



HI-SMART: BALÍK VYŠŠIEHO VZDELÁVANIA PRE TAKMER NULOVÚ SPOTREBU  
ENERGIE A NÁVRH INTELIGENTNÝCH BUDOV

## MODULE # 3

ČASŤ 3: STRATÉGIE ČERPANIA

Spolufinancované  
Európskou úniou  
cez program Erasmus+



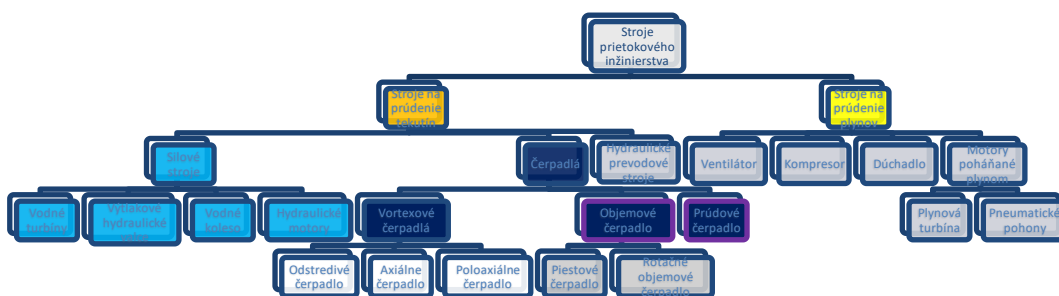
SLOVAK UNIVERSITY OF  
TECHNOLOGY IN BRATISLAVA



## 1 ZÁKLADY TEÓRIE

### 1.1 ČERPADLÁ

Hlavnou funkciou strojov prietokového inžinierstva je preprava kvapaliny alebo plynu v otvorenom alebo uzavretom systéme. Zoskupenie prietokových strojov je znázornené na obrázku 1.



Obrázok 1. Prietokové inžinierske stroje

V stavebnej praxi sa v prípade kvapalín používajú ako prietokové stroje čerpadlá a v prípade plynov chladiarenských zariadení kompresory. V druhom prípade je však kompresor umiestnený v prefabrikovanom výrobku. Výber správneho stroja pre danú aplikáciu je inžinierskou úlohou. Vo väčšine prípadov sa používajú v budovách vírivé - vortexové čerpadlá. V nasledujúcom texte sa skúmajú zariadenia patriace do skupiny strojov na techniku toku.

### 1.2 POUŽÍVANIE ČERPADIEL V STAVEBNÝCH ZARIADENIACH

Vortexové vírivé čerpadlá sa zvyčajne používajú v praxi technických zariadení budov. Existujú tri hlavné typy vírivých čerpadiel.

#### Odstredivé čerpadlá:

Základom činnosti odstredivého čerpadla je odstredivá sila: jeho najdôležitejšou súčasťou je otočný tanier, ktorého lopatky pomocou odstredivej sily urýchľujú pohyb kvapaliny



vstupujúcej do skrine čerpadla. Ide vlastne o dva paralelné kotúče so zakrivenými alebo rovnými lopatkami medzi nimi.

Je to najbežnejšie používaný typ v systémoch technických zariadení budov.

#### Axiálne a poloaxiálne čerpadlá:

Axiálne čerpadlo je po zubovom čerpadle najpoužívanejším zariadením. Používa sa hlavne pre poľnohospodárske stroje, od obrábacích strojov až po pohony obežných kolies. Sú široko používané vďaka vysokému prevádzkovému tlaku (až 45 MPa), priaznivej celkovej účinnosti, dlhej životnosti a vynikajúcej prevádzkovej bezpečnosti. Ich definujúcou charakteristikou je, že piesty tvoriace pracovný priestor sú najčastejšie umiestnené na obvodovej ploche valca, menej často na kuželi s uhlom polovičného otvorenia maximálne 45°. Konštrukcia čerpadla a hydromotora sú v podstate rovnaké. Axiálne piestové čerpadlo môže mať konštantný alebo premenlivý objem.

V budovách sú bežne prevádzkované odstredivé čerpadlá.

Čerpadlá sa najčastejšie používajú na tri hlavné typy úloh:

- vykurovacie a chladiace systémy,
- kanalizačné a dažďové systémy,
- zvyšovanie tlaku, požiarne vodovodné siete.



Grundfos.com

Vykurovanie, chladenie  
a cirkulácia teplej vody



Al-ko.com

odpadová voda  
a dažďová voda



Grundfos.com

systémy na zvyšovanie tlaku  
a protipožiarne systémy

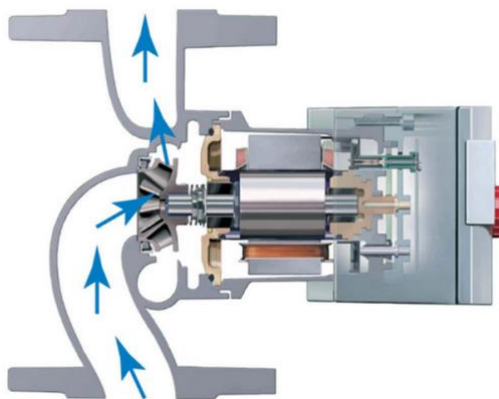
Obrázok 2. Typy odstredivých čerpadiel

## 2 PREVÁDZKA ODSSTREDIVÝCH ČERPADIEL

Základom činnosti odstredivého čerpadla je odstredivá sila. Najdôležitejšou súčasťou čerpadla je otočný tanier, ktorého lopatky pomocou odstredivej sily urýchľujú pohyb kvapaliny vstupujúcej do telesa čerpadla. Ide vlastne o dva paralelné kotúče so zakrivenými alebo rovnými lopatkami medzi nimi. V dôsledku zvyšujúcej sa rýchlosti sa tiež zvyšujúca kinetická energia v telese čerpadla premieňa na tlakovú energiu, aby sa zabezpečila správna energia na pohyb tekutiny.

Okrem otočného taniera je dôležitou súčasťou odstredivého čerpadla hriadeľ, skriňa ozubeného prevodu, upchávka a sací a výtlačný otvor. V odstredivom čerpadle s obežným kolesom s radiálnym prietokom sa kvapalina so zvyšujúcou sa rýchlosťou pohybuje radiálne cez lopatky obežného kolesa.

Kvapalina vstupujúca do sacieho potrubia prechádza medzi lopatkami, pričom sa jej pohyb cez výtlačné potrubie zrýchľuje. Keďže na miesto vytekajúcej kvapaliny neustále prúdi nová kvapalina, kvapalina sa prepravuje nepretržite. Ak sa k odstredivému čerpadlu pripojí sacie a výtlačné hrdlo rovnakého priemeru, rýchlosť sacej a výtlačnej kvapaliny bude rovnaká. Odstredivé čerpadlo nie je samo nasávacie, preto musí byť teleso čerpadla pred spustením naplnené kvapalinou.



Obrázok 3. Odstredivé čerpadlo [wilo.com]

Vortexové čerpadlo je typ čerpadla, do ktorého kvapalina vstupuje do obežného kolesa axiálne. Čerpadlá sú potrebné na premiestňovanie tekutín a prekonávanie strát spôsobených prietokovými odporami v potrubnom systéme. Okrem toho je potrebné prekonať geodetické výškové rozdiely pre inštalácie čerpadiel v rôznych výškach. Vortexové čerpadlá sú podľa konštrukcie a spôsobu premeny energie hydraulické stroje. Hoci existuje veľa rôznych konštrukcií čerpadiel, všetky vírivé čerpadlá majú spoločné to, že kvapalina vstupuje do obežného kolesa axiálne. Hriadeľ čerpadla, na ktorom je umiestnené obežné koleso,

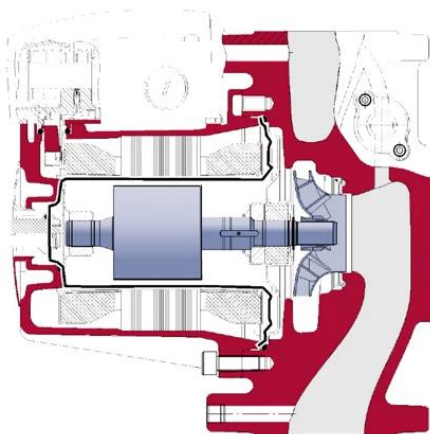


poháňa elektrický motor. Voda, ktorá vstupuje do obežného kolesa axiálne cez sacie potrubie a sacie potrubie, je vedená radiálnym pohybom lopatiek obežného kolesa. Odstredivé sily pôsobiace na častice kvapaliny zvyšujú tlak, ako aj rýchlosť, keď prúdi cez obežné kolesá. Po opustení obežného kolesa sa kvapalina zhromažďuje v telese čerpadla. V dôsledku priehybov v dôsledku konštrukcie puzdra sa prietok opäť mierne zníži. Premena energie ďalej zvyšuje tlak.

## 2.1 TYPY ODSREDIVÝCH ČERPADIEL

### 2.1.1. MOKROBEŽNÉ ČERPADLÁ

Inštaláciou mokrobežného čerpadla, či už v prírodnej alebo vratnej vetve, je možné rýchlo a intenzívne dopravovať vodu. V tomto prípade možno použiť potrubie s menším prierezom. Náklady na vykurovací systém sú tým pádom nižšie. To má za následok aj výrazne menej vody vo vykurovacom systéme. Vykurovanie potom dokáže rýchlejšie reagovať na kolísanie teploty a je lepšie ovládateľné.



Obrázok 4. Mokrobežné čerpadlo [grundfos.com]

Vlastnosti:

Obežné koleso vírového čerpadla sa vyznačuje radiálnym zrýchlením vody. Hnací hriadeľ obežného kolesa je z nehrdzavejúcej ocele. Ložiská na tomto hriadeli sú vyrobené zo spekaného uhlíka alebo keramiky. Motor na hriadeli sa otáča v dopravovanom médiu. Voda maže ložisko a chladí motor. Stator motora pod napätím je oddelený separačnou trubicou. Je vyrobený z nemagnetizovateľnej nehrdzavejúcej ocele alebo materiálu z uhlíkových vlákien s hrúbkou steny 0,1 ... 0,3 mm. Motory s konštantnými otáčkami sa používajú na špeciálne účely (napr. vo vodovodných systémoch). Ak sa čerpadlo používa vo vykurovacom systéme, t. j. na dodávku tepla do vykurovacích telies, musí byť



prispôsobené požiadavke na premenlivú potrebu tepla objektu. V závislosti od vonkajšej teploty a externého zdroja tepla sú potrebné rôzne množstvá vykurovacej vody. Objemový prietok vody určujú ventily s termostatickou hlavicou inštalované pred vykurovacími telesami. Motory mokrobežných čerpadiel je preto možné prepínať na niekoľko rýchlostí. Toto je možné automatizovať pomocou externých spínacích alebo riadiacich systémov, ktoré sú riadené ako funkciu času, tlakového rozdielu alebo teploty. Od roku 1988 je v čerpadle alebo mimo čerpadla konštrukcia so zabudovanou elektronikou, ktorá plynule reguluje otáčky. Elektrické pripojenie mokrobežných čerpadiel je možné pre 1 x 230 V jednofázovú alebo 3 x 400 V trojfázovú sieť, v závislosti od veľkosti a požadovaného výkonu čerpadla. Mokrobežné čerpadlá vynikajú veľmi tichým chodom a vďaka svojej konštrukcii nemajú hriadeľovú upchávku. Dnešná generácia mokrobežných čerpadiel je postavená na princípe stavebných blokov. Každý typ je zostavený variabilne podľa veľkosti a požadovaného výkonu čerpadla. Vďaka tomu je možné jednoducho vykonať prípadné potrebné opravy čerpadla výmenou dielov. Dôležitou vlastnosťou tohto dizajnu je jeho schopnosť samo odvodušňovania počas uvádzania do prevádzky.

### 2.1.2. SUCHOBEŽNÉ ČERPADLÁ

Suchobežné čerpadlá sa používajú na dodávanie vyšších objemových prietokov. Sú vhodnejšie na dopravu chladiacej vody alebo agresívnych médií. Na rozdiel od mokrobežných čerpadiel dopravovaná kvapalina neprichádza do kontaktu s motorom. Ďalším rozdielom oproti mokrobežnému čerpadlu je tesnenie medzi krytom čerpadla a hriadeľom na vychyľovanie vody a atmosférou. To sa vykonáva pomocou upchávky alebo mechanického tesnenia. Motory štandardných suchobežných čerpadiel sú bežné trojfázové motory s danými základnými otáčkami. Zvyčajne sú riadené externou elektronickou zmenou rýchlosti. Dnes existujú suchobežné čerpadlá so zabudovanou elektronickou reguláciou otáčok, ktoré sú k dispozícii na zvýšenie výkonu motora s pokrokom technológie. Celková účinnosť suchobežných čerpadiel je výrazne lepšia ako u mokrobežných čerpadiel.



Obrázok 5. Suchobežné čerpadlo [grundfos.com]



V zásade existujú tri rôzne konštrukcie suchobežných čerpadiel:

- inline čerpadlá,
- blokové čerpadlá,
- štandardné čerpadlá.

#### Inline čerpadlá

Ak sú sacie hrdlo a výtlačné hrdlo v rovnakom hriadelí a majú rovnaký menovitý priemer, nazývajú sa inline (priame) čerpadlá. Inline čerpadlá majú vzduchom chladený, prírubový štandardný motor. Tieto čerpadlá môžu byť zabudované priamo do potrubia. Na jednej strane môže byť potrubie držané pomocou konzol, alebo na druhej strane môže byť čerpadlo namontované na základ alebo na vlastnú konzolu.

#### Blokové čerpadlá

Blokové čerpadlá sú jednostupňové nízkotlakové vírové čerpadlá v blokovom prevedení so vzduchom chladeným štandardným motorom. Na skrutkovom puzdre je nasávacie hrdlo usporiadané axiálne a výstupné hrdlo je usporiadané radiálne. Čerpadlá sú štandardne vybavené lakťovou opierkou alebo motorovou nohou.

#### Štandardné čerpadlá

Pri týchto axiálnych sacích vírivých čerpadlách sú čerpadlo, spojka a motor namontované na spoločnej základnej doske, a preto môžu byť inštalované len na základ. Sú vybavené mechanickou upchávkou alebo upchávkou v závislosti od dodávaného média a prevádzkových podmienok. Menovitá veľkosť čerpadla je určená vertikálnym tlakovým otvorom. Horizontálne sacie potrubie je zvyčajne o jednu nominálnu veľkosť väčšie.

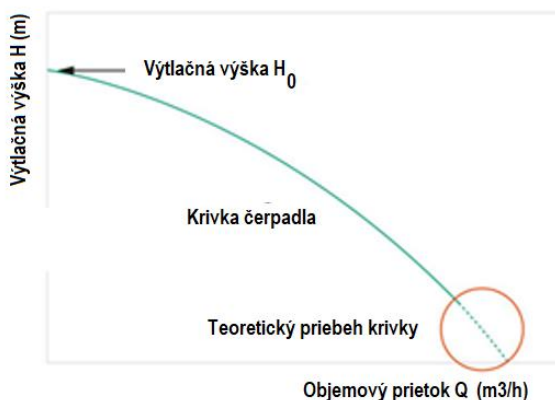
### **3 VÝBER ČERPADLA (UZAVRETÝ SYSTÉM)**

Pre výber čerpadiel je potrebné poznať dva hlavné parametre dodávaného systému:

- prietok, ktorý sa má dodávať,
- požadovanú výšku výtlačku.

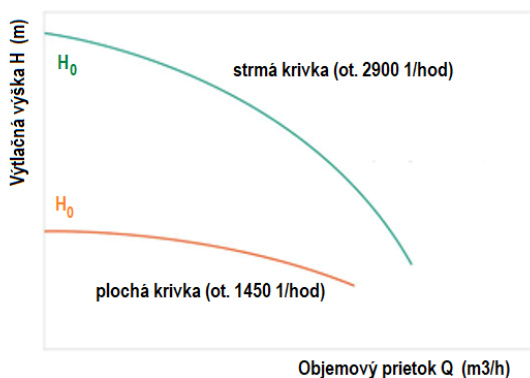
Na určenie požadovaného prietoku pre vykurovacie a chladiace systémy je dôležité poznať potrebu tepla a tepelné zaťaženie miestnosti alebo budovy. Z potreby tepla a z teplotného spádu systému zásobovania teplom je možné jednoznačne určiť dodávaný prietok. Pre určenie teplotného spádu treba určiť hydraulický odpor rozvodnej siete a prvkov systému v sieti. Na základe znalosti prietoku a dopravnej výšky sa vypočíta požadovaný pracovný bod čerpadla, čo umožňuje vybrať najvhodnejšie čerpadlo od rôznych výrobcov.

Závislosť výtlačnej výšky čerpadla od daného prietoku zobrazuje charakteristická krivka čerpadla (obrázok 6).



Obrázok 6. Charakteristika čerpadla

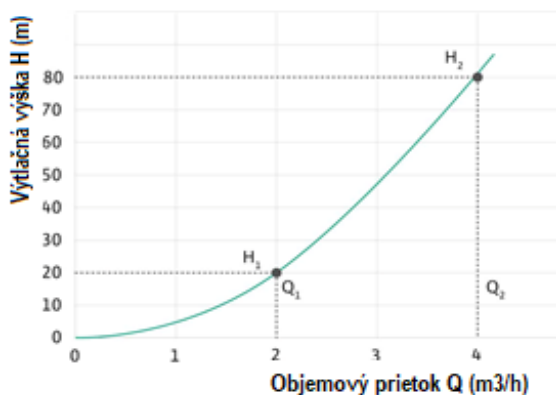
Obrázok 7 znázorňuje charakteristickú krivku toho istého čerpadla pri rôznych stupňoch otáčok.



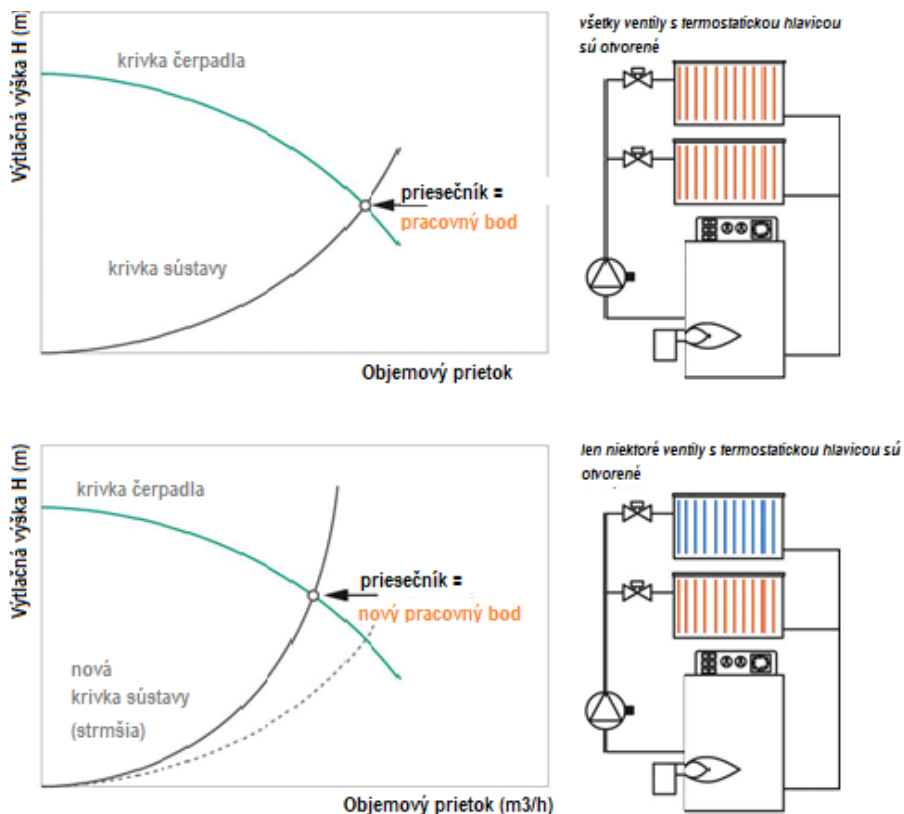
Obrázok 7. Charakteristiky čerpadla pri rôznych rýchlostiach

Obrázok 8 znázorňuje charakteristickú krivku hydraulického systému, ktorý je afinnou parabolou. Ak sa krivka znázornená na obrázku 8, t. j. charakteristická krivka systému, skombinuje s charakteristikou čerpadla, získa sa prevádzkový bod pre systém so zvoleným čerpadlom. Ak sa použije čerpadlo s konštantným prietokom, potom ak sa zmení tlak v hydraulickom systéme (napríklad zatváraním ventilov), prevádzkový bod sa bude pohybovať pozdĺž krivky čerpadla pracujúceho pri konštantnom prietoku. Uzavretie bude mať podľa definície za následok väčší tlakový rozdiel  $\Delta p$  pri nižšom objemovom prietoku vody.





Obrázok 8. Charakteristická krivka systému

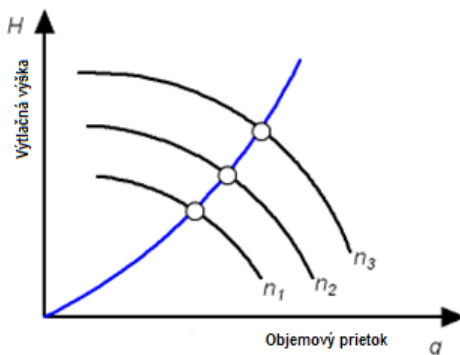


Obrázok 9. Príklad pracovného bodu

Týmto spôsobom sa síce môže nastaviť požadovaný prietok. Účinnosť čerpadla sa však značne zníži. Obrázok 9 ukazuje priebeh takéhoto nepretržitého riadenia. Z obrázku je vidno, že v hornom prípade sú oba radiátorové ventily s termostatickou hlavicou otvorené. Pri tomto okamžitom nastavení sa na priesečníku charakteristickej krivky systému a čerpadla vytvorí pracovný bod. V dolnom prípade sa jeden z ventilov uzavrie, čím sa zmení charakteristika systému a vytvorí sa nový priesečník s charakteristikou čerpadla. To udáva premiestnenie pracovného bodu.

### 3.1 REGULÁCIA ČERPADLA

Vyššie uvedený príklad sa dnes nepoužíva ako režim riadenia čerpadla, pretože má negatívne energetické dôsledky. V súčasnosti sa používajú čerpadlá s frekvenčným meničom, ktoré sú schopné znížiť alebo zvýšiť otáčky čerpadla podľa aktuálnej potreby. V tomto prípade, ako je už znázornené na obrázku 7, sa pre to isté čerpadlo vygeneruje iná krivka sklonu, ale pracovný bod čerpadla sa posunie pozdĺž afinnej paraboly smerom ku krivke signálu nižšej alebo vyššej rýchlosti (obrázok 10). Účinnosť čerpadla v tomto prípade zostane v teoreticky dobre dimenzovanom vysokom rozsahu pôvodného pracovného bodu.



Obrázok 10. Čerpadlo s premenlivými otáčkami

Pri regulácii čerpadla sa musí špecifikovať, či sa jedná o:

- reguláciu konštantného diferenčného tlaku,
- variabilnú reguláciu diferenčného tlaku alebo
- reguláciu konštantného/premenlivého diferenčného tlaku.

Pri regulácii konštantného diferenčného tlaku je diferenčný tlak stanovený čerpadlom udržiavaný elektronikou na konštantnej hodnote, nastavený diferenčný tlak pri nastavenom základnom signáli diferenčného tlaku, v rámci prípustného rozsahu objemového prietoku až po maximálnu charakteristickú krivku.

V prípade regulácie na meniaci sa rozdiel tlaku bude elektronika meniť základnú líniu rozdielu tlaku, ktorú má čerpadlo udržiavať, napr. lineárne medzi  $H$  a  $\frac{1}{2} H$ . Základný signál rozdielu tlaku  $H$  sa zvyšuje alebo znižuje s prietokom.

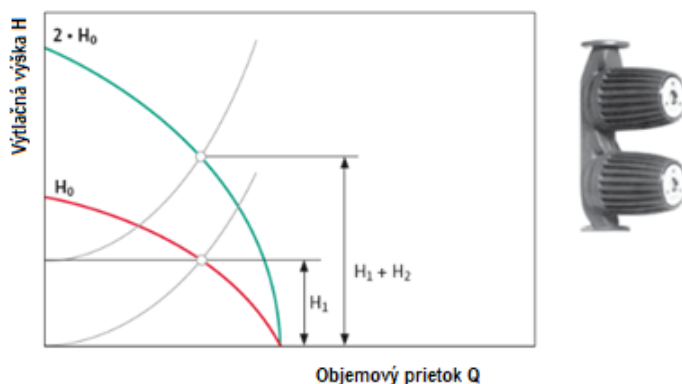
Pri regulácii na konštantný/variabilný diferenčný tlak, je diferenčný tlak stanovený čerpadlom udržiavaný elektronikou konštantný až do určitého prietoku ( $H$  100 %). Ak sa prietok ďalej znižuje, elektronika zmení diferenčný tlak, ktorý má udržiavať čerpadlo, napr. medzi  $H$  100 % a  $H$  75 % lineárnym spôsobom.

### 3.2 PRÍKLADY PREVÁDZKY ČERPADLA VO VYKUROVACÍM SYSTÉME

Vo vykurovacích a v chladiacich systémoch môže súčasne pracovať niekoľko čerpadiel. Ak sa uvažuje o vzťahu medzi jednotlivými čerpadlami, existujú dva základné prípady zapojenia čerpadiel:

- čerpadlá zapojené do série,
- čerpadlá zapojené paralelne.

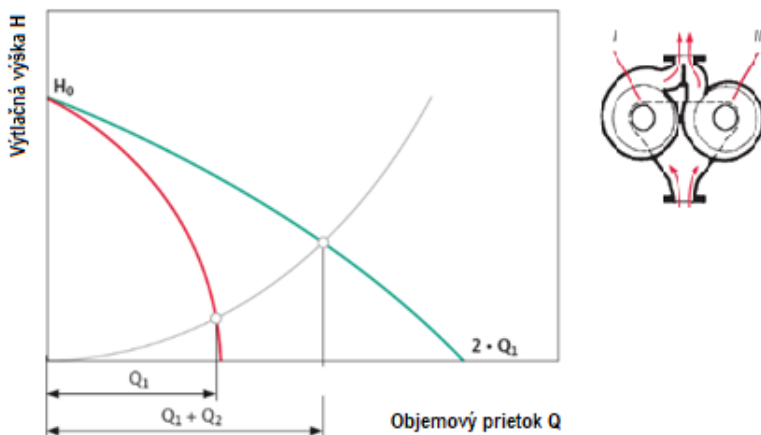
V mnohých prípadoch môže ísť o konštrukčnú vlastnosť systému, ktorej sa dizajn vyhýba, napr. použitím rozdeľovača bez diferenčného tlaku, alebo oddelením primárneho a sekundárneho okruhu pomocou hydraulického separátora. V mnohých prípadoch sa však zámerne používajú tieto dve typické pripojenia čerpadla.



Obrázok 11. Čerpadlá zapojené do série

Obrázok 11 zobrazuje čerpadlá zapojené do série. V tomto prípade, ako je možné vidieť na schéme systému, sa zdvih každého čerpadla sčíta, zatiaľ čo dodávaný prietok zostáva konštantný. K tomu môže dôjsť, keď v systéme nie je dostatočný diferenčný tlak, ale prietok je dostatočný. Je dôležité poznamenať, že sa odporúča používať iba rovnaký typ čerpadiel, aby sa predišlo nežiaducim interakciám medzi čerpadlami. V mnohých prípadoch sa toto

riešenie označuje ako „stimulačné“ čerpacie riešenie, ktoré je typické pre neadekvátne navrhnuté systémy využívajúce nesprávneho odborníka.



Obrázok 12. Paralelné zapojené čerpadlá

Obrázok 12 zobrazuje paralelne spojené čerpadlá, kde sa dodávané objemové prietoky sčítavajú ku konštantnej hodnote výšky zdvihu. Tento prípad je bežnejší z hľadiska konštrukcie, najmä pre kvapalinové chladiče. Nemalo by sa zamieňať so záložným čerpadlom, pretože v tomto prípade je v prevádzke iba jedno čerpadlo a druhé je len záložné čerpadlo. V paralelnej prevádzke obe čerpadlá bežia súčasne.

#### 4 ĎALŠIE APLIKÁCIE

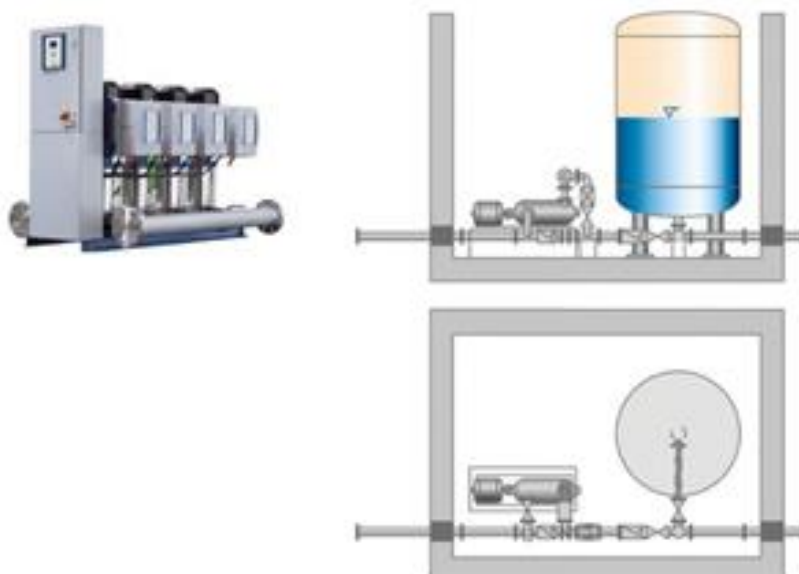
Čerpadlá sa samozrejme nepoužívajú len vo vykurovacích a chladiacich systémoch. V stavebníctve je možno ďalšou najdôležitejšou aplikáciou čerpadiel čerpanie odpadových vôd. Ak je to možné, vzniknutá odpadová voda sa odvádza gravitačne. V rozsiahlejších systémoch alebo v nepriaznivých terénnych podmienkach však nie je gravitačné odvodnenie realizovateľné a je potrebné použiť čerpadlo. Odpadová alebo dažďová voda je gravitačne privádzaná do zbernej šachty prečerpávacieho - kalového čerpadla, odkiaľ je dvíhaná z nižšej úrovne terénu do vyššej úrovne terénu. Tieto systémy sú otvorené systémy, s premenlivou kvalitou a zložením prepravovaného média. Vďaka tomu sú tieto čerpadlá oveľa robustnejšie, silnejšie, odolnejšie, a tým aj drahšie oproti čerpadlám rovnakej veľkosti vo vykurovacom

systéme. Na obrázku 13 je možno vidieť príklady čerpadiel odpadových vôd rôznych konštrukcií.



**Obrázok 13. Kalové čerpadlá**

Ďalšou hlavnou oblasťou čerpania je zvyšovanie tlaku. Tieto systémy sa vyskytujú vo väčších budovách, kde napríklad vysoký pokles tlaku v systéme v dôsledku výšky budovy znamená, že nad určitou úrovňou nie je k dispozícii požadovaný tlak. Pre vežové domy je to typický problém, ktorý je potrebné vyriešiť. Môže byť potrebné dodatočné zvýšenie tlaku, napr. pre vnútorné protipožiarne siete, kde hodnoty výtlačného tlaku stanovené v požiarnych predpisoch danej krajiny musia byť dodržané aj pre nástenný hydrant na najnepriaznivejšom mieste, alebo pre sprinklerové siete. Pre takéto čerpadlá alebo skupiny čerpadiel je vo väčšine prípadov potrebná prídavná vyrovnávací nádrž na udržanie konštantných hodnôt tlaku. Príklad použitia je na obrázku 14.



**Obrázok 14. Čerpadlá na zvýšenie tlaku a požiarnu ochranu**

## 5 LITERATÚRA

Brožúry a produkty Wilo, Grundfos a ďalších výrobcov.

Financované Európskou úniou. Vyjadrené názory a postoje sú názormi a vyhláseniami autora(-ov) a nemusia nevyhnutne odrážať názory a stanoviská Európskej únie alebo Európskej výkonnej agentúry pre vzdelávanie a kultúru (EACEA). Európska únia ani EACEA za ne nepreberajú žiadnu zodpovednosť.

Spolufinancované  
Európskou úniou  
cez program Erasmus+

