7 OHŘEV TV VE ZDROJÍCH PRO VYTÁPĚNÍ

Při řešení přípravy teplé vody (dále též PTV) se velmi často využívá spojení vytápění a přípravy TV do společného zdroje. Takové řešení se začalo používat zejména díky automatickému provozu kotlů a možnosti využívat regulace s vysokým stupněm programovatelnosti provozu a teploty otopné vody.
Hlavní výhodou společného zdroje pro vytápění a přípravu TV je možnost snížení přípojného výkonu zdroje tím, že se neuvažuje součtová špička odběru tepla (pro vytápění a ohřev TV), ale může se započítat vždy možnost akumulace tepla v budově a tím i krátkodobé snížení výkonu pro vytápění. Ne vždy je tato možnost projektantem využívaná a nebo se často volí paušální doporučení z ČSN 06 0310, příloha A1.

7.1 SPECIFICKÉ POŽADAVKY NA TOPNÝ ZDROJ PŘI KOMBINACI VYTÁPĚNÍ A PTV

Požadavky na režim a teplotu pro dodání tepla současně na přípravu TV a na vytápění jsou však rozdílné a lze je odvodit z jednoduchého popisu:

- pro režim vytápění platí, že:
  - je provozováno trvale během topného období, mimo topné období je zdroj mimo provoz,
  - teplota otopné vody během topného období je proměnná a je/nebo může být pod teplotou požadovanou pro přípravu TV,
  - výkon kotle pro vytápění má v průběhu topné sezóny proměnnou hodnotu podle regulačních schopností hořáku v rozsahu 100 % až 20 % jmenovitého výkonu,
- pro přípravu TV platí, že:
  - je provozována celoročně s přerušovaným požadavkem na odběr tepla,
  - při zjednodušeném hodnocení (podle způsobu PTV) se využívá konstantního výkonu kotle,
  - teplota přívodní otopné vody musí být alespoň o 5 °C vyšší než je výstupní teplota TV z ohřívače,
  - teplota zpětné vody do kotle může mít u průtokového ohřevu trvale nízkou hodnotu.

Rozdíly mezi odlišnými požadavky na topný zdroj od vytápění a od přípravy TV jsou patrné z výše uvedeného popisu. Rozhodnutí o společném využívání nebo oddělení topného zdroje vždy závisí na konkrétních podmínkách, volbě typu kotlů, volbě formy přípravy TV, navrženém systému vytápění apod. Z celé možné řady variant je pro výběr třeba hodnotit konkrétní systém použití z hlediska ekonomického (pořizovací, provozní náklady), ekologického (produkce škodlivin ve spalinách), hygienického (Legionella), dále pak z hledisek energetických úspor a z hlediska konečného komfortu při odběru TV. Je tím míněno zohlednění všech legislativních požadavků, které takovému návrhu přispívají a musejí být dodrženy.
V dalším popisu jsou jen velmi zjednodušeně uvedeny pouze některé principy ovlivňující návrh zdroje pro PTV a vytápění, demonstrované pouze při používání plynových kotlů.

7.2 CHARAKTERISTIKA TOPNÉHO ZDROJE PRO VYTÁPĚNÍ

Pro provoz zdroje a provoz teplovodní otopné soustavy je výhodné znát některé parametry, kterými lze popsat proměnný průběh výkonu a teploty otopné vody s možností regulace zdroje.
Průběh provozu topného zdroje během topného období, podle venkovních teplot, lze nejlépe demonstrovat v závislosti na:

- tepelném výkonu,
- průběhu regulace zdroje,
- četnosti výskytu jednotlivých tepelných výkonů,
- teplotách otopné vody (topné křivky).

7.2.1 Průběh tepelného výkonu

Během topného období se mění tepelný výkon zdroje a otopné soustavy v závislosti na venkovní teplotě. Mezní hodnoty tepelného výkonu jsou dány nejnižší venkovní výpočtovou teplotou a nejvyšší venkovní teplotou, při které je vytápění ukončeno.

a) Jmenovitý tepelný výkon
Nejnižší teplota, na kterou jsou zdroj tepla i otopná plocha dimenzovány, je výpočtová venkovní teplota oblasti, ve které se budova nachází. Tyto výpočtové venkovní teploty jsou u nás čtyři a dosahují hodnot t_e = -12; -15; - 18 a -21 °C. Výpočtové venkovní teploty nejsou extrémními nejnižšími teplotami, ale je jich dosaženo během několika po sobě následujících desítek hodin. Výpočtové venkovní teploty vytváří teoreticky tepelně ustálený stav. Zdroj je pro tyto podmínky navrhnut na tzv. jmenovitý výkon.

b) Nejnižší tepelný výkon
Nejnižší tepelný výkon má topný zdroj při venkovních teplotách, při kterých je vytápění ukončeno. Venkovní teplota pro ukončení vytápění je dána zvýšením teploty nad průměrnou denní hodnotu, dosahovanou po dva dny po sobě (bez perspektivy na snížení této teploty třetí den). Jedná se opět o představu dosažení ustáleného teplotního stavu, pro který náš návrh provádíme. Volba tohoto kritéria nejvyšší venkovní teploty je závislá od akumulačních schopností budovy. Optimálně je uvažovaná teplota ukončení topné sezóny t_{emax} = +13 °C. Pro budovy lehké bez akumulace se doporučuje teplota t_{emax} = +15 °C. Pro klasické těžké budovy byla dříve předepsána tato teplota hodnotou t_{emax} = +12 °C.
V dalších úvahách byla pro ukončení topné sezóny zvolena průměrná denní teplota t_{emax} = +13 °C.

c) Doba trvání vytápění – topné období
Normovaná venkovní teplota pro teplotní oblast určuje i topné období v roce. Přibližně, při venkovní teplotě oblasti t_e = -15 °C a venkovní teplotě pro ukončení vytápění t_{emax} = +13 °C, vychází topné období okolo 250 dnů, tj. okolo 6000 hodin. V dalším se bude vycházet z tohoto časového intervalu topného období.

d) Vnitřní teplota

Výpočtová teplota uvnitř vytápěných prostorů budovy je závislá na účelu budovy. Nejčastěji za výpočtovou teplotu vnitřního prostoru se uvažuje teplota tepelné pohody v bytových prostorách t_i = 20 °C (nově 22 °C). V dalším grafickém zobrazení závislosti výkonů na venkovní teplotě bude uvažováno s vnitřní výpočtovou teplotou 20 °C.

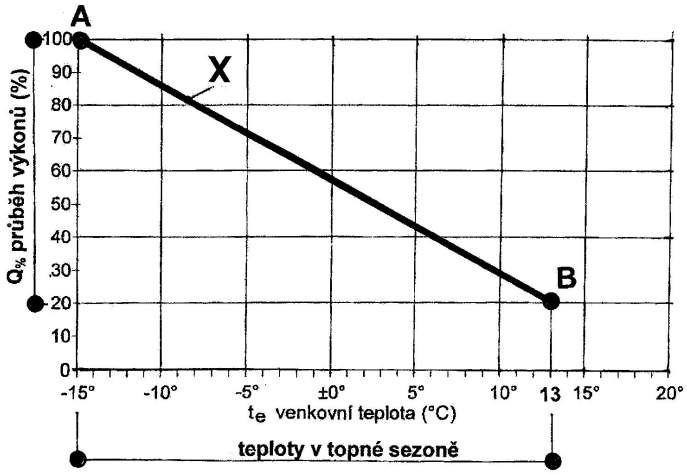
e) Stanovení průběhu měrných výkonů (obr. 7.1)

Během topného období si můžeme vyjádřit průběh výkonu (označeno měrný výkon) podle venkovních teplot. Měrný výkon, vyjádřený v procentech (při kterém za základ 100 % je uvažován jmenovitý výkon při venkovní výpočtové teplotě), má zcela jednoduché grafické vyjádření, jak plyne z obr. 7.1.

K lineární stupnici venkovních teplot na x – ové pořadnici přiřadíme lineární stupnici měrných výkonů na y – ové pořadnici.

Měrné výkony $Q_{\%}$ v procentech mají lineární průběh:

- mezi bodem A – jmenovitý výkon ($Q_{N\%}$) pro teplotu t_e = -15 °C a
- bodem B – nejnižší výkon ($Q_{min\%}$) pro teplotu t_{emax} = +13 °C.

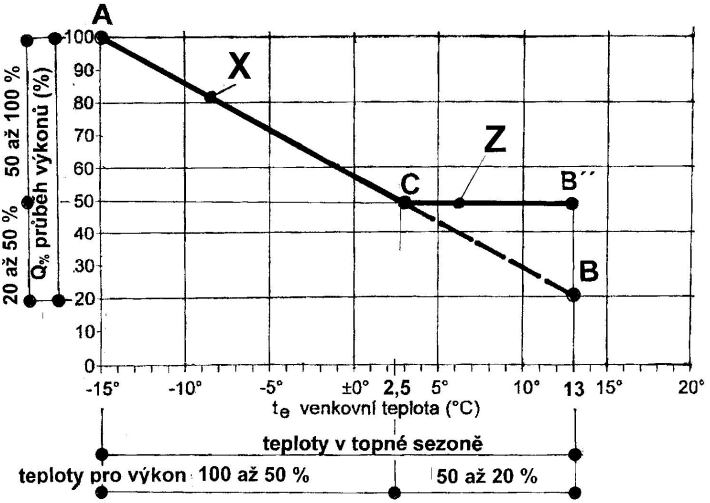


Obr. 7.1 – Lineární průběh měrného výkonu v topném období od teploty -15 °C do teploty +13 °C. Přímka X od bodu A do bodu B má průběh s měrným výkonem $Q_{\%}$ od 100 do 20 %

7.2.2 Regulace výkonu zdroje (obr. 7.2)

Plynulá regulace tepelného výkonu topného zdroje odpovídá přesně teplu odebranému podle venkovních teplot. Plynulá regulace znamená, že topný zdroj dokáže dodat tedy takové množství tepla (výkon), jaký odpovídá tepelné ztrátě budovy (výkon). Plynulá regulace zdroje, pro uvedený příklad s teplotním rozsahem topného období od -15 °C do +13 °C, je tedy od 100 % do 20 % a křivka odebíraného tepla přesně odpovídá křivce uvedené v obr. 7.1.

Velmi často je u regulační schopnosti topného zdroje omezený rozsah plynulé regulace, a to zejména při nižších hodnotách tepelného výkonu.
Jak bylo uvedeno v předchozích článcích, u spotřebičů s plynovým atmosférickým hořákem je běžně dosahováno plynulého regulování výkonu od 100 % až do 50 %. Tomu odpovídá přímka X od bodu A do bodu C na obr. 7.2 s venkovními teplotami od t_e = -15 °C do t_{ei} = +2,5 °C.
Při nižším výkonu je spotřebič provozován přerušovaně s nejnižším regulovaným výkonem, v tomto případě s tepelným výkonem 50 % jmenovitého výkonu. Tomu odpovídá přímka Z od bodu C do bodu B´´ na obr. 7.2, která vyjadřuje konstantní hodnotu 50 % jmenovitého výkonu $Q_{\%A}$ v průběhu venkovních teplot od t_{ei} = +2,5 °C do teploty t_{emax} = +13 °C, kdy je odběr tepla na 20 % $Q_{\%A}$.

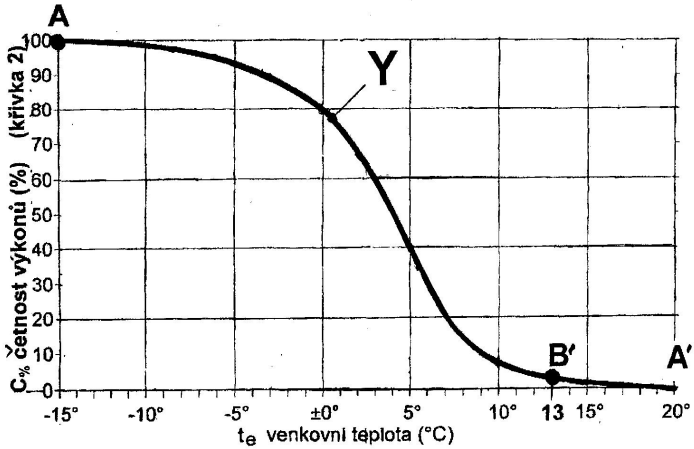


Obr. 7.2 – Průběh regulace tepelného výkonu topného zdroje v topné sezóně při plynulé regulace v rozsahu od 100 do 50 %
Přímka A až C – plynulá regulace měrného výkonu od 100 do 50 %
Přímka C až B´- regulace měrného výkonu 50 % $Q_{\%A}$

7.2.3 Četnosti výkonů v průběhu topného období

Četnost výskytu venkovních teplot v topném období, podle německých podkladů, je vyjádřena na křivce tvaru sinusoidy, uvedené na obr. 7.3.
Pořadnici x, se stupnicí venkovních teplot od -15 do +20 °C. které nastávají v topném období, je přiřazena křivka Y, vyjadřující průběh četnosti výskytu teplot v % na y – ové pořadnici.
Nahradíme-li četnost výskytu teplot v topném období přiřazeným výkonem v %, je na y-ové pořadnici vyjádřena četnost výkonů (označeno $C_{\%}$) podle křivky Y.

Pro praktické použití křivky Y je výhodné, vzhledem ke koordinaci s dalšími veličinami, ukončit průběh křivky četnosti u teploty konce vytápění t_{emax} = +13 °C. Na obr. 7.3 je takto použita pouze část křivky Y mezi body A až B´.
K obecnému pochopení křivky četnosti venkovních teplot platí zásada, že u teplot, u kterých je pozvolný průběh, (skoro ležatá) část křivky Y, je malý výskyt těchto teplot v topném období. Naopak v úseku mezi teplotami, kterým odpovídá nejstrmější průběh křivky Y, vychází četnost, těchto venkovních teplot, v topném období, největší.



Obr. 7.3 – Průběh četnosti měrných výkonů $C_{\%}$ během topného období s venkovními teplotami od t_e = -15 °C do t_{emax} = +13 °C

7.2.4 Četnost výskytu jednotlivých výkonů (obr. 7.4)

Na obr. 7.4 je rozdělena četnost měrných výkonů, daná křivkou 2, na jednotlivá pásma podle směrnice křivky Y na:
- pozvolný průběh od bodu A do bodu 1,
- strmý průběh od bodu 1 do bodu 2,
- pozvolný průběh od bodu 2 do bodu B´.

Bodu 1 četnosti křivky Y odpovídá na ose x venkovní teplota t_{e1} = -3,5 °C a bodu 2 odpovídá venkovní teplota t_{e2} = +9,5 °C.

a) Vysoká četnost měrných výkonů
Mezi body 1 a 2, tvořícími teplotní pásmo II, je křivka Y nejstrmější. Vyjadřuje se tím důležitý fakt, že venkovní teploty od -3,5 °C do +9,5 °C jsou v topném období nejčastější a zaujímají 80 % doby trvání topného období (četnosti výskytu).
Znamená to, že z celkového počtu teplot v topném období (při stupnici jeden stupeň Celsia) zaujímá:
- počet teplot v celém topném období (od -15 do +13 °C)
  $\sum t_{ei}$ = +13 + 15 = 28 dobu 100%,

- počet teplot v II. teplotním pásmu (od -3,5 do + 9,5 °C)
  $\sum t_{eII}$ = 9,5 + 3,5 = 13 dobu 80 % celého topného období.

Odtud, podle obr. 7.4, je významně nejčastější trvání měrných výkonů:

- mezi měrným výkonem v bodě 1 (pro teplotu t_{ei} = -3,5 °C)
  $Q_{\%1}$ = 2,857 . (20 + 3,5) = 67,14 %,
- a měrným výkonem v bodě 2 (pro teplotu t_{ei} = +9,5 °C)
  $Q_{\%2}$ = 2,857 . (20 – 9,5) = 30 %.

Pro tuto oblast měrných výkonů by měla být účinnost zdroje i účinnost otopné soustavy na nejvyšším stupni.

b) Nízká četnost měrných výkonů

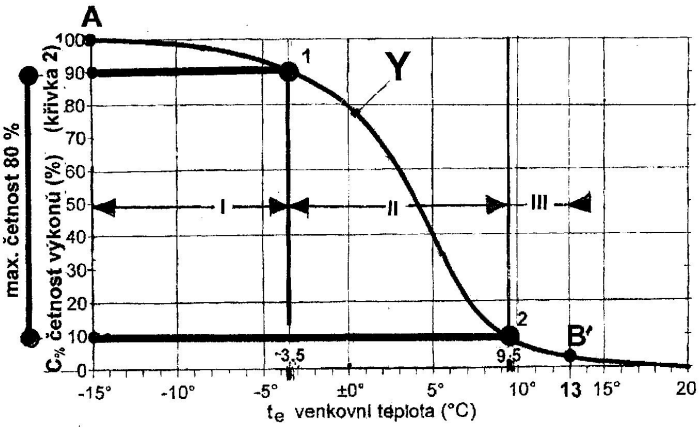
Podle obr. 7.4 mají největší výkony topného zdroje, dosahované v pásmu I (při teplotách od t_e = -15 °C do teplot t_{e1} = -3,5 °C, jen velmi malé četnosti. Je to patrné na průběhu křivky Y v pásmu I, zahrnujícím pouze 10 % z celého topného období ($C_{\%}$ = 90 až 100 %).

V pásmu I, vymezeném měrným výkonem $Q_{\%A}$ = 100 % a měrným výkonem $Q_{\%1}$ = 67,14 %, zaujímá doba trvání pouze 10 % z celého topného období.

Mnohdy však bývá právě na tyto vysoké výkony soustředěna regulace topného zdroje i otopné soustavy. Následně tomu odpovídá i vysoká účinnost provozu zdroje i soustavy pro toto krátké období. Při tom je takovéto vysoké účinnosti zdroje využíváno pouze po dobu jedné desetiny topného období.

V pásmu III v topném období nad bodem 2 na křivce Y je, u venkovních teplot vyšších než t_e = +9,5 °C, rovněž četnost měrných výkonů velmi nízká. Toto pásmo zaujímá přibližně 10 % z celého topného období.

Topný zdroj s měrným výkonem od $Q_{\%2}$ = 30 % do měrného výkonu $Q_{\%B'}$ = 20 % je, z hlediska nároku na regulaci, resp. na účinnost zdroje, vzhledem k nízkému výkonu a krátké době trvání, nepodstatný. Výkony v III. pásmu jsou nízké a doba trvání těchto výkonů je velmi krátká.



Obr. 7.4 – Rozdělení úseků četnosti výskytu měrných výkonů na teplotní pásma I až III s mezními teplotami t_{e1} = -3,5 až t_{e2} = +9,5 °C

c) Celkové rozložení potřeb tepla v průběhu topného období

Při celoročním hodnocení potřeb tepla na vytápění je možné zvolit optimální dobu topného období v délce 6000 hodin.
Z hlediska rozložení potřeb tepla je možné přibližně rozdělit průběh topného období na pásma I až III podle četnosti výskytu výkonů. Podle obr. 7.4 je toto rozložení do pásem vyjádřeno v tab. 7.1.

Tabulka 7.1 – Rozložení četnosti potřeb tepla během topného období na pásma I až III

Hodnocené parametry	Rozdělení topného období do pásem podle doby trvání		
	Pásmo I	Pásmo II	Pásmo III
Rozsah venkovních teplot t_e (°C) Doba trvání (%) Doba trvání (topné období 6000 h) (h) Rozsah měrných výkonů $Q_{\%}$ (%) Průměrný měrný výkon $Q_{\%}$ (%) Měrná potřeba tepla (10^{-2} %)	od -15 do -3,5 10 600 100 až 67,14 83,57 501	od -3,5 do +9,5 80 4800 67,14 až 30 48,57 2331	od +9,5 do +13 10 600 30 až 20 25 150
Z celkové roční potřeby (10^{-2}%)	2982		
Poměrné roční potřeby tepla (ze 100%)	16,8	78,17	5,03

Z tabulky 7.1 vyplývá, že pásmo II, nejčastějších výkonů, zaujímá, z hlediska potřeb tepla, až 78 % roční potřeby tepla na vytápění.
Z hlediska energetických úspor je nejdůležitější nejvyšší účinnost provozu zdroje v rozsahu měrných výkonů $Q_{\%}$ = 67až 30 %.
Je tedy správné, aby toto období, reprezentované pásmem II, bylo z hlediska účinnosti zdroje i otopné soustavy nejvíce sledovaným obdobím.

7.2.5 Topné křivky (obr. 7.5)

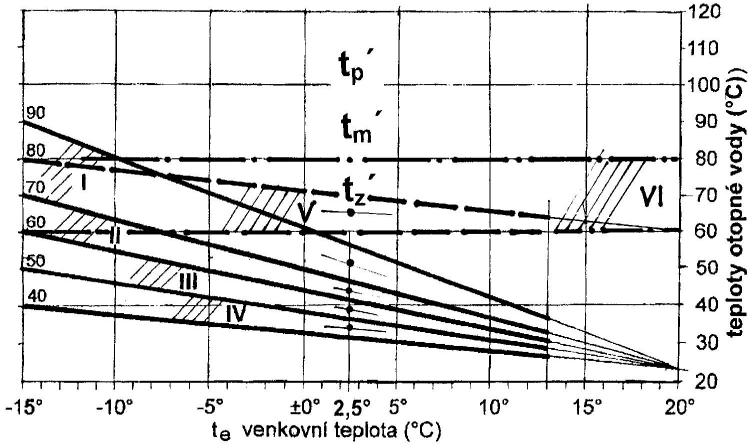
K nejzákladnějším parametrům pro přenos tepla otopnou vodou, resp. pro výkon otopné plochy, patří teplotní parametry otopné vody. Pro přenos tepla (výkon) je rozhodující teplotní spád otopné vody, který většinou stanovujeme při jmenovitém výkonu, tj. při výpočtové venkovní teplotě t_e.
Na obr. 7.5 je na pravé y – ové pořadnici vyznačena stupnice teplot otopné vody. Na levé y – ové pořadnici je vyznačena teplota otopné vody při jmenovitých podmínkách, tj. při teplotě t_e = -15 °C.

a) Topné křivky odběratelské soustavy vytápění

Teplotní parametry otopné vody jsou na pravé y – ové pořadnici uvedeny ve čtyřech variantách.
Pro varianty teplot otopné vody platí:

- varianta I má teplotní spád t_p/t_z = 90/70 °C, tj. Δt = 20 °C střední teplotu t_m = 80 °C
- varianta II má teplotní spád t_p/t_z = 70/60 °C, tj. Δt = 10 °C střední teplotu t_m = 65 °C

- varianta III má teplotní spád t_p/t_z = 60/50 °C, tj. Δt = 10 °C střední teplotu t_m = 55 °C
- varianta IV má teplotní spád t_p/t_z = 50/40 °C, tj. Δt = 10 °C střední teplotu t_m = 45 °C.



Obr. 7.5 – Zjednodušený průběh topných křivek otopné vody v odběratelské Soustavě pro rozsah venkovních teplot od -15 do +13 °C
Varianta I – se jmenovitým teplotním spádem 90/70 °C
Varianta II – se jmenovitým teplotním spádem 70/60 °C
Varianta III – se jmenovitým teplotním spádem 60/50 °C
Varianta IV – se jmenovitým teplotním spádem 50/40 °C

Topné křivky otopné vody odběratelské soustavy, uvedené na obr. 7.5, mají pouze teoretický lineární průběh. Podle způsobu předání tepla teplosměnnou plochou v místnosti je jejich reálný tvar exponenciální se zvýšením teploty otopné vody při snižujícím se výkonu. V uvedeném diagramu na obr. 7.5, platném pro ideální teplosměnnou plochu, s lineárním průběhem předání tepla, se porovnávají teploty otopné vody pro vytápění s teplotami požadovanými pro ohřev TV. Otopná voda pro ohřev TV má zjednodušeně konstantní teplotu, např. 60 °C.
Disproporce mezi průběhem teplot otopné vody, požadované pro vytápění a pro přípravu TV, je patrná zejména v oblasti nejčastěji se vyskytujících venkovních teplot. Zvolena byla hodnota teploty t_e = +2,5 °C.

Teploty otopné vody při venkovní teplotě t_e = +2,5 °C
Stanovení teplotního spádu t_p'/t_z' a střední teploty t_m' otopné vody, při polovičním měrném výkonu $Q_{50\%}$, tj. při venkovní teplotě $t_{e1/2}$ = +2,5 °C je pro:
- variantu I (jmenovitý teplotní spád 90/70 °C). Teplotní spád při venkovní teplotě $t_{e1/2}$ = +2,5 °C je 55/45 °C. Střední teplota otopné vody je t_m' = 50 °C.
- variantu II (jmenovitý teplotní spád 70/60 °C). Teplotní spád při venkovní teplotě $t_{e1/2}$ = +2,5 °C je 45/40 °C. Střední teplota otopné vody je t_m' = 42,5 °C.

- variantu III (jmenovitý teplotní spád 60/50 °C). Teplotní spád při venkovní teplotě $t_{e1/2}$ = +2,5 °C je 40/35 °C. Střední teplota otopné vody je t_m'= 37,5 °C.
- variantu IV (jmenovitý teplotní spád 50/40 °C). Teplotní spád při venkovní teplotě $t_{e1/2}$ = +2,5 °C je 35/30 °C. Střední teplota otopné vody je t_m'= 32,5 °C.

Na obr. 7.5 jsou vyznačeny u venkovní teploty $t_{e1/2}$ = +2,5 °C (při polovičním výkonu) hodnoty teplot otopné vody t_p', t_z'a t_m'.

b) Topné křivky pro ohřev TV

Na obr. 7.5 jsou znázorněny topné křivky požadované pro teploty otopné vody při současném ohřevu TV s vytápěním s grafickým vyjádřením variant 5 a 6, které mají teplotní spád t_p/t_z = 80/60 °C, tj. Δt = 20 °C.
Teplotní průběh otopné vody pro ohřev TV v topném období stanoví:

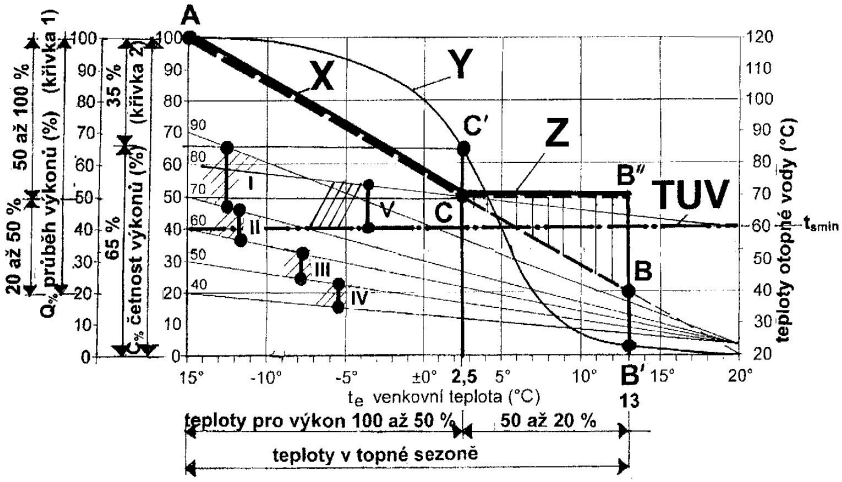
- varianta V, jako příklad teplotního průběhu otopné vody ve zdrojovém okruhu vyjadřuje společný požadavek na nejnižší přípustnou teplotu otopné vody pro společné odběratelské okruhy vytápění s PTV,
- varianta VI, jako příklad průběhu teplot otopné vody odběratelského okruhu ohřevu TV při celoročním konstantním výkonu.

V průběhu ohřevu vody v ZTV je při teoretické konstantní teplotě 80/60 °C (podle varianty 6) při stejném výkonu doba ohřevu podle výpočtových předpokladů. V průběhu topného období je při současném ohřevu TV a vytápění, podle topných křivek u varianty V, v kotlovém okruhu snížený výkon snižováním výstupní teploty z kotle a doba ohřevu TV se tak bude prodlužovat, oproti jmenovitým teplotám otopné vody.

7.2.6 Soustředění parametrů teplovodní soustavy a zdroje (obr. 7.6)

Na obr. 7.6 jsou podle předchozích parametrů otopné soustavy a topného zdroje v průběhu topného období soustředěny všechny údaje do společného grafického vyjádření.
Na obr. 7.6 souhlasně s předchozími obrázky platí, že:

- stupnice venkovních teplot na x – ové pořadnici je od t_e = -15 °C do t_{emax} = +13 °C, přičemž teplota t_i = +20 °C,
- průběh měrných výkonů ($Q_{\%}$) podle venkovní teploty, se stupnicí na y – ové pořadnici vlevo, probíhá lineárně od bodu A do bodu B po přímce X,
- průběh regulace výkonu probíhá po přímce X a Z od bodu A do C a od C do B´´. Zdroj je regulován plynule od bodu A do bodu C, tedy od 100 do 50 %. Měrný výkon při teplotě t_{ei} = +2,5 °C je poloviční než jmenovitý výkon při t_e = -15 °C,
- zjednodušený lineární průběh teploty otopné vody (topné křivky) v topném období je řešen pro:
  - variantu I se jmenovitými hodnotami teplot 90/70 °C,
  - variantu II se jmenovitými hodnotami teplot 70/60 °C,
  - variantu III se jmenovitými hodnotami teplot 60/50 °C,
  - variantu IV se jmenovitými hodnotami teplot 50/40 °C,
- vyznačení konstantní teploty otopné vody pro ohřev teplé vody t_{smin} – vyznačeno na křivce TV. Teplota otopné vody je na y – ové pořadnici vpravo.



Obr. 7.6 – Komplexní grafické vyjádření průběhu výkonů, regulovatelnosti zdroje, četnosti měrných výkonů a topných křivek během topné sezóny
Přímka X – průběh měrných výkonů ($Q_{\%}$) od bodu A do bodu B
Přímka X a Z – regulace výkonu zdroje od bodu A do C až do bodu B´´
Křivka Y – průběh četnosti měrných výkonů $C_{\%}$ od bodu A do bodu B´
Topné křivky pro variantu I až IV

7.2.7 Porovnání parametrů teplovodního vytápění a ohřevu TV

V předchozích odstavcích jsou popsány charakteristiky otopné soustavy v průběhu topného období, které lze porovnat s nepřímým ohřevem TV:

- stanovení výkonu,
- regulace výkonu,
- teploty otopné vody.

a) Stanovení výkonu

Výkon zdroje pro vytápění se stanovuje z výpočtové venkovní teploty a pro topnou sezónu platí, že výkonový rozsah je od 100 do 20 %.
Pro přípravu TV je výkon přibližně konstantní a může být vyšší než je maximální jmenovitý výkon pro vytápění nebo může být nižší než je minimální výkon pro vytápění.

b) Regulace výkonu

Nejdůležitější oblastí regulace pro vytápění je oblast II. pásma, které zaujímá podstatnou část topného období.
Pro přípravu TV stačí uvažovat s konstantním výkonem topného zdroje a není nutná náročná plynulá regulace výkonu.

c) Teploty otopné vody

Odlišnost teplot otopné vody, požadované pro vytápění, je dána topnými křivkami, vyjadřujícími průběh teploty otopné vody během topného období.
Pro ohřev TV je teplota otopné vody na přibližně stejné úrovni a je většinou vyšší než jaká je požadovaná pro vytápění.

7.3 ZPŮSOBY KOMBINACE ZDROJŮ PRO VYTÁPĚNÍ A OHŘEV TV

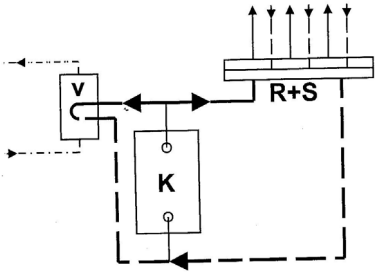
7.3.1 Rozdělení kombinovaných zdrojů

Při kombinaci vytápění a PTV zjednodušeně rozeznáváme tyto principiální kombinace při zapojení:

- oddělené zdroje – kdy je kotel zvlášť pro PTV a pro vytápění, s možným paralelním propojením,
- zapojení paralelní – kdy příprava TV je paralelně spojena s vytápěním z topného zdroje. Toto zapojení může být provozováno s režimem:
  - souběžným, kdy kotle k vytápění mohou být provozovány současně buď na součtový výkon nebo redukovaný výkon (nejčastěji u vytápění)
  - alternativním, kdy kotel je provozován buď pro vytápění nebo pro PTV s tím, že PTV má prioritu,
- zapojení sériové – kdy ohřev TV, většinou v zásobníku, je předřazen pomocí trojcestného ventilu před vytápěním a část ochlazované vody z ohřevu TV je vedena do vytápění nebo je trojcestným ventilem zařízen provoz alternativní.
  U plynových zdrojů se toto zapojení nepoužívá.

7.3.2 Společný kotel pro vytápění a přípravu TV (obr. 7.7)

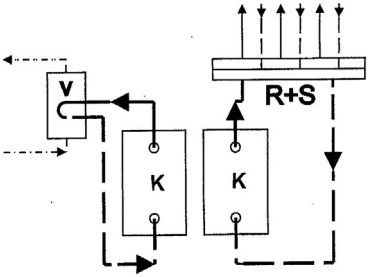
U malých plynových kotlů je vytápění a ohřev TV paralelně napojeno na plynový kotel tak, že výstupní otopná voda z kotle slouží jak pro vytápění, tak pro PTV. U starší koncepce byl provoz současný a tím i výkon buď zcela nebo částečně součtový. Dnes je nejčastěji provoz alternativní, tj. buď pro vytápění nebo PTV, přičemž ohřev TV má prioritu.
Velmi častý výkonový rozdíl mezi potřebami pro vytápění a pro přípravu TV (např. pro PTV 20 kW a pro vytápění 2 až 10 kW), při průtokovém ohřevu, závisí na regulačních schopnostech kotle. U kotlů s atmosférickým hořákem je většinou plynulá regulace v mezích 50 až 100 % výkonu. K tomu, aby byl eliminován nepříznivý přerušovaný chod kotle při režimu vytápění pod 50 % výkonu, je většinou pro ohřev TV zvolen zásobník, jehož velikost odpovídá výkonu, odběrové špičce a následně i době ohřevu.
Vysoké provozní nároky na přizpůsobivost kombinovaných kotlů (pro vytápění a PTV) kladou nároky na regulaci, zejména mají-li být dodrženy emisní limity za všech provozních podmínek.



Obr. 7.7 – Společný kotel pro vytápění a přípravu TV
Legenda: K – kotel; V – ohřívač TV; R+S – kombinovaný rozdělovač a sběrač

7.3.3 Příprava TV z odděleného zdroje (obr. 7.8)

Výhodou samostatného kotle na přípravu TV je jednoduchá regulace jeho provozu. Kotel je přesně dimenzován na výkon, který projektant stanovil pro ohřev TV a v tomto režimu pracuje s četností přerušování a délkou provozní doby podle velikosti zásobníkového objemu tak, jak bylo popsáno v předchozích částech.

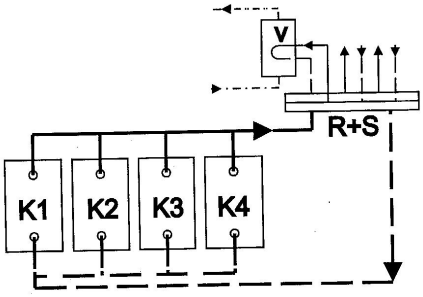


Obr. 7.8 – Příprava TV z odděleného kotle
Legenda: K – kotel; V – ohřívač TV; R+S – kombinovaný rozdělovač a sběrač

7.3.4 Společná příprava TV a vytápění u kaskádového zapojení kotlů (obr. 7.9 a 7.10)

Pro snadnější regulaci výkonu zdroje v průběhu topného období se volí větší počet kotlových jednotek s nižšími regulačními schopnostmi měnit výkon v kaskádovém zapojení.
Zapojení více kotlů na vytvoření proměnného výkonu je výhodné i pro tzv. letní provoz, kdy je zdroj využíván pouze pro přípravu TV.
Jak bylo výše uvedeno, při návrhu výkonu jediné kotlové jednotky se často vychází ze součtu výkonu pro přípravu TV a pro vytápění a pak jediný kotel je pro letní provoz předimenzován a pracuje v přerušovaném provozu, kterým je snížena nejen účinnost,

ale i ekologičnost provozu. Z toho důvodu je používání několika kotlových jednotek s rozděleným celkovým výkonem na malé samostatné výkony výhodnější a běžně používané.



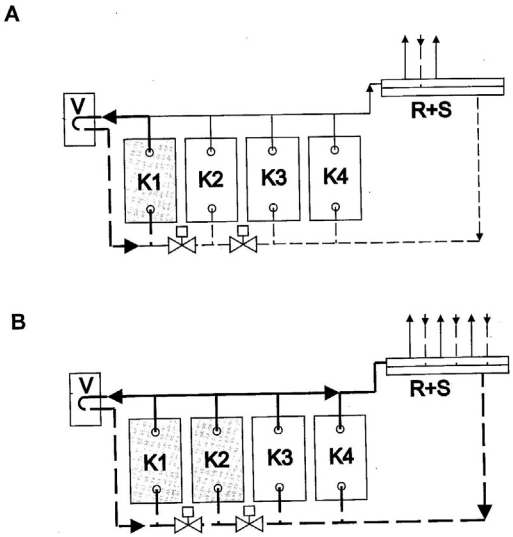
Obr. 7.9 – Společná příprava TV s vytápěním, se zapojením ohřívače na vytápěcí soustavu
Legenda: K_1 až K_4 – kotle v kaskádovém uspořádání; V – ohřívač TV; R+S – kombinovaný rozdělovač a sběrač

a) Zapojení ohřívače TV na vytápěcí soustavu (obr. 7.9)

Zapojení ohřívače vody, podle obr. 7.9, souběžně s větvemi na vytápění bývá dnes nejčastějším řešením. Vyžaduje to použití náročné regulace, jak ve zdroji, tak u systému rozvodu. Přímá regulace výkonu kotlů nedovoluje snížení výstupní teploty z kotle pod teplotu nutnou pro ohřívání TV (např. 65 °C), i když teplota ve vytápěcí soustavě je po většinu roku požadována na hodnotě nižší (např. 50 °C). Přímá regulace teploty otopné vody pro vytápění tak, jak je požadovaná otopnou soustavou, snižuje nároky na hydraulické vyrovnávání trubních rozvodů ústředního vytápění. Proto při dodávce vody s vyšší teplotou je nutné po většinu roku regulovat a hydraulicky vyvažovat některými z běžně známých regulačních systémů.

b) Oddělené zapojení ohřívače TV od vytápění (obr. 7.10)

Oddělené zapojení ohřívače TV od rozvodů pro vytápění je zapojení, které je u nás známé již řadu let.



Obr. 7.10 – Společný zdroj pro přípravu TV a vytápění v odděleném připojení ohřívače TV od vytápění
Legenda: A - Příklad ohřevu TV z celoročního kotle K1 (nižší výkon ohřevu TV); B - Příklad ohřevu z kotle K1 a K2 (vyšší výkon ohřevu TV); K_1 až K_4 – kotle v kaskádovém uspořádání; V – ohřívač TV; R+S – kombinovaný rozdělovač a sběrač

Počet kotlových jednotek je řešen jednoduchým návrhem i podle celoročního průběhu výkonu se snahou snížit přípojný výkon krátkodobým využitím kotle (kotlů) určeného jak pro vytápění, tak pro přípravu TV. Jinak je topná centrála podle obr. 7.10 sestavena z kotle určeného pro průběžný ohřev PTV – kotel K1, který je solenoidovým ventilem oddělen od kotle K2, který je určen pro střídavý provoz buď PTV nebo vytápění. Od kotlů K3 a K4, které jsou určeny pouze pro vytápění, jsou kotle K1 a K2 odděleny rovněž solenoidovým ventilem. Trvale oddělený kotel K1 pro vytápění může být doplněn otevřením solenoidového ventilu s kotlem K2, který je jinak použitý pro špičkový výkon na vytápění. V režimu provozu má špičkový výkon pro přípravu TV prioritu a kotel K2 je však jen dočasně používán pro ohřev TV v případě špičkového odběru TV.
Přímá regulace výkonu pro vytápění je při stálém, konstantním průtoku vody přes všechny kotle, tedy i přes kotle bez provozu hořáku (kotle chladné) a průtok vody se změnou výkonu tak nemění. Konstantní průtok vody přes všechny kotle během celého roku nevyžaduje umisťovat do okruhu každého kotle oběhové čerpadlo. Rovněž hydraulická spojka je při tomto zapojení zbytečná.
Tento systém kombinace přípravy TV s vytápěním je u nás desítky let znám a jeho výhody se zvyšují, zejména použití kondenzační techniky při spalování.

7.4 ZPŮSOBY ETÁŽOVÉHO VYTÁPĚNÍ A PŘÍPRAVY TV

Zdrojem pro etážové vytápění, např. bytů, je plynový kotel, který slouží většinou i pro přípravu TV. K hlavním výhodám tohoto řešení je úplné oddělení vytápění bytu a ohřevu TV od ústředního vytápění budovy s možností samostatného režimu a regulace provozu s jednoduchým měřením spotřeby tepla na primárním zdroji, tj. na plynoměru.
Jednou z nevýhod tohoto řešení je výkonová disproporce mezi požadovaným nízkým výkonem, potřebným pro vytápění a nutným vyšším výkonem pro přípravu TV.
Výkon na vytápění bytu, představovaný tepelnou ztrátou, se pronikavě v posledních letech snížil tak, jak se zvýšil tepelný odpor plášťové konstrukce budovy. Rozdíl mezi výkonem pro vytápění a pro přípravu TV se dostal podstatně mimo regulační schopnost kotle.
Kotel s vysokým výkonem, potřebným pro přípravu TV, je pro vytápění provozován trvale v celém topném období v přerušovaném provozu a má nejen neekonomický provoz, ale častými náběhy produkuje i zvýšené množství škodlivin ve spalinách. Při častém zapínání předimenzovaného kotle uniká, sníženou kvalitou hoření z nedokonalého spalování, zvýšený obsah CO a únik nespáleného CH_4.

7.4.1 Charakteristické zásady návrhu

K charakteristickým znakům stávajícího etážového vytápění patří:
- kotel je téměř výhradně rychloohřívací (s malým vodním obsahem),
- provoz je většinou plynule regulován u atmosférického hořáku od 100 do 50 %, výjimečně 40 % jmenovitého výkonu,
- kotel v provedení B má atmosférický hořák,
- kotel v provedení C má nejčastěji hořák s podtlakovým spalováním (s ventilátorem na spalinovém hrdle),
- používá se nejčastěji jeden hořák pro střídavý provoz, buď pro vytápění nebo pro přípravu TV.

Při etážovém vytápění stačí jediný hořák kotle zajišťovat jak vytápění, tak přípravu TV otopnou vodou.
Běžně se dělí příprava TV na:
- průtokovou, s vysokým požadovaným výkonem,
- zásobníkovou, s nižším požadovaným výkonem.

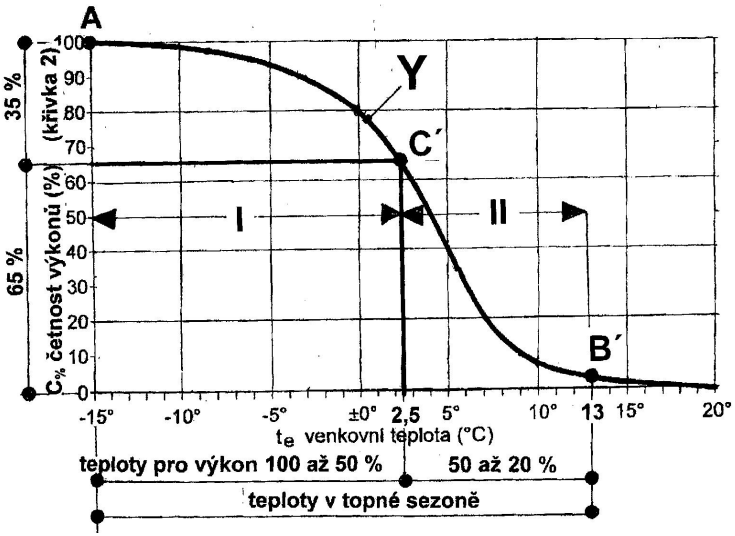
Provoz vytápění a provoz přípravy TV je alternativní, tj. kotel slouží buď pro vytápění nebo pro přípravu TV, přičemž příprava TV má prioritu před vytápěním.
Provoz ohřevu TV je vždy na jmenovitý výkon kotle, provoz vytápění je většinou na regulovaný výkon nebo na nejnižší výkon kotle s přerušováním provozu.

a) Průběh výkonu pro vytápění
Zjednodušeně si můžeme průběh výkonu pro vytápění určit ze sloupcového diagramu pro topné období v trvání 6000 hodin při venkovní teplotě od t_e = -15 °C do +13 °C.
Jak bylo již dříve uvedeno, snížila se tepelná ztráta bytu za období posledních 25 let na 1/3 až na 1/4 původní tepelné ztráty.

Pro instruktivnost volme tepelnou ztrátu bytu při venkovní teplotě t_e = -15 °C pro původní a současný stav:

- v původním stavu např. Q_{v1} = 7,5 kW,
- u současného stavu např. Q_{v2} = 3 kW.

Průběh výkonu při vytápění je naznačen na obr. 7.1 a průběh četnosti výskytu výkonu uvádí obr. 7.3.
Při spalování v plynovém kotli s atmosférickým, resp. podtlakovým hořákem, je regulační schopnost hořáku přibližně v rozmezí od 100 do 50 %, jak uvádí obr. 7.2. a obr. 7.10 je četnost průběhu výkonu vyznačena oblastí plynulé regulace kotle, zahrnující 35 % topného období. Neregulovaný výkon plynového kotle s atmosférickým hořákem, pod 50 % jmenovitého výkonu, zaujímá u kotle s atmosférickým hořákem 65 % topného období. Při správném dimenzování plynového kotle na jmenovitý výkon dochází po dobu 2/3 topného období k neekologickému vytápění s přerušovaným provozem kotle zapnuto/vypnuto.



Obr. 7.11 – Stanovení četnosti výskytu měrných výkonů kotle s plynulou regulací nad 50 % (pásmo I) a pod 50 % bez regulace kotle (pásmo II)

b) Výkon pro přípravu TV

Výkon při průtokovém ohřevu

Pro průtokový ohřev se stanovuje výkon ze vztahu:

$$Q_{pTV} = q_v \cdot 3600 \cdot 1{,}163 \cdot \Delta t \qquad \text{(W)}$$

kde q_v je vteřinový průtok vody z výtoku (l/s)
- nad vanou q_v = 0,1 l/s
- nad umyvadlem q_v = 0,085 l/s

3600	znamená 3600 sekund za hodinu	
1,163	měrná tepelná kapacita vody	(l/WhK)
Δt	teplotní spád ohřevu studené vody (cca 10 °C) na teplotu TV (cca 55 °C), tj. 45 °C	

Výkon pro výtok TV nad vanou bude po dosazení:

$$Q_{pTV} = 0{,}1 \cdot 3600 \cdot 1{,}163 \cdot 45 = 18840\ W$$

Výkon pro výtok TV nad umyvadlem bude po dosazení:

$$Q_{pTV} = 0{,}085 \cdot 3600 \cdot 1{,}163 \cdot 45 = 16014\ W$$

Nebudeme-li uvažovat současnost provozu několika výtoků, bude nejmenší výkon pro průtokový ohřev TV v bytě: 16 až 18 kW.

Výkon při zásobníkovém ohřevu
U bytů se sprchou se volí zásobníkový ohřívač TV o obsahu 60 l a u bytů vybavených vanou se volí zásobníkový ohřívač 90 l (užitný obsah vany se uvažuje 140 l, tj. přibližně polovina je tedy 70 l teplé vody s teplotou 55 °C).

Příklad stanovení výkonu pro ohřátí TV v zásobníkovém ohřívači s obsahem 90 l:

- při ohřevu TV v zásobníku za 60 minut
  $Q_{zTV} = 90 \cdot 1{,}163 \cdot (55 - 10) = 4710\ W$,
- při ohřevu TV v zásobníku za 30 minut
  $Q_{zTV} = 90 \cdot 1{,}163 \cdot (55 - 10) \cdot 2 = 9420\ W$,
- při ohřevu TV v zásobníku za 15 minut
  $Q_{zTV} = 90 \cdot 1{,}163 \cdot (55 - 10) \cdot 4 = 18840\ W$.

Nejčastěji se voda v zásobníkovém ohřívači ohřívá při výkonu kotle 10 kW, tj. u zásobníkového ohřívače s obsahem 90 l zhruba za 30 minut.

c) Průběh výkonu kotle v topném období

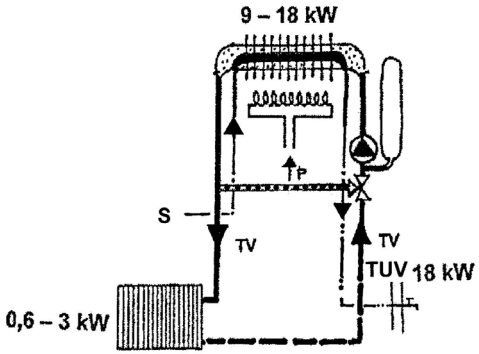
V předchozí části bylo zdůvodněno, proč plynový kotel, sloužící pro vytápění, má předimenzovaný výkon z důvodu přípravy TV.
Kotle na vytápění a přípravu TV můžeme rozdělit podle způsobu přípravy TV na:

- kotel s průtokovou přípravou TV v kotli (jinak též kombinovaný) (obr. 7.12)
- kotel se zásobníkovou přípravou TV, se zásobníkem nejčastěji mimo kotel (obr. 7.13)

7.4.2 Provoz kotle s průtokovou přípravou TV (obr. 7.12)

Kombinovaný plynový kotel, ve kterém je instalován průtokový výměník pro ohřev TV, jak je naznačeno na obr. 7.12, má nejčastěji:

- jmenovitý výkon 16 až 18 kW,
- nejčastěji regulovaný výkon min. 8 až 9 kW.



Obr. 7.12 – Schéma etážového kotle s průtokovou přípravou TV
Legenda: TUV – teplá voda; TV – otopná voda; SV – studená voda; P - plyn

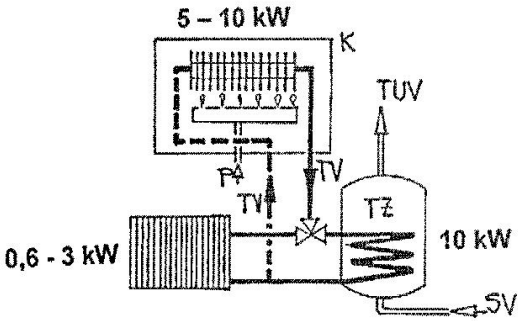
Předimenzování výkonu kotle na vytápění v průběhu roku je uvedeno v tabulce 7.2 pro:
- byt s tepelnou ztrátou 3 kW,
- kotel s nejnižším regulovaným výkonem 9 kW

Tabulka 7.2 – Průběh výkonu pro vytápění bytu s tepelnou ztrátou 3 kW a pro kotel s nejnižším regulovaným výkonem 9 kW

Jmenovitý a nejnižší regulovaný výkon Q_{max}/Q_{reg} (W)	Venkovní teplota t_e (°C)	Průběh výkonu Q_i (%)	Požadovaný výkon Q_{ip} (W)	Počet dnů v topném období p (d)	Počet hodin v topném období τ (h)	Rozdíl venkovní a vnitřní teploty Δt (K)	Násobnost předimen-zování vzhledem k regulo-vanému výkonu n (-)
18 000 / 9 000	-15	100	3 000	8	144	35	3 x
	-8	80	2 400	21	504	28	3,75 x
	-1	60	1 800	127	3 048	21	5 x
	+ 6	40	1 200	56	1 344	14	7,5 x
	+ 13	20	600	40	960	7	15 x

7.4.3 Provoz kotle se zásobníkovou přípravou TV (obr. 7.13)

Plynový kotel se zásobníkem pro přípravu TV má nejčastěji provoz s přednostní přípravou TV při jmenovitém výkonu. Trojcestným ventilem je zajištěno přepínání režimu přípravy TV na vytápění. Ve schématu na obr. 7.13 je:
- jmenovitý výkon kotle 10 kW,
- nejmenší regulovaný výkon 5 kW.



Obr. 7.13 – Schéma etážového kotle se zásobníkovou přípravou TV
Legenda: K – kotel; TZ – teplovodní zásobník; P – plyn; TUV – teplá voda; TV – otopná voda; SV – studená voda

Předimenzování výkonu kotle na vytápění v průběhu roku je uvedeno v tabulce 7.3 pro:

- byt s tepelnou ztrátou 3 kW
- kotel s nejnižším regulovaným výkonem 5 kW

Tabulka 7.3 – Průběh výkonu pro vytápění bytu s tepelnou ztrátou 3 kW a pro kotel s nejnižším regulovