | 100 000                    | 75 %                   |
| Tepelné čerpadlo země-voda   | 100 000                    | 75 %                   |
| Tepelné čerpadlo vzduch-voda | 75 000                     | 75 %                   |

Míra podpory je uvedena v % způsobilých výdajů.

**Zdroj:** [www.jaknazelenou.cz](http://www.jaknazelenou.cz)

**Tabulka 6 :** Výše dotace na tepelné čerpadlo bez současného zateplení domu:

| Typ zařízení                 | Maximální výše dotace v Kč | Maximální míra podpory |
|------------------------------|----------------------------|------------------------|
| Tepelné čerpadlo voda        | 80 000                     | 55 %                   |
| Tepelné čerpadlo země-voda   | 80 000                     | 55 %                   |
| Tepelné čerpadlo vzduch-voda | 60 000                     | 55 %                   |

Míra podpory je uvedena v % způsobilých výdajů.

**Zdroj:** [www.jaknazelenou.cz](http://www.jaknazelenou.cz)

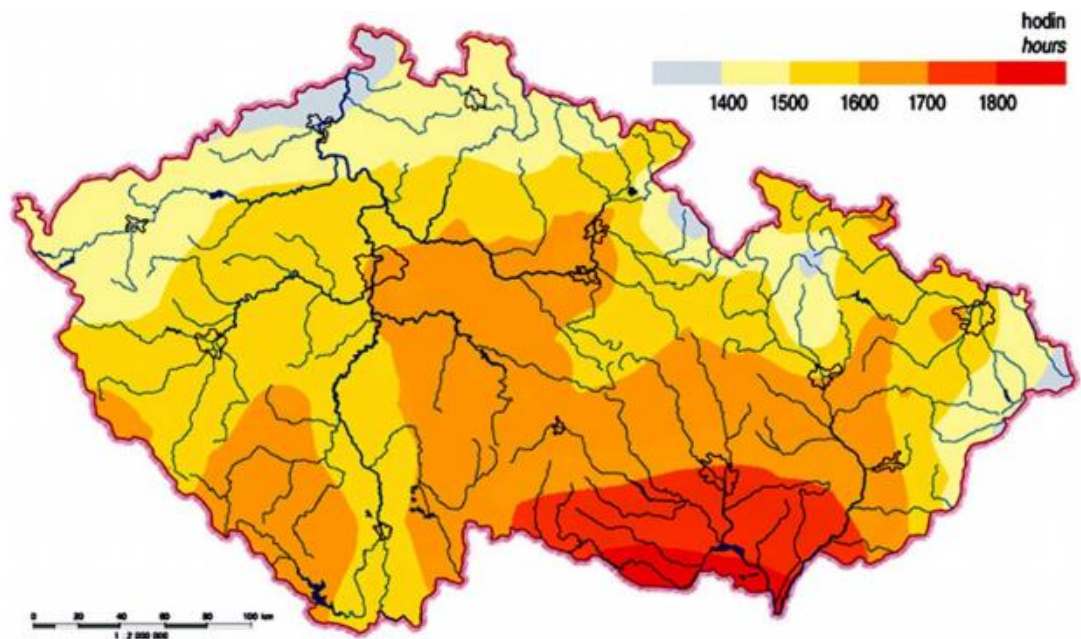


## 8 VYUŽITÍ FOTOVOLTAIKY

### 8.1 Obecné informace

Fotovoltaika je technologie pro přímou přeměnu slunečního záření na elektřinu popřípadě teplo. Jedná se o jediný zdroj elektřiny bez pohyblivých součástí. Pojem fotovoltaika je vytvořen ze dvou slov – řeckého φώς, které znamená světlo, a volt, což je jednotka elektrického napětí. Fotovoltaika je považována za trvale udržitelnou technologii. Především využívá zatím nejdostupnější obnovitelný zdroje energie na Zemi – sluneční záření. Množství slunečního záření, které každoročně dopadne na zemský povrch, je 4000krát větší než veškerá spotřeba energie celého lidstva. Další důvod je, že energie vložená do výroby fotovoltaických panelů a dalších komponent fotovoltaické elektrárny se v podmínkách České republiky vrátí zhruba za 2 roky, přičemž očekávaná životnost panelů přesahuje 30 let. (STERLING)

**Obrázek 40** : Mapa délky slunečního záření (h/rok)



**Zdroj:** [www.isofenergy.cz](http://www.isofenergy.cz)

### 8.2 Fotovoltaická elektrárna

Sluneční elektrárna dodává elektřinu do rozvodů elektrorozvodné sítě domu a tím pomáhá šetřit na svícení, provozu lednic a mrazáků, na používání počítačů a televizí, ohřevu vody, zkrátka na všem, co v domácnosti během dne spotřebovává elektřinu. Množství vyrobené elektřiny z FVE je nejprve změřeno elektroměrem a teprve potom je dodáno do

domu. Pokud má elektrárna přebytek, který by mohl odejít do sítě, pak zařízení (WATTRouter) převede tyto přebytky do bojleru, čímž dochází k ohřevu vody elektřinou. Tato chytrá funkce pomáhá zvyšovat úspory a minimalizovat dodávky přebytků do sítě.

Fotovoltaické elektrárny (FVE) se staví z kvalitních polykrystalických panelů, které se vyznačují velmi výhodně nastavenými záručními podmínkami. Zákazníci oceňují především 10 letou zárukou na výrobní vady a 25 letou lineární zárukou na výkon panelů. Srdce solární elektrárny je kompaktní jednofázový střídač SMA SunnyBoy 2.5, který se vyznačuje rozšířenými možnostmi komunikace a monitoringu například pomocí vestavěného WiFi. Výkon elektrárny a mnoho dalších údajů díky tomu můžete pohodlně sledovat na Vašem počítači nebo na telefonu.

Pro maximalizaci výnosů ze sluneční elektrárny je potřeba co nejvíce vyrobené energie spotřebovat přímo v domě a co nejméně energie posílat do sítě. Vlastní spotřebu energie pomáhá zvyšovat zařízení WATTRouter M, které je také součástí dodávky. WATTRouter monitoruje aktuální výkon elektrárny a pomocí relé a triaků je schopen skokově i plynule připojovat spotřebiče tak, aby co nejvíce využil energii vyrobenou z FVE.

### **8.3 Hybridní fotovoltaické kolektory**

Hybridní solární fotovoltaicko-tepelné kolektory poskytují současně teplo a elektřinu, nicméně produkce tepla je ze stejné plochy několikanásobně vyšší než elektřiny. Díky společné výrobě solárního tepla a elektřiny je celkový výkon na jednotku plochy FVT kolektoru vyšší než při oddělené výrobě běžným FV panelem a tepelným kolektorem. Solární kapalinové FVT kolektory nabízejí větší potenciál aplikací než vzduchové díky lepší využitelnosti tepla (tepelná čerpadla, teplá voda, bazény, vytápění, atd.). Trh se solárními hybridními FVT kolektory je v současné době omezen pouze na nezasklené kolektory kvůli problémům s běžně používanou EVA laminací FV modulů. Ta se při vysokých teplotách nad 80 °C rozkládá na acetáty (delaminace, zbarvení, degradace kontaktů korozi) a dlouhodobě není schopna odolávat teplotám 140 až 160 °C vyskytujícím se při stagnaci v zasklených kolektorech. Použití nezasklených FVT kolektorů s tepelnou účinností, výrazně závislou na okolních podmínkách (vítr, teplota), je navíc omezeno pouze na nízkoteplotní aplikace (předehřev vody, primární okruhy tepelných čerpadel). Použitím nové silikonové laminace, vysoce transparentního a pružného materiálu, teplotně odolného až do 250 °C se otevírá aplikační oblast pro zasklené FVT kolektory, zejména v solární přípravě teplé vody a vytápění. Navíc, spojení PV absorbéru laminovaného k zasklení vysoce transparentnímu v oblasti viditelného záření (pro zachování dobré FV účinnosti) avšak s nízkou emisivním povlakem může významně snížit tepelnou ztrátu FV kolektoru. (HALLER)

## 8.4 Legislativa

Fotovoltaická elektrárna (FVE) je ze zákona považována za výrobu elektrické energie. Jestliže se provozovatel FVE rozhodne připojit danou FVE do distribuční sítě, pak se na základě licence, kterou mu vydá Energetický regulační úřad (ERU), stane podnikatelem v oboru energetika. Licence na provozování FVE je obdobou živnostenského listu s tím rozdílem, že licence ERU je oprávnění podnikat v energetice v souladu s platným energetickým zákonem a živnostenský list je oprávnění podnikat v souladu s živnostenským zákonem. Z výše uvedeného vyplývá, že hlavním předpisem, který upravuje provozování slunečních elektráren je energetický zákon. Tento obor samozřejmě upravuje mnohem více dalších předpisů (zákonů a vyhlášek), z nichž některé naleznete v následujícím seznamu.

- zákon č. 458/2000 Sb. Energetický zákon ,
- zákon 26/2002 Sb., kterým se mění zákon 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích (energetický zákon),
- zákon 278/2003 Sb., kterým se mění zákon 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích (energetický zákon),
- zákon č. 180/2005 Sb. O podpoře výroby elektřiny z obnovitelných zdrojů,
- zákon ze dne 14. prosince 2010, kterým se mění zákon č. 180/2005 Sb.,
- vyhláška č. 150/2007 Sb. o způsobu regulace cen v energetických odvětvích,
- zákon 183/2006 Sb. o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon),

## 8.4 Zelená úsporám

Výše dotace na solární systém pro ohřev teplé vody závisí na tom, zda jej budete využívat také pro přitápění. Podpora těchto systémů není příliš velká, činí maximálně 50 000 Kč a 40 % způsobilých výdajů. Pokud solárním systémem nebudete přitápět, musí pokrývat spotřebu teplé vody v domě alespoň z poloviny.

# 9 STUDIE VZOROVÉHO DOMU

## 9.1 Pasivní dům v obci Vodslivy

Dům, který jsem si vybral pro svou studii, se nachází ve středočeském kraji, okres Benešov, obec Vodslivy. Dům je dřevostavba, s přívrstvem pasivní. Tento přívrstek je hoděn domu dle tepelné ztráty objektu. Pro pasivní domy se tato hodnota pohybuje od 5 do 15 kW. Pasivní dům Vodslivy je na hodnotě 5kW. Podlahová plocha činí 169,4 m<sup>2</sup>, užitná plocha 158,3 m<sup>2</sup> a výměra zahrady je 529 m<sup>2</sup>. Dům je připojen na místní vodovod, kanalizaci i

elektrickou síť. Aby byl dům co nejméně závislý na těchto zdrojích a majitelé tím pádem ušetřili co nejvíce peněz na chodu domácnosti. Proto jsem se rozhodl vytvořit tuto diplomovou práci a zjistit, kolik je majitel domu schopen ušetřit při pořízení všech dostupných systémů pro snížení potřeb zdrojů chodu domu. Začneme ale od začátku, čímž bylo vytvoření pasivního domu společností Chytrý dům, která je jednou z nejlepších v ČR ve výstavbě energeticky nenáročných domů. Konstrukci domu tvoří:

**Skladba:**

**Tloušťka U[W/(m<sup>2</sup>K)]:**

**Základové a podlahové konstrukce:**

- Podkladní beton vrstva tl. 100 mm.
- Tepelná izolace z EPS 100S tl. 250 mm
- Cementový potěr tl. 80 mm 480 mm      0,13
- Rošt dřevěné podlahy vyplněn  
vláknitou tepelnou izolací tl. 25 mm
- dřevěná masivní podlaha tl. 25 mm

**Obvodové stěny:**

- SDK deska tl. 12,5 mm
- Instalační předstěna - tepelná izolace z elastické  
dřevovláknité izolace tl. 40 mm
- OSB tl. 15 mm tepelná izolace -  
Ecose tl. 360 mm (mezi krabicové nosníky) 490 mm      0,09
- Tepelná izolace z dřevovláknité tvrdé  
desky - Hofatex System tl. 60 mm
- Omítka / dřevěný obklad (v místě obkladu není  
poslední vrstva izolace)

**Zastřešení:**

- OSB deska tl. 22 mm nad nosnými trámy
- Parozábrana - asf. modifikovaný pás tl. 4 mm 350 mm      0,11
- Tepelná izolace z EPS 100S tl. 320 mm
- Hydroizolace - folie PVC tl. 1,5 mm

- (Vegetační souvrství tl. 150 mm) - V originálním řešení je použita vegetační střecha, což je jednak ekologické a v případě nevyužití dešťových vod i praktické zateplení. Moje rozšíření však počítá s využitím těchto vod a proto zde vegetační souvrství dávat nebudu, z důvodu navýšení objemu užitkové vody. Vegetační vrstva je nejméně vhodná pro zadržení srážkových vod.

## 9.2 Návrh využití dešťových a šedých vod

V první řadě musíme samozřejmě přihlédnout k takzvaným vstupním parametrům. Jsou to údaje, které je nutné stanovit, aby celý návrh systému nepozbýval smyslu a mohl efektivně fungovat. Mezi tyto parametry patří:

- Účel využití
- Srážkový úhrn
- Zastavěná plocha
- Počet lidí obývajících dům
- Spotřebu vody
- Potřebu užitkové vody

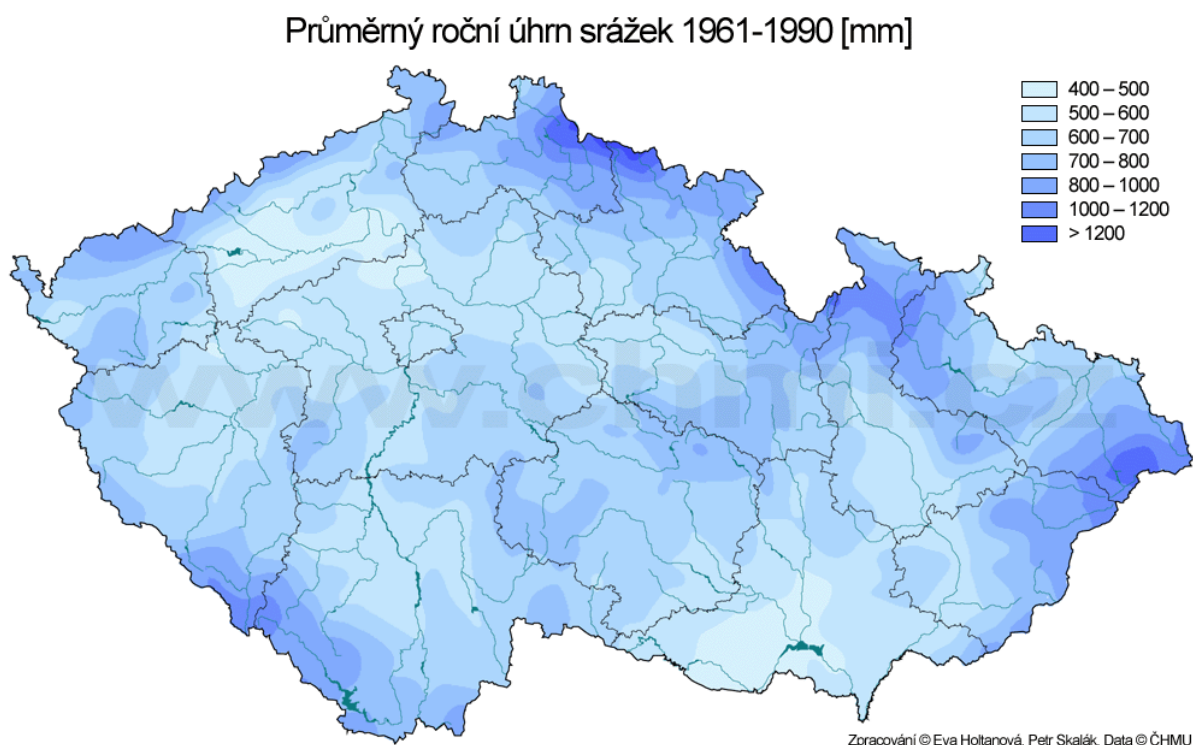
Po zjištění těchto údajů lze započít prvotní návrh využití užitkových vod v rodinném domě, popřípadě pro bytový dům.

Majitel stavby má jisté důvody proč využití dešťové a šedé vody zvažuje, či je rozhodnutý si jej pořídit. Kontakt se zákazníkem a diskutování o možnostech a záměrech je prioritou každého jednání při jakémkoliv plánování výstavby čehokoli. Účely využití zmíněné v rešeršní části se mohou u jednotlivých zákazníků lišit. Někdo by rád jen zavlažování své zahrady, někdo by rád kompletní technologii přes splachování toalety, až po klimatizaci. Z hlediska ochrany ŽP i stránky finanční je výhodné zákazníkovi vysvětlit, proč by měl investovat více a pořídit si celý systém pro využití dešťových a šedých vod, popřípadě kombinaci obou variant. Po projednání těchto aspektů se může přistoupit k dalšímu kroku, který dostává individuální tvář řešení. Můj návrh pro tento dům je využívat jak dešťové, tak šedé vody. Abychom zjistili, zda se vůbec vyplatí o tomto systému uvažovat, musíme dále zjistit, s jakým objemem vody můžeme pro využití počítat a jaký objem vody budeme potřebovat.

Srážkový úhrn je podstatný faktor, protože udává, kolik mm srážek spadne na danou lokalitu. Tento údaj lze zjistit několika způsoby. Pokud chceme přibližný úhrn pro odhadový (prvotní) návrh, poslouží nám výborně mapa srážkových úhrnů, kterou získáme z Českého Hydrometeorologického Ústavu (ČHMÚ). Tu nalezneme na webových stránkách <http://www.chmi.cz>. Zde si můžeme vybrat dlouhodobý roční srážkový úhrn za roky 1961 -

1990 nebo roční úhrny od roku 1998 až po rok 2014. Nejčastěji se používá dlouhodobý roční srážkový úhrn. Z níže uvedené mapy se průměrný roční srážkový úhrn pohybuje mezi 600 - 700 mm srážek pro zájmovou oblast obec Vodslivy. Pro hrubý návrh bychom tedy mohli použít hodnotu 700 mm. Čím více srážek, tím více se nám systém vyplatí. Naopak pro druhou variantu, pro minimum srážek, použijeme hodnotu 600 mm. Tím zjistíme nejhorší možnou variantu. Obě varianty porovnáme.

**Obrázek 41:** Mapa dlouhodobého ročního srážkového



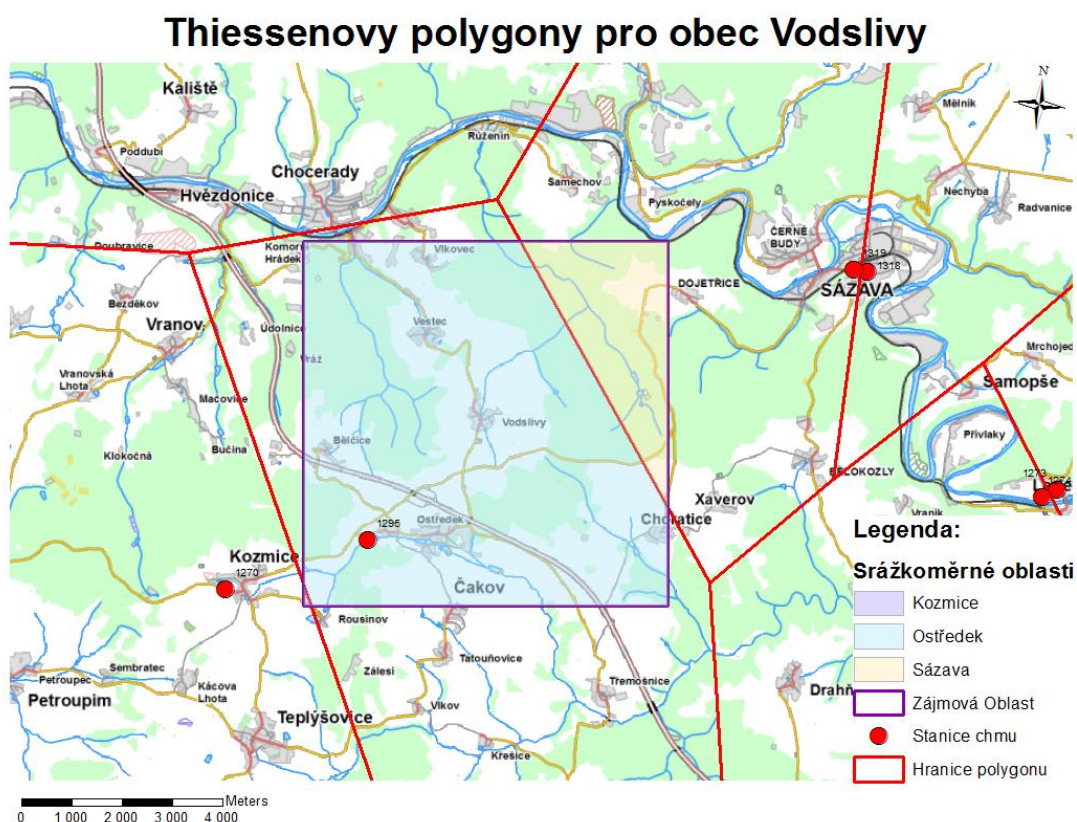
**Zdroj:** [www.chmi.cz](http://www.chmi.cz)

Dalším způsobem, jak zjistit srážkový úhrn dané lokality je pomocí metody Thiessenových polygonů. Tato metoda je v našem případě ta nejpřesnější, pokud jsou v relativní blízkosti alespoň 3 srážkoměrné stanice, ze které můžeme dostat data. Metoda spočívá v tom, že každý polygon obsahuje právě jeden měřený bod. Ostatní body uvnitř polygonu jsou blíže tomuto měřenému bodu než kterémukoliv jinému měřenému bodu. Řešené území znázorňuje čtverec o stranách 5x5 km. V potaz se bere plocha dílčích polygonů v zájmovém území, roční úhrn srážkoměrných stanic a plocha zájmového území (25 km<sup>2</sup>). Pokud bychom chtěli zjistit srážkový úhrn v jednotlivých měsících, budeme potřebovat znát i nadmořské výšky stanic a lokality a tabulku srážkových gradientů na výškový rozdíl 100m. Pro tento návrh jsem tedy spočítal přesný dlouhodobý roční srážkový úhrn pro obec Vodslivy.



Pomocí aplikace GIS jsem vytvořil polygony, nahrál vrstvu srážkoměrných stanic, vytvořil zájmové území ve tvaru čtverce se středem v obci Vodslivy a stranách 5x5 km. Poté jsem ořízl vrstvu polygonů podle zájmového území. Tím jsem vytvořil potřebnou vrstvu s hodnotami pro výpočet srážkového úhrnu.

**Obrázek 42:** Grafické řešení Thiessenových polygonů pro obec Vodslivy



**Zdroj:** Autor

Dále předkládám tabulku, jak jsem vypočetl srážkový úhrn pro zájmovou oblast.

**Tabulka 7 :** Výpočet ročního srážkového úhrnu pro obec Vodslivy

| i    | Název stanice | S roční | Plocha             | $S_i * F_i$               | S char.   |
|------|---------------|---------|--------------------|---------------------------|-----------|
|      |               | [mm]    | [km <sup>2</sup> ] | [mm] * [km <sup>2</sup> ] | [mm]      |
| 1270 | Kozmice       | 658     | 0,017              | 11,186                    | 0,44744   |
| 1295 | Ostředek      | 662     | 21,282             | 14088,684                 | 563,54736 |
| 1319 | Sázava        | 613     | 3,701              | 2268,713                  | 90,74852  |

|        |  |        |           |               |
|--------|--|--------|-----------|---------------|
| Celkem |  | 25,000 | 16368,583 | <b>654,74</b> |
|--------|--|--------|-----------|---------------|

**Zdroj:** Autor



Nyní přejdu k výpočtu objemu nádrže pro užitkovou vodu. Vycházíme z uvedených základních parametrů.

### **Množství využitelné srážkové vody:**

Množství zachycené srážkové vody  $Q$  závisí na množství srážek v dané oblasti, velikosti plochy střechy, koeficientu odtoku střechy a na koeficientu účinnosti filtru mechanických nečistot. Vypočteme jej následovně:

$$Q = (j \cdot P \cdot f_s \cdot f_f) / 1000$$

$Q$  - množství zachycené srážkové vody ( $m^3/rok$ )

$j$  - množství srážek ( $mm/rok$ )

$P$  - využitelná plocha střechy ( $m^2$ )

$f_s$  - koeficient odtoku střechy (-)

$f_f$  - koeficient účinnosti filtru mechanických nečistot (-)

Koeficient odtoku střechy  $f_s$  je uveden v tabulce vhodnosti povrchu střechy. Pro můj návrh jsem odebral vegetační pokryv, tudíž jako záchytný materiál slouží hydroizolační vrstva, jejíž součinitel odtoku je 0,9. Zpevněné plochy jako cesty jsou vyspádované směrem k zeleni. Nejedná se o znečištěné plochy, tudíž se voda může odvést přímo k vsaku do půdy.

Koeficient odtoku filtru mechanických nečistot  $f_f$  se udává podle výrobce filtru. Já jsem zvolil hodnotu 0,9.

- $j$  - množství srážek: 654,74 mm/rok
- $P$  - plocha záchytné (zpevněné) plochy: 169,4  $m^2$
- $f_s$  - koeficient odtoku střechy: 0,9
- $f_f$  - koeficient odtoku filtru mechanických nečistot: 0,9
- **$Q$  - množství zadržené vody: 89,839  $m^3/rok$**

### **Objem nádrže dle spotřeby:**

Objem nádrže  $V_v$  závisí na počtu obyvatel v domácnosti, spotřebě vody na jednoho obyvatele a koeficientu využití srážkové vody. Výpočet zohledňuje potřebnou zásobu vody na období přestávky mezi dešti formou koeficientu  $z$ :

$$V_v = (n \cdot S_d \cdot R \cdot z) / 1000$$

$V_v$  - objem nádrže dle spotřeby vody ( $m^3$ )

$n$  - počet obyvatel v domácnosti (-)

$S_d$  - celková spotřeba veškeré vody na jednoho obyvatele a den (l) – obvykle 140

$R$  - koeficient využití srážkové vody (-) – obvykle 0.5 (tj. využití srážkové vody na náhradu 50% celkové spotřeby)

$z$  - koeficient optimální velikosti (-) – obvykle 20

- $n$  - počet lidí v domácnosti: 4
- $S_d$  - spotřeba vody na osobu za den: 140 l/os a den
- $R$  - koeficient využití srážkové vody: 0,5
- $z$  - koeficient mezidešť'ové přestávky: 20
- **$V_v$  - objem nádrže dle spotřeby: 5,6  $m^3$**

#### **Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody:**

Objem nádrže  $V_p$  závisí na množství zachycené srážkové vody. Výpočet zohledňuje potřebnou zásobu vody na období přestávky mezi dešti formou koeficientu  $z$ .

$$V_p = (Q / 365) \cdot z$$

$V_p$  - objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody ( $m^3$ )

$Q$  - množství odvedené srážkové vody ( $m^3$ /rok)

$z$  - koeficient optimální velikosti (-) – obvykle 20

- $Q$  - množství odvedené srážkové vody: 89,839  $m^3$ /rok
- $z$  - koeficient mezidešť'ové přestávky: 20
- **$V_p$  - Objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody: 4,9  $m^3$**

#### **Potřebný objem a optimalizace návrhu objemu nádrže:**

Pro návrh velikosti akumulární nádrže jako minimálně potřebný objem  $V_N$  vybereme menší z vypočtených objemů:

$$V_N = \text{MIN} (V_v ; V_p)$$

$V_N$  - potřebný objem nádrže ( $m^3$ )

$V_v$  - objem nádrže dle spotřeby ( $m^3$ )

$V_p$  - objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody ( $m^3$ )

Je nutné posoudit, zda je v souladu plánovaná spotřeba a množství využitelné srážkové vody.

Soulad je v případě, že se hodnoty  $V_V$  a  $V_P$  neliší o více než 20 %.

Zaokrouhlíme výpočet  $V_V$ ,  $V_P$  a  $V_N$  na dvě desetinná místa a porovnáme jejich vzájemný vztah dle následující tabulky. Absolutní hodnota rozdílu objemů nádrží vypočtených oběma metodami se podělí hodnotou  $V_N$ . Takto vypočítaný poměr má tři varianty (ve vztahu k 20 % rozdílu):

**Tabulka 8 :** Porovnání objemů a možné opatření

| výsledek porovnání objemů                      | závěr   | možné opatření  |
|--|---|---|
| $V_V = V_P$<br>$ABS(V_V - V_P) / V_N \leq 0.2$ | optimální situace                                     |   |
| $V_V < V_P$<br>$ABS(V_V - V_P) / V_N > 0.2;$   | spotřeba srážkové vody je menší, než možnosti střechy | posoudit, zda není možné do systému zapojit pouze část střechy  |
| $V_V > V_P$<br>$ABS(V_V - V_P) / V_N > 0.2;$   | spotřeba srážkové vody je větší, než možnosti střechy | zvětšit plochu střechy (pokud je to možné) nebo počítat s častějším dopouštěním vody do systému (jiné než srážkové) |

**Zdroj:** www.asio.cz

- $V_V$  - objem nádrže dle spotřeby:  $5,6 \text{ m}^3$
- $V_P$  - objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody:  $4,9 \text{ m}^3$
- $V_N$  - potřebný objem nádrže:  $4,9 \text{ m}^3$

**Výsledek porovnání:**

**Optimální situace (poměr objemů menší než 20%)**

Tím máme stanovený objem nádrže pro srážkovou vodu. Můj návrh ale počítá s využitím jak vod dešťových, tak vod šedých. Máme sice zajištěnou rezervu období mezi dešti (20 dní), ale to není podmínka, že dešťová voda bude k dispozici. Je to jaká si konstanta pro přibližný výpočet. Dotováním šedých vod zaručíme prakticky denní příjem užitkové vody, protože lidé vytvoří za 1 den více šedé vody, než je její potřeba. Samozřejmě toto platí pouze pro chod domácnosti. Pokud chceme užitkovou vodou i zavlažovat, je nárok na objem užitkové vody daleko větší. Hlavním faktorem je plocha zavlažování. Proto přejdu dále k výpočtu produkce a potřeby šedých vod.

### Stanovení produkce šedé vody:

Ta se stanoví dle počtu činností produkujících šedou vodu za den vynásobeno počtem obyvatel. Spočítané hodnoty předkládám v tabulce níže. Produkci ŠV spočítáme dle následujícího vzorce:

$$q_{prod} = \sum_{i=1}^j q_{\check{c},i} \cdot n_{\check{c},i}$$

- $q_{\check{c}}$  - produkce šedé vody pro příslušnou činnost (l)
- $n_{\check{c}}$  - počet činností stejného druhu prováděných během dne
- $j$  - počet druhů činností prováděných během dne

**Tabulka 9 :** Produkce šedé vody (l/den)

| Druh činnosti             | Produkce vody pro příslušnou činnost | Výpočet - počet činností stejného druhu prováděných během dne |
|---------------------------|--------------------------------------|---|
|                           | qč (l)                               | nč (den)  |
| Mytí rukou                | 3                                    | 24  |
| Hygiena - umyvadlo        | 15                                   | 8   |
| Sprchování (běžná sprcha) | 45                                   | 2   |
| Koupel ve vaně            | 120                                  | 2   |
| Praní                     | 15                                   | 1   |

|            |     |       |
|------------|-----|-------|
| $Q_{prod}$ | 537 | l/den |
|------------|-----|-------|

**Zdroj:** Autor

### Stanovení potřeby šedé vody:

Pro stanovení potřeby šedé vody určujeme její denní potřebu. Denní potřeba užitkové vody ( $Q_{24}$ ) se stanoví dle vztahu:

$$Q_{24} = Q_{wc} + Q_{tech} + Q_{zal}$$

- $Q_{wc}$  - specifická potřeba pro splachování WC (l/ osoba\*den)
- $Q_{tech}$  - specifická potřeba pro technologické procesy (l/den)
- $Q_{zal}$  - specifická potřeba pro zavlažování zahrady (l/m<sup>2</sup>\*den)

**Tabulka 10** : Potřeba šedé vody (l/den)

| Druh činnosti                     | Potřeba vody pro jedno použití     | Počet použití za den | Počet obyvatel                           | Suma      |
|-----------------------------------|------------------------------------|----------------------|--|-----------|
|                                   | q (l)                              | n                    | n  | n (l/den) |
| splachování WC                    | 4                                  | 6                    | 4  | 96        |
| Technologická voda (úklid, praní) | -                                  |                      |  | 50        |
|                                   | Potřeba vody pro jedno použití (l) | Počet použití za den | Plocha pro zavlažování (m <sup>2</sup> ) | -         |
| Zavlažování                       | 1                                  | 1                    | 529                                      | 529       |

|                   |     |       |
|-------------------|-----|-------|
| Q <sub>potr</sub> | 675 | l/den |
|-------------------|-----|-------|

**Zdroj:** Autor

Tímto jsem stanovil všechny objemy užitkové vody. Z výsledků je patrné, že pokud chceme efektivně využít užitkové vody, musíme využít jak šedých, tak dešťových vod. Denní potřeba užitkových vod je totiž větší, než denní produkce.

**Návrh objemu ČOV šedých vod:**

Abychom mohli šedé vody využívat, musíme je především upravit a hygienicky zabezpečit do nezávadné formy. To nám zajistí domovní ČOV pro šedé vody. Navrhnul jsem ČOV AS-GW/AQUALOOP 12 od firmy Asio. Vychází se z denní produkce šedých vod. Ta činí přibližně 537 l/den.

**Tabulka 11** : Typy ČOV

| Typ ČOV           | Počet EO | Maximální denní nátok [L/den] |
|-------------------|----------|-------------------------------|
| AS-GW/AQUALOOP 6  | 6        | 300                           |
| AS-GW/AQUALOOP 12 | 12       | 600                           |
| AS-GW/AQUALOOP 18 | 18       | 900                           |
| AS-GW/AQUALOOP 24 | 24       | 1200                          |
| AS-GW/AQUALOOP 30 | 30       | 1500                          |
| AS-GW/AQUALOOP 36 | 36       | 1800                          |
| AS-GW/AQUALOOP 48 | 48       | 2400                          |

**Zdroj:** www.asio.cz

### **Návrh akumulární nádrže:**

Při návrhu akumulární nádrže musíme vzít opět v potaz, jestli využíváme pouze jeden nebo oba druhy užitkových vod. V tomto konkrétním návrhu využíváme jak šedé, tak i dešťové vody. Z hlediska bezpečnosti navrhujeme objem na  $V_N$  (dešťové vody) a  $Q_{\text{prod}}$  (šedé vody). Tyto objemy sečteme a přidáme bezpečnostní rezervu cca 20 %.

$$V_{AN} = V_N + Q_{\text{prod}} + (20\% V_{AN})$$

$$V_{AN} = 6,52 \text{ m}^3$$

Z důvodů výrobních objemů navrhují akumulární nádrž AS-REWA kombi 6 EO/PB o objemu **6,48 m<sup>3</sup>** od firmy Asio.

### **Návrh retenční nádrže pro vsakování:**

Každá akumulární nádrž musí mít bezpečnostní přeliv, který je vyústěn buď do kanalizační přípojky, nebo do retenční nádrže. Já jsem zvolil retenční nádrž, protože půdní podmínky vyhovují pro vsakování užitkové vody a hlavně tím pomůžu k zasakování srážek na místě spadu a nedochází k intenzivnímu vysušování urbanizovaného území. Vybereme typ retenční nádrže. Mně se líbí jednoduchá plastová retenční nádrž AS - KRECHT od firmy Asio. Dále si stanovíme postup pro návrh retenční nádrže:

- Stanovení povrchového odtoku
- Stanovení retenčního objemu
- Posouzení vybraného typu RN a plocha vsaku
- Stanovení vsakového odtoku

### **Stanovení povrchového odtoku:**

Určíme nejbližší možnou oblast pro návrhové deště a přidáme periodicitu, která udává četnost největších přívalových srážek. Například hodnota 0,2, kterou jsem zvolil, je pro 5 letou periodu.

**Tabulka 12 :** Výpočet povrchového odtoku pro objem retenční nádrže

| Typ plochy -> součinitel odtoku $\varphi$          | Odtok. souč. $\varphi$ | Odvodňovaná plocha S [m] | S [ha] | Redukovaná plocha $S_r = S * \varphi$ | $S_r$ [m <sup>2</sup> ] |
|--|------------------------|--------------------------|--------|---------------------------------------|-------------------------|
| plochá střecha / lepenka (0,9)                     | 0,90                   | 107                      | 0,01   | 96                                    | 96,48                   |
| plochá střecha / lepenka (0,9)                     | 0,90                   | 62                       | 0,01   | 56                                    | 55,98                   |
| šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0) | 1,00                   | 0                        | 0,00   | 0                                     | 0                       |
| šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0) | 1,00                   | 0                        | 0,00   | 0                                     | 0                       |
| šikmá střecha / kov, sklo, břidlice, eternit (1,0) | 1,00                   | 0                        | 0,00   | 0                                     | 0                       |
| <b>Celkem</b>                                      |                        |                          |        | <b>152,46</b>                         | <b>152</b>              |

Výpočet potřebného retenčního objemu zasakovacího systému pro úhrny srážek dle návrhu normy ČSN 75 9010

|   |                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|---|----------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Doba trvání deště $T_c$                     | min            | 5    | 10   | 15   | 20   | 30   | 40   | 60   | 120  |      |
| Návrhové úhrny srážek                       | mm             | 11,3 | 16,5 | 19,5 | 21,1 | 23,2 | 24,7 | 26,9 | 30,6 |      |
| Povrchový odtok $Q_d$ ( $Q_c^{**}$ )        | l/s            | 5,7  | 4,2  | 3,3  | 2,7  | 2,0  | 1,6  | 1,1  | 0,6  |      |
| Retenční odtok $Q_r = Q_{d(0)} - Q_o - Q_v$ | l/s            | 5,7  | 4,1  | 3,3  | 2,6  | 1,9  | 1,5  | 1,1  | 0,6  |      |
| Retenční objem $V = V_d - Q_{vst} * T_c$    | m <sup>3</sup> | 1,9  | 2,8  | 3,3  | 3,6  | 3,9  | 4,1  | 4,5  | 4,9  |      |
| Doba trvání deště $T_c$                     | hod            | 4    | 6    | 8    | 10   | 12   | 18   | 24   | 48   | 72   |
| Návrhové úhrny srážek                       | mm             | 36,6 | 42,5 | 43,2 | 43,8 | 44,5 | 46,4 | 46,9 | 58,9 | 62,5 |
| Povrchový odtok $Q_d$ ( $Q_c^{**}$ )        | l/s            | 0,4  | 0,3  | 0,2  | 0,2  | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,0  |
| Retenční odtok $Q_r = Q_{d(0)} - Q_o - Q_v$ | l/s            | 0,3  | 0,3  | 0,2  | 0,1  | 0,1  | 0,1  | 0,0  | 0,0  | 0,0  |
| Retenční objem $V = V_d - Q_{vst} * T_c$    | m <sup>3</sup> | 5,6  | 6,3  | 6,0  | 5,8  | 5,5  | 4,8  | 3,8  | 1,7  | 0,0  |

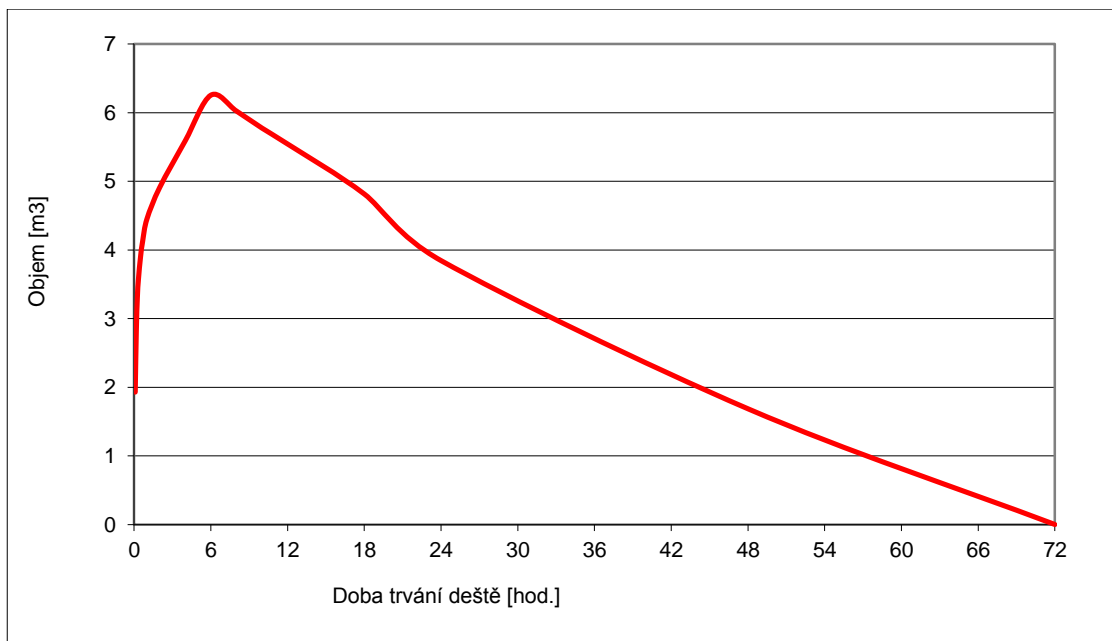
Červené hodnoty uvedené v tabulce jsou zobrazeny v grafu

**Zdroj:** Autor

### Stanovení retenčního objemu:

Z tabulky výše, vyhledáme vypočtený, největší možný retenční objem. Ten vyšel pro 6 hodinové trvání deště o objemu **6,3 m<sup>3</sup>**.

**Obrázek 43:** Graf prázdnění retenční nádrže



**Zdroj:** Autor



### **Posouzení vybraného typu RN a plocha vsaku:**

Podle skladebních rozměrů vypočítáme, kolik kusů bloků budeme potřebovat pro vytvoření retenční nádrže. Pro můj návrh budu potřebovat **5 kusů bloků** a **využití RN** bude z **81,3%**. Máme tím i zajištěnou rezervu cca 20%. **Plocha vsaku** vyšla **19,55 m<sup>2</sup>**.

### **Stanovení vsaku:**

Určení vsaku udává objem vsáklé vody za čas. Tento údaj pomůže určit i dobu prázdnění retenční nádrže.

$$Q_{\text{vsak}} = 1 / f * k_v * A_{\text{vsak}}$$

- f - součinitel bezpečnosti vsaku: 2
- k<sub>v</sub> - hydraulická vodivost (hlinitý písek): 5\*10<sup>-6</sup> m/s
- A<sub>vsak</sub> - plocha vsakovacího objektu: 19,55 m<sup>2</sup>
- Q<sub>vsak</sub> - vsakový odtok: **0,049 l/s**

Tím je hotový návrh hlavních komponentů pro využití užitkových vod. Je nutno dodat, že i tento systém využití užitkových vod musí být napojen na klasický vodovod, kvůli možnosti nedostatku například srážkových vod. Je ovšem nutné zaopatřit systém napojení pitné vody různými zpětnými klapkami a výškovými rozdíly, aby se nedostala užitková vody do vedení pitné vody.

## **9.3 Návrh rekuperace tepla a řízeného větrání**

V praxi se návrh tohoto systému neřeší úplně přesně. Jde spíše o zjištění kubatur větraných místností a zajištění výměny objemu vzduchu daného vyhláškou a normou pro místnosti s různým využitím. V tomto konkrétním návrhu byla rekuperace řešena, ale nikde nejsou uvedeny hodnoty. Proto jsem se rozhodl nastínit postup navržení a ověřit, zda navržená rekuperační jednotka s řízeným větráním vyhovuje pro tento vzorový dům.

### **Přesné požadavky na větrání dle ČSN 73 0540:**

ČSN 73 0540 - Tepelná ochrana budov o výměně vzduchu v obytných místnostech udává, že ve všech chráněných vnitřních prostorech stavby současně musí být zajištěna minimální výměna vzduchu v době pobytu osob alespoň 25 m<sup>3</sup>/hod na každou osobu, pro kterou je

stavba dimenzována nebo musí proběhnout výměna celého objemu vzduchu v místnosti nejméně jedenkrát za zhruba 2 hodiny. Dále musí být dodržena hodnota maximální přípustné koncentrace oxidu uhličitého 1000ppm, která slouží jako ukazatel intenzity a kvality větrání. Tu si ovšem hlídají čidla pro měření koncentrace CO<sup>2</sup>. Pro vzorový dům jsem vytvořil tabulky s minimálními hodnotami pro přívod a sání vzduchu podle jednotlivých místností.

**Tabulka 13** : Minimální objemy pro přívod vzduchu

| Tabulka místností pro <b>přívod</b> vzduchu 1.NP |                 |                                |
|--|-----------------|--------------------------------|
| Označení na výkresu                              | Účel místnosti  | Minimální objem m <sup>3</sup> |
| 1.03   | pracovna        | 25                             |
| 1.04   | pokoj pro hosty | 50                             |
| 1.08   | obývací pokoj   | 100                            |

| Tabulka místností pro <b>přívod</b> vzduchu 2.NP |                |                                |
|--|----------------|--------------------------------|
| Označení na výkresu                              | Účel místnosti | Minimální objem m <sup>3</sup> |
| 2.02   | pracovna       | 25                             |
| 2.04   | pokoj          | 25                             |
| 2.05   | pokoj          | 25                             |
| 2.07   | ložnice        | 50                             |

|                        |     |                |
|------------------------|-----|----------------|
| Minimální objem celkem | 300 | m <sup>3</sup> |
|------------------------|-----|----------------|

**Zdroj:** Autor

**Tabulka 14** : Minimální objemy pro sání vzduchu

| Tabulka místností pro <b>sání</b> vzduchu 1.NP |                |                                |
|--|----------------|--------------------------------|
| Označení na výkresu                            | Účel místnosti | Minimální objem m <sup>3</sup> |
| 1.05   | koupelna       | 50                             |
| 1.07   | wc             | 30                             |
| 1.08   | kuchyň         | 50                             |

| Tabulka místností pro <b>sání</b> vzduchu 2.NP |                |                                |
|--|----------------|--------------------------------|
| Označení na výkresu                            | Účel místnosti | Minimální objem m <sup>3</sup> |
| 2.03   | archiv         | 10                             |
| 2.06   | koupelna       | 50                             |
| 2.08   | šatna          | 10                             |

|                        |     |                |
|------------------------|-----|----------------|
| Minimální objem celkem | 200 | m <sup>3</sup> |
|------------------------|-----|----------------|

**Zdroj:** Autor

### Rekupační jednotka NILAN Annaconda AW6:

Dle projektantů byla navržena tato rekupační jednotka. Je to zřejmě nejlepší polyfunkční rekupační jednotka o výkonu 350 m<sup>3</sup>/hod s integrovaným tepelným čerpadlem, zásobníkem na ohřev vody o objemu 180 l a možností připojení bivalentního zdroje pro otopnou soustavu. Pro **rekuperci tepla** je důležitá **účinnost rekupačního entalpického výměníku**. Ta je u této jednotky na hodnotě **96%**. Pro větrání nás samozřejmě zajímá výkon jednotky. Ten udává objem vzduchu, který je jednotka schopna vyměnit za určitý čas, nejčastěji m<sup>3</sup>/hod. Pro náš návrh bereme nejvyšší hodnotu z vypočtených tabulek (13, 14).

$$V_v = V_j - V_{\text{potr}} \text{ (m}^3\text{/hod)}$$

- $V_{\text{potr}}$  - potřebný objem vzduchu 300 m<sup>3</sup>/hod
- $V_j$  - výkon (objem) rekupační jednotky 350 m<sup>3</sup>/hod
- $V_v$  - výsledný objem vzduchu **+50 m<sup>3</sup>/hod**

Pokud ve výsledném objemu dostaneme kladné číslo, můžeme posuzovanou jednotku použít. Když je výsledný objem roven nule, lze jednotku použít. Zde ovšem stojí pouvažovat nad tím, že jednotka musí pracovat na plný výkon.

Pokud je výsledný objem záporný, má jednotka nedostatečný výkon. Musíme navrhnout jinou rekupační jednotku, jejíž výkon bude dostačující.

### Návrh technologických součástí:

Navrhnutím vhodné rekupační jednotky řešení nekončí. Dále je nutné navrhnout potrubní rozvody a zajistit bezproblémový chod větrání domu. Při návrhu potrubí musíme brát v potaz, že nám nestačí pouze jeden druh. Využíváme různé druhy potrubí i průměrů.

- Potrubí pro sání a odtah; **exteriér - jednotka**: odizolované potrubí, o požadovaném průměru rekupační jednotky, v tomto případě 160 mm (EPP nebo Mirelon)  
**Zde je velice důležitá podmínka, že potrubí pro sání čerstvého vzduchu a odtah odpadního vzduchu musí být vzdálen minimálně 1,5 metru od sebe, aby nedocházelo k nežádoucímu mísení.**
- Potrubí pro sání a odtah; **jednotka - rozdělovací box**: nejčastěji tepelně a hlukově odizolované potrubí o požadovaném průměru 160 mm (Spiro s izolací nebo Sonovac)

- Potrubí pro sání a odtah; **rozdělovací box - talířový ventil místnosti**: zde už dochází ke změně jak materiálu, tak i průměru potrubí. (Duotec nebo Spiro)

Rozdělovací box má za úkol rozdělit vzduch stejnoměrně do každého výstku, na které jsou připojeny distribuční potrubí do/z jednotlivých místností. Pro tento návrh jsem zvolil speciální rozdělovací box Zircon, který umí jednu skvělou funkci. Jedná se o uzavření klapky odtahu i sání externího vzduchu a podpora cirkulace interního vzduchu. Tím lze zajistit, že po dobu (nejčastěji) 45 minut nám cirkuluje pouze interní vzduch, což je velmi výhodné, pokud potřebujeme co nejrychleji vytopit nebo naopak ochladit vnitřní vzduch.

V tomto řešení návrhu je nutné nezapomenout na to, že navržená rekuperační jednotka má i reverzní chod pro chlazení. Tudíž se doporučuje dle možností tepelně odizolovat potrubí z rozdělovacího boxu k talířovému ventilu a to v délce 4 - 6 metrů, kvůli tvorbě kondenzátu. Stačí použít izolační objímky K-flex pro daný průměr potrubí. Osobně bych navrhnul potrubí Duotec o průměru 75 mm. K tomuto potrubí patří samozřejmě i talířové ventily pro přívod nebo sání interního vzduchu. Podle potřeby objemu vzduchu je stanoven i počet potrubních rozvodů na jeden talířový ventil, nejvíce však 2.

- Pro 0 - 30 m<sup>3</sup>/hod 1 přívodní potrubí
- Pro 31 - 60 m<sup>3</sup>/hod 2 přívodní potrubí
- Pro V > 60 m<sup>3</sup>/hod - Nutnost instalování více talířových ventilů do místnosti (nejčastěji obývací pokoje)

Dalším problémem bývá i vedení potrubí do patra. Pro vzorový dům jsem navrhl vytvořit šachtu z technické místnosti v prvním podlaží, kde se rekuperační jednotka nachází, do pokoje 2.05 ve druhém podlaží. Tato šachta se v pokoji schová do falešné skříně, která musí mít revizní dvířka a musí být dobře hlukově i tepelně odizolovaná.

Protože se jedná o rovnotlaký systém, je nezbytně nutné brát v potaz veškeré zařízení, které by mohlo tento systém narušovat. Například pokud je v domě krb. U krbu je nutné zajistit, aby byl zřízen jako uzavřený samostatný spotřebič s vlastním větracím systémem. To znamená, aby měl svůj vlastní přívod vzduchu a odtah dýmu, tím není ovlivněn tlak v domě a zabrání se tak nebezpečnému vyšlehnutí do místnosti v případě podtlaku. Pro potřebné odizolování slouží krbová vložka. Ta je velice důležitá, zvláště pak v dobře utěsněných

domích. V mém vzorovém domě se nachází krb, proto bych musel, jakožto projektant, na tento problém upozornit stavební firmu.

Další nutností je recirkulační digestoř v kuchyni. Ta má za úkol zachytit mastnoty na uhlíkových filtrech a předčistit tak odsávaný vzduch, aby nedocházelo k zanášení odtahového potrubí. Digestoř nemůže být přímo napojena na systém rekuperace tepla s řízeným větráním, kvůli nerovnosti tlaku se systémem.

Pro případný zápach z kuchyní při vaření, popřípadě z toalet, či nadměrné vlhko v koupelnách po sprchování, je velice vhodné si pořídit spínače pro rychloventilaci (rychloodsávání). Jde o nárazový dvojnásobný odtah většinou po dobu 5 - 10 minut, kdy rekuperační jednotka pomocí režimu boost rychle odvede nežádoucí zápach nebo vlhkost.

#### 9.4 Návrh tepelného čerpadla a fotovoltaiky

Pro návrh tepelného čerpadla se vychází z hodnoty tepelné ztráty budovy. Ta udává potřebný topný výkon zdroje pro vytopení objektu při daných okrajových podmínkách, dle lokality. Nejběžněji pro teplotu  $-15^{\circ}\text{C}$ . Rekuperační jednotka má své vlastní kompatibilní TČ Convert (6 - 28 kW). Ve vzorovém domě je navrženo TČ Convert AW6 s topným výkonem 7 kW. Tepelná čerpadla se většinou dimenzují na 80% pokrytí tepelných ztrát při teplotách  $-15^{\circ}\text{C}$ . Zbýlých 20% je dotován elektrickou spirálou pro dohřívání. Pokud si ale vezmeme teploty v zimě z posledních let, pohybují se průměrně okolo  $2^{\circ}\text{C}$ . To snižuje tepelné ztráty zhruba o 1/3 (3,3 kW). Při teplotách kolem  $6^{\circ}\text{C}$  je to cca už jen polovina tepelných ztrát. Tudíž je neekonomické dimenzovat TČ na 100% krytí a tím spíš, pokud někdo užívá tepelné čerpadlo v režimu ON/OFF, tedy běží/neběží. Použité tepelné čerpadlo Convert AW6 má však systém regulace výkonu TČ. To snižuje i náklady na potřebnou energii pro chod tepelného čerpadla. Topný výkon uváděný pro venkovní teplotu  $2^{\circ}\text{C}$  a vnitřní teplotu  $35^{\circ}\text{C}$  je oněch 7 kW. Výkon tepelného čerpadla kolísá zhruba o 0,4 kW na teplotní rozdíl  $5^{\circ}\text{C}$ . Pokud tedy uvažíme, že teplota opravdu klesne na  $-15^{\circ}\text{C}$  vypočteme krytí tepelných ztrát následovně:

$$P_{\text{výsl}} = P_{\text{výr}} - (+) (\Delta t / 5 * P_{\text{kol}})$$

[závislost přičítání nebo odčítání - dle uvažované teploty větší/menší než  $2^{\circ}\text{C}$ ]

- $P_{\text{výr}}$  - výkon TČ daný výrobcem při  $2^{\circ}\text{C}$  7 kW
- $\Delta t$  - absolutní rozdíl teplot od mezní hodnoty  $2^{\circ}\text{C}$   $17^{\circ}\text{C}$
- $P_{\text{kol}}$  - kolísavost výkonu při rozdílu  $5^{\circ}\text{C}$  0,4 kW
- $P_{\text{výsl}}$  - výsledný výkon TČ (při  $-15^{\circ}\text{C}$ ) **5,64 kW**

Z tohoto výpočtu vyplývá, že TČ bylo navrženo více než dobře a i při  $-15^{\circ}\text{C}$  nám je schopno pokrýt tepelné ztráty i při chodu TČ na  $88,65\% = 5 \text{ kW}$ . Zbytek výkonu můžeme buď ušetřit, nebo využít pro ohřev nádrže na teplou vodu.

Pro výpočet ohřevu vody jsem využil jednoduchý kalkulátor, kde jsem nastavil hodnoty pro případ využití tepelného čerpadla jak pro vytápění domu, tak i pro ohřev teplé vody při venkovní teplotě  $2^{\circ}\text{C}$ . Jak bylo již řečeno, při této teplotě je hodnota tepelné ztráty cca o 1/3 nižší. To znamená:

- $Q_p$  - tepelná ztráta při  $2^{\circ}\text{C}$   $5 * 0,66 = 3,3 \text{ kW}$
- $P_{OV}$  - výkon pro ohřev vody při  $2^{\circ}\text{C}$   $7 - 3,3 = 3,7 \text{ kW}$

Výpočet jsem konfiguroval k mému obrazu. V nabídce nebylo tepelné čerpadlo, ale mohl jsem manuálně zadat účinnost TČ (0,98). Objem vody je samozřejmě shodný, taktéž šlo zadat (180 litrů). Jedna velká změna zde nastává, kdy nebereme v potaz příkon, ale naopak výkon TČ, který jsem stanovil v odrážce výše (3,7 kW).

**Obrázek 44:** Kalkulace doby ohřevu celého objemu zásobníku pro teplou vodu tepelným čerpadlem, při teplotních podmínkách  $2^{\circ}\text{C}$  a současného vytápění budovy

The image shows a calculator interface for determining the heating time of a water tank. The interface is divided into several sections:

- Temperature Inputs:**
  - Output temperature:  $t_1 = 45^{\circ}\text{C}$
  - Input temperature:  $t_2 = 10^{\circ}\text{C}$
- Water Properties:**
  - Volume of water [l]: 180
  - Mass of water [kg]: 179.2
- Heating Parameters:**
  - Used fuel: --- Mastní zadání ---
  - Heating efficiency  $\eta$ : 0.98
  - Required energy for heating water: 7.4 kWh
- Calculation Results:**
  - Power  $P$ : 3.7 kW
  - Heating time  $\tau$ : 2 hod 0 min 43 s

**Zdroj:** [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)

**Doba ohřevu při zadaných parametrech T je 2 hodiny.**

Dalším návrhem nebo kombinací s tepelným čerpadlem, může být fotovoltaika. Je to čistý, nenáročný zdroj energie. Pro tento vzorový dům k věci vytápění nebo ohřevu vody by využití fotovoltaiky postrádalo smysl. Tepelné čerpadlo postačí k zajištění těchto potřeb. Pokud bychom ale chtěli být do určité míry nezávislý i na odběru proudu, pak je fotovoltaika určitě vhodným řešením. Člověk spotřebuje v průměru okolo 900 - 1100 kWh/rok. V případě 4 členné rodiny tato hodnota činí 3600 - 4400 kWh/rok. Tato spotřeba je vztažena na osvětlení a provoz el. spotřebičů. K pokrytí těchto potřeb si musíme stanovit možnosti pro návrh. To jsou především dispoziční uspořádání a plocha pro umístění fotovoltaických panelů.

Vzhledem k ploché střeše o ploše 107 m<sup>2</sup> máme relativně dost místa pro umístění fotovoltaických panelů. Dispozice vůči světovým stranám je také vyhovující - jihozápad. Návrh lze provést dvěma způsoby:

- Dle volné plochy pro využití
- Dle požadovaného výkonu fotovoltaické elektrárny

Pro přibližný návrh pokrytí nároků elektřiny 4 členné rodiny za rok, se nejvíce používá výkon fotovoltaické elektrárny v rozmezí hodnot 4 - 5 kWp. Navrhnul jsem tedy přibližný fotovoltaický systém pro výrobu 4,25 kWp/rok. Podle nároků na výkon jednoho panelu stanovíme jejich počet. Standardně se výkon jednoho panelu pohybuje mezi 230 - 250 Wp/rok. Dále si najdeme plochu panelu, který budeme používat. Plocha jednoho panelu se pohybuje okolo 1,5 - 1,7 m<sup>2</sup>. Můj vybraný panel má plochu 1,65 m<sup>2</sup>.

- Nejdříve převedeme jednotky: 4,25 kWp = 4250 Wp = 4250 kWh
- Celkový roční výkon podělíme ročním výkonem jednoho panelu: 4250 / 250 = 17ks
- Vypočteme celkovou plochu systému: 17 \* 1,65 = 28,05 m<sup>2</sup>

Samozřejmě je to jen přiblížení návrhu fotovoltaické elektrárny s využitím energie pro domácnost. Přesný výpočet musí zahrnovat sklon panelů, danou produkci světla, která odpovídá řešené lokalitě, přepočtenou na měsíce, dále určení % účinnosti vzhledem ke světovým stranám, různé ztráty pro jednotlivé měsíce a samozřejmě i odpovídající provoz domu.



## 9.5 Výsledky, rozpočet a návratnost

Zde předkládám přibližný souhrnný přehled výsledků, pořizovacích cen jednotlivých systémů a jejich návratnost.

### Využití dešťových a šedých vod:

|  |                            |
|--|----------------------------|
| • roční srážkový úhrn obec Vodslivy                                    | 654,74 mm                  |
| • Q - množství zadržené vody:  | 89,839 m <sup>3</sup> /rok |
| • V <sub>v</sub> - objem nádrže dle spotřeby:                          | 5,6 m <sup>3</sup>         |
| • V <sub>P</sub> - objem nádrže dle množství využitelné srážkové vody: | 4,9 m <sup>3</sup>         |
| • V <sub>N</sub> - potřebný objem nádrže:                              | 4,9 m <sup>3</sup>         |
| • Q <sub>prod</sub> - produkce šedé vody:                              | 537 l/den                  |
| • Q <sub>potr</sub> - potřeba šedé vody:                               | 675 l/den                  |
| • V <sub>AN</sub> - akumulční nádrž pro užitkové vody                  | 4,68 m <sup>3</sup>        |
| • V <sub>ret</sub> - retenční objem                                    | 6,3 m <sup>3</sup>         |
| • Q <sub>vsak</sub> - vsakový odtok:                                   | 0,049 l/s                  |

### Využití rekuperace s řízeným větráním:

|   |                         |
|---|-------------------------|
| • Minimální objem pro přívod vzduchu      | 300 m <sup>3</sup>      |
| • Minimální objem pro sání vzduchu        | 200 m <sup>3</sup>      |
| • V <sub>v</sub> - výsledný objem vzduchu | +50 m <sup>3</sup> /hod |

### Využití tepelného čerpadla a fotovoltaiky:

|   |          |
|---|----------|
| • P <sub>výr</sub> - výkon TČ daný výrobcem při 2°C       | 7 kW     |
| • P <sub>výsl</sub> - výsledný výkon TČ (při -15°C)       | 5,64 kW  |
| • P <sub>OV</sub> - výkon TČ pro ohřev vody při 2°C       | 3,7 kW   |
| • T - doba ohřevu při zadaných parametrech                | 2 hod    |
| • P <sub>FV</sub> - výkon fotovoltaické elektrárny za rok | 4,25 kWp |
| • Počet FV panelů potřebný pro pokrytí potřeb             | 17 ks    |

**Tabulka 15** : Přibližný propočet pořizovacích cen systému

| Přibližný propočet pořizovacích cen systému                     |                 |                   |                 |
|---|-----------------|-------------------|-----------------|
| Využití dešťové a šedé vody                                     |                 |                   |                 |
| Položka   | Počet ks nebo m | Cena bez DPH (Kč) | Cena s DPH (Kč) |
| Akumulační nádrž 4,68 m <sup>3</sup> včetně technologie         | 1               | 57 333,46         | 72 574,00       |
| Centrální řídicí jednotka včetně technologie                    | 1               | 50 375,93         | 63 767,00       |
| Vsakovací tunel   | 5               | 23 850,10         | 30 190,00       |
| Koncová část vsakovacího zařízení                               | 2               | 3 039,92          | 3 848,00        |
| ČOV pro šedé vody   | 1               | 69 493,93         | 87 967,00       |
| Potrubí pro rozvod užitkové vody                                | 33              | 4 379,76          | 5 544,00        |
| Odpadní a svodné potrubí  | 67              | 5 928,16          | 7 504,00        |
| Celkem  | -               | 214 401,26        | 271 394,00      |
| Využití rekuperace tepla, řízeného větrání a tepelného čerpadla |                 |                   |                 |
| Položka   | Počet ks nebo m | Cena bez DPH (Kč) | Cena s DPH (Kč) |
| Multifunkční rekuperační jednotka s tepelným čerpadlem          | 1               | 347 000,00        | 419 870,00      |
| recirkulační digestoř   | 1               | 2 099,03          | 2 657,00        |
| Rozdělovací box   | 4               | 2 963,29          | 3 751,00        |
| Cirkulační box Zircon   | 1               | 9 900,00          | 11 979,00       |
| Různé izolační potrubí  | -               | 6 478,00          | 8 200,00        |
| Přívodní potrubí  | 80              | 3 900,07          | 4 936,80        |
| Odtahové potrubí  | 36              | 1 755,03          | 2 221,56        |
| drobné komponenty   | -               | 7 900,00          | 10 000,00       |
| Celkem  | -               | 381 995,42        | 463 615,36      |
| Využití fotovoltaiky  |                 |                   |                 |
| Položka   | Počet ks nebo m | Cena bez DPH (Kč) | Cena s DPH (Kč) |
| Fotovoltaické křemíkové panely s příslušenstvím                 | 17              | 165 750,00        | 200 557,50      |
| Celkem  | -               | 165 750,00        | 200 557,50      |
| Celková cena pořízení kompletního systému                       |                 |                   |                 |
| Celkem  | -               | 762 146,68        | 935 566,86      |

**Zdroj:** Autor

**Tabulka 16** : Přibližný propočet návratnosti

| Přibližný propočet návratnosti   |   |  |                                    |                   |
|--|---|--|------------------------------------|-------------------|
| Návratnost využití dešťové a šedé vody                                     |   |  |                                    |                   |
| Vodné a stočné za m <sup>3</sup> vody (Kč)                                 |   | objem užitkové vody za rok (m <sup>3</sup> )       | Pořizovací cena systému s DPH (Kč) | Návratnost (roky) |
| 72,24  |   | 246,375  | 271 394,00                         | 15,25             |
| Celkem   |   | -  | 271 394,00                         | 15,25             |
| Návratnost využití rekuperace tepla, řízeného větrání a tepelného čerpadla |   |  |                                    |                   |
| Náklady na vytápění elektrinou za rok (Kč)                                 |   | Náklady na vytápění navrženým systémem za rok (Kč) | Pořizovací cena systému s DPH (Kč) | Návratnost (roky) |
| 20 000   |   | 12500  | 463 615,36                         | 37,09             |
| Návratnost s využitím dotací   |   |  | Max. výše dotace (Kč)              | Návratnost (roky) |
| Zelená úsporám tepelné čerpadlo  |   | -  | 75 000,00                          | 31,09             |
| Zelená úsporám rekup. jednotka   |   | -  | 100 000,00                         | 29,09             |
| Zelená úsporám kombinace TČ a RJ   |   | -  | 175 000,00                         | 23,09             |
| Celkem   |   | -  | 288 615,36                         | 23,09             |
| Návratnost využití fotovoltaiky  |   |  |                                    |                   |
| Nákup energie ze sítě (kč/kWh)   | Výkon FV za rok pokrývající elektrickou potřebu (kWh) | Roční úspora elektrické energie (Kč)               | Pořizovací cena systému s DPH (Kč) | Návratnost (roky) |
| 4  | 4250,00   | 17000  | 200 557,50                         | 11,80             |
| Celkem   |   | -  | 200 557,50                         | 11,80             |

**Zdroj:** Autor

## 10 ZÁVĚR

Úvodem je předložena literární rešerše o současném stavu systémů a technologií pro snižování energetické náročnosti budov. Dále jsem na konkrétním případě vzorového domu provedl studii na využití nových i stávajících systémů, které snižují energetickou náročnost budovy a celkové potřeby energií. Konkrétně jde o systémy využití dešťových a šedých vod, řízeného větrání s rekuperací tepla, tepelného čerpadla pro vytápění a systému fotovoltaiky pro elektrickou soběstačnost domu, které jsem vypočítal pro přibližný odhad cen, účinnosti a návratnosti systémů. Nakonec jsem vypracoval technické výkresy pro schematické vedení rozvodů systémů technologií v domě.

## 11 DISKUZE

Při zpracování diplomové práce jsem samozřejmě narazil na různé možnosti řešení dané problematiky. Každé odvětví má vždy několik způsobů řešení a technologií. Občas člověk narazí i na věci nebo názory, které si rozporují. Někdy s výroky můžete souhlasit a někdy vás může daný článek nebo diskuze přesvědčit o opaku a vyvrátit vaši domněnku. Při navrhování rodinných domů, které mají být energeticky nezávislé, se stále klade větší důraz i na nároky zateplení. Samozřejmě záleží na výběru stavební firmy, která má dobré jméno na trhu a rozhodujícím faktorem je vždy nakonec cena. Ta samozřejmě roste s většími nároky na zateplení budovy a použité materiály. Na druhou stranu vyšší počáteční investice, nám mohou při dobře navrženém domě ušetřit velké množství provozních nákladů. Nejčastěji to jsou náklady na vytápění budovy. Dále to mohou být náklady na větrání, přípravu teplé vody a na alternativní nahrazení pitné vody. Pokud se někdo rozhodne pořídit si pasivní nebo nízkoenergetický dům, měl by určitě uvažovat i o zbylé technologii pro minimalizaci energetických potřeb pro rodinný dům. Čím více investujeme a chceme ušetřit náklady a hlavně životní prostředí, tím více „muziky“ dostaneme, jak se říká. Z přibližně vypočtených hodnot a ekonomické kalkulace se návratnost investic do těchto systémů liší.

Například při využití dešťových a šedých vod je návratnost kolem 10 - 15 let. To není dlouhá doba, bereme-li v potaz nárůsty cen vodného a stočného každý rok. Co se týče ekologického hlediska, tak při současné rychlosti zástavby a stále malém nebo špatném hospodaření s dešťovými vodami, na kterých je ČR z hlediska zdrojů vody závislá, je toto řešení absolutně potřebná záležitost. Jde především i o to, aby majitelé domů, kteří nechtějí nebo z jakéhokoliv hlediska se jim nevyplatí využívat tyto vody, se zamysleli nad potřebou

vsakování srážek v místě spadu. To stabilizuje i HPV, na které jsou některé domácnosti závislé, jako na vodě pitné. Je to další pohled na věc ohledně životního prostředí a současné problematiky sucha. Samozřejmě to nejsou jen klady, ale i různé aspekty zamezující nebo komplikující pořízení tohoto systému. Špatné hydrogeologické podmínky mohou zcela zabránit vsakování, dále například, že se majitel rozhodne využívat užitkové vody až po dokončení stavby. To pravděpodobně zcela zvýší náklady pořízení. Je totiž nutné mít oddělené potrubí jak pro svedení šedých vod na domácí úpravnu (ČOV), tak i oddělené rozvody pro využití užitkových vod. Dále může být náročné dodržet ČSN nebo vyhlášky pro tuto záležitost, v závislosti na okolních podmínkách (například pokud chceme vsakovat a nacházíme se v ochranném pásmu).

Dalším systémem je řízené větrání a rekuperace tepla. O tomto systému se vedou nekonečné diskuze, jestli rekuperaci a hlavně tedy řízené větrání ano, či ne. Dle mých zjištění, zkušeností a možností vidět fungování tohoto systému v praxi, se přikláním k tvrzení, že rekuperační jednotka a řízené větrání, zvláště ve vzduchotěsných domech je srdcem a zárukou očekávaných nároků. Samozřejmě jen, pokud je systém dobře a zodpovědně navržen. Komfort, pohodlí, hygienicky zabezpečený čerstvý vzduch jsou snad podmínky každého, kdo v energeticky nenáročném domě bydlí nebo o tom zvažuje. Lidé se většinou bojí, že v potrubním systému se budou tvořit plísně a kondenzát a tím se ohrozí zdravotní stav obyvatel domu. S tím určitě nesouhlasím. Pro dobře navržený systém je tato možnost vyloučena. Hlavním důvodem je použití entalpického výměníku, kterým můžeme regulovat vlhkost v objektu a samozřejmě vysoce kvalitní filtry, které by měl uživatel vyměnit jednou za 2 nebo 3 měsíce. Filtry zajišťují vysokou kvalitu vzduchu v domácnosti. Především pro alergiky, kterých je podle statistik rok od roku více, je antialergenní prostředí domova podstatným kladem.

V návrhu pro vytápění je samozřejmě důležitá tepelná ztráta budovy. Ta se odvíjí od dokonalosti zateplení domu. Nejméně nákladné na provoz vytápění i popřípadě ohřev vody je tepelné čerpadlo. Ovšem jeho pořizovací náklady jsou značně velké. Pro pasivní domy kolem 5 kW tepelné ztráty je postačující tepelné čerpadlo o topném výkonu cca 7 - 7,5 kW. Záleží na účinnosti a typu TČ. Pokud chce někdo využít bivalentního zapojení například s fotovoltaikou, může dostat i dotace, pokud bude ohřívat, nebo částečně dohřívat teplou vodu solární energií.

Pokud tepelné čerpadlo pokryje nároky na vytápění a ohřev vody, pozbývá v tomto ohledu fotovoltaika smysl. Ten ale můžeme najít v nahrazení odběrů elektrické energie ze sítě. Při dobrém návrhu můžeme být ovšem elektricky nezávislí.

## 12 Seznam použité literatury

- BARTONÍK, A. a kol., 2012, *Vodní hospodářství - Šedé vody*, VUT, Brno
- BERANOVSKÝ, J., a kol., (2010): *Větrání panelových domů – opatření a jejich limity* [Online tzb-info]. Ekowatt, Centrum pro obnovitelné zdroje a úspory energie
- BRITISH STANDART BS 8525-1:2010. *Greywater systems – Part 1: Code of practice*. UK: BSI, 2010, 46 s Zdroj: <http://voda.tzb-info.cz/8097-kvalita-sedych-vod-a-moznost-jejich-vyuziti>
- ČERMÁKOVÁ, B.- MUŽÍKOVÁ, R., 2009, *Ozeleněné střechy*, Grada, Praha, ISBN 978-80-247-1802-6
- DVOŘÁKOVÁ, D., 2007, *Využívání dešťové vody*, TZB-info, Praha, online: [www.tzb-info.cz](http://www.tzb-info.cz)
- STERLING J. GERMAN SOLAR ENERGY SOCIETY. c2005, *Planning and installing solar thermal systems: a guide for installers, architects, and engineers*. ISBN 18-440-7125-1.
- HALLER, A, HUMM, O a VOSS, K.. 2001, *Solární energie: využití při obnově budov. 1.* vyd. Praha: Grada publishing, spol. s.r.o., , 177 s. ISBN 80-716-9580-7
- HASENORL, J., 1989 *Zdravotně vodohospodářské stavby*. 1.vyd. Praha: SNTL nakladatelství HLAVÍNEK, P., 2007, *Hospodaření s dešťovými vodami na urbanizovaném území.*, ARDEC, ISBN 80-86020-55-X
- HLAVÍNEK, P.- MIČÍN, J., 2001, *Příručka stokování a čištění*, NOEL 2000 s.r.o., Brno
- HRÁDEK, F.- KUŘÍK, P., 2002, *Hydrologie*, Skripta ČZU, Praha
- CHYSKÝ, J. a kol., *Větrání a klimatizace*. Praha: SNTL, 1973
- KARLÍK, R. *Tepelné čerpadlo pro váš dům*. Praha: Grada Publishing, a. s., 2009. ISBN: 978-80-247-2720-2.
- KESSEL CZ a.s., 2009, *Komplexní zařízení na využití dešťové vody*, online: [www.kessel.cz](http://www.kessel.cz)
- LHOTÁKOVÁ, Z., 2011 a), *Hospodaření s vodou v krajině a urbanizovaném území*, VUT Brno
- LHOTÁKOVÁ, Z., 2011 b), *Technická infrastruktura v urbanizovaném území*, VUT Brno
- MÁCA, P., 2011, *Bakalářská hydrologie*, DRAFT.
- MCNEILL, J. R., 2000, *Something New under the Sun: An Enviromental History of the 20th- Century World*, Norton New York
- MŽP ČR, 2003, *Světový summit o udržitelném rozvoji*, Praha
- NOVÁK, J., 2003, *Příručka provozovatele stokové sítě*, 1.vyd. Praha: nakladatelství Medim

- NOVÁK, P., 2012, *Ekologické stavební materiály v soudobých stavbách*: Katalog referenčních příkladů. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta architektury, 50 s. ISBN 978-80-214-4624-3.
- OECD, 2008, *Environmental Outlook to 2030*, OECD, ISBN 978-92-64-04048-9
- Overview of the Architecture Award Winners. In: Architecture Award 2010 Passive House  
Dostupné z: [http://www.passiv.de/archpreis/englisch/download/architecture\\_award\\_en.pdf](http://www.passiv.de/archpreis/englisch/download/architecture_award_en.pdf)
- PÍREK, O., 2013, Sborník jaro - *Srážkové a šedé vody ... aneb „colors of vater“*, Online: [www.asio.cz](http://www.asio.cz)
- REINBERG, Georg Wolfgang, NOVÁK, Petr: *Renovation of a historic barn into a passive residential house*, příspěvek ve sborníku z mezinárodní konference CESB 10 - Fakulta stavební ČVUT, Praha, 2010, ISBN 978-80-247-3624-2.
- ROZSYPAL, Š., 2010, *Výměníky tepla* Brno, VUT Brno.
- SOBOTA, J., 2007, *Učební texty*. ČZU, Praha.
- SOUKUPOVÁ, J., 2008, *Atmosférické procesy (základy meteorologie a klimatologie)*, ČZU
- SRDEČNÝ, K., Truxa, J., 2009. *Tepelná čerpadla*. Praha: EkoWATT, ISBN: 978-80-87333-02-0
- ŠRÁMKOVÁ, M.; WANNER, J., 2010, *Opětovné využití vyčištěné odpadní vody*. Sborník konference Pitná voda. České Budějovice. ISBN 978-80-254-6854-8.
- TYWONIAK, J., 2005, a) *Nízkoenergetické domy*, ISBN 80-247-1101-X
- TYWONIAK, J. a kol., 2012, b) *Nízkoenergetické domy 3*, ISBN 978-80-247-3832-1
- VALÁŠEK, J., 1990, *Voda v rodinných domoch, chatách a zahradách*. Bratislava: ALFA, ISBN 80-05-00723-X
- VÍTEK, J., 2011, *O hospodaření s dešťovou vodou a cestě k němu, na které stojíme my i naše zvyky*, JV Projekt VH, Brno
- VÍTEK, J., 2008, *Urbanismus a územní rozvoj*, ročník XI. číslo 4
- ZEVENBERGEN C., et. al., 2011, *Urban flood management*, CRC Press, ISBN 978-0-415-55944-7 (Pbk)



## 13 Seznam obrázků a tabulek

|   |    |
|---|----|
| <b>Obrázek 1:</b> Graf vývoje potřeby vody ve světě.....  | 11 |
| <b>Obrázek 2:</b> Vodní režim nezpevněných a zpevněných ploch .....   | 12 |
| <b>Obrázek 3:</b> Řez pasivním domem .....  | 14 |
| <b>Obrázek 4:</b> Závislost typu budovy na spotřebě roční energie k vytápění PHI.....   | 15 |
| <b>Obrázek 5:</b> Řez izolačními vrstvami obvodové stěny pasivního domu .....   | 17 |
| <b>Obrázek 6:</b> Správné funkční umístění oken .....   | 21 |
| <b>Obrázek 7:</b> Zobrazení těsnosti obálky domu v řezu.....  | 22 |
| <b>Obrázek 8:</b> Graf porovnání nákladů na vytápění v Kč.....  | 25 |
| <b>Obrázek 9:</b> Plastový blok pro vsakování a retenci .....   | 27 |
| <b>Obrázek 10:</b> Příklad ekologické dlažby (možnost vyplnění štěrkem nebo trávou).....  | 29 |
| <b>Obrázek 11:</b> Schématický řez vsakovacího průlehu .....  | 29 |
| <b>Obrázek 12:</b> Vsakovací průleh s retenčním příkopem .....  | 30 |
| <b>Obrázek 13:</b> Schématický řez rýhou .....  | 31 |
| <b>Obrázek 14:</b> Vsakovací šachta typu A .....  | 32 |
| <b>Obrázek 15:</b> Vsakovací šachta typu B.....   | 32 |
| <b>Obrázek 16:</b> Suchý poldr Brno - Kohutovice s řízeným odtokem do kanalizace .....  | 33 |
| <b>Obrázek 17:</b> Malá vodní nádrž s retenčním prostorem a břehovou infiltrací.....  | 34 |
| <b>Obrázek 18:</b> Biotop v nové zástavbě obce Dolní Břežany.....   | 34 |
| <b>Obrázek 19:</b> Příklad dispozičního uspořádání ulice s decentralizovaným odvodněním.....  | 36 |
| <b>Obrázek 21:</b> Komplexní modul pro využití dešťové vody.....  | 39 |
| <b>Obrázek 22:</b> Filtr na dešťovou vodu.....  | 39 |
| <b>Obrázek 23:</b> Nádrž na dešťovou vodu.....  | 40 |
| <b>Obrázek 24:</b> Schema komplexním zařízením na dešťovou vodu.....  | 41 |
| <b>Obrázek 25:</b> Graf produkce šedé vody (šedá barva) na osobu/den .....  | 44 |
| <b>Obrázek 26:</b> Značka nepitná voda.....   | 44 |
| <b>Obrázek 27:</b> Schéma využití energie a čištění šedých vod .....  | 46 |
| <b>Obrázek 28:</b> Domovní ČOV pro šedé vody a membránový filtr .....   | 49 |
| <b>Obrázek 29:</b> Průřez domem s instalovanou rekuperací tepla a řízeným větráním .....  | 54 |
| <b>Obrázek 30:</b> Trubkový rekuperační výměník.....  | 56 |
| <b>Obrázek 31:</b> Deskový rekuperační výměník .....  | 57 |
| <b>Obrázek 32:</b> Entalpický rekuperační výměník a schéma propustnosti .....   | 58 |
| <b>Obrázek 33:</b> Různé druhy filtrů do rekuperační jednotky .....   | 59 |
| <b>Obrázek 34:</b> Centrální systém větrání .....   | 60 |
| <b>Obrázek 35:</b> Decentrální systém větrání .....   | 61 |
| <b>Obrázek 36:</b> Druhy potrubí .....  | 62 |
| <b>Obrázek 37:</b> Carnotův levotočivý oběh v T-s diagramu .....  | 64 |
| <b>Obrázek 38:</b> Princip chodu TČ.....  | 65 |
| <b>Obrázek 39:</b> Bivalentní zapojení TČ .....   | 66 |
| <b>Obrázek 40:</b> Mapa délky slunečního záření (h/rok).....  | 68 |
| <b>Obrázek 41:</b> Mapa dlouhodobého ročního srážkového.....  | 73 |
| <b>Obrázek 42:</b> Grafické řešení Thiessenových polygonů pro obec Vodslivy .....   | 74 |
| <b>Obrázek 43:</b> Graf prázdnění retenční nádrže.....  | 81 |
| <b>Obrázek 44:</b> Kalkulace doby ohřevu celého objemu zásobníku pro teplou vodu tepelným čerpadlem, při teplotních podmínkách 2°C a současného vytápění budovy ..... | 87 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabulka 1:</b> Hodnoty prostupu tepla.....               | 19 |
| <b>Tabulka 2:</b> Hodnoty parametrů a max. výše dotací..... | 26 |

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Tabulka 3:</b> Hlavní provozní parametry membránových aktivačních procesů.....     | <b>50</b> |
| <b>Tabulka 4:</b> Srovnání účinnosti potrubí.....                                     | <b>62</b> |
| <b>Tabulka 5:</b> Výše dotace na tepelné čerpadlo při současném zateplení .....       | <b>67</b> |
| <b>Tabulka 6:</b> Výše dotace na tepelné čerpadlo bez současného zateplení domu ..... | <b>67</b> |
| <b>Tabulka 7:</b> Výpočet ročního srážkového úhrnu pro obec Vodslivy.....             | <b>74</b> |
| <b>Tabulka 8:</b> Porovnání objemů a možné opatření.....                              | <b>77</b> |
| <b>Tabulka 9:</b> Produkce šedé vody (l/den).....                                     | <b>78</b> |
| <b>Tabulka 10:</b> Potřeba šedé vody (l/den).....                                     | <b>79</b> |
| <b>Tabulka 11:</b> Typy ČOV .....   | <b>79</b> |
| <b>Tabulka 12:</b> Výpočet povrchového odtoku pro objem retenční nádrže .....         | <b>81</b> |
| <b>Tabulka 13:</b> Minimální objemy pro přívod vzduchu .....                          | <b>83</b> |
| <b>Tabulka 14:</b> Minimální objemy pro sání vzduchu .....                            | <b>83</b> |
| <b>Tabulka 15:</b> Přibližný propočet pořizovacích cen systému.....                   | <b>90</b> |
| <b>Tabulka 16:</b> Přibližný propočet návratnosti .....                               | <b>91</b> |

## **13 Seznam příloh**

**Příloha 1:** Půdorys 1PP

**Příloha 2:** Půdorys 1NP

**Příloha 3:** Půdorys 2NP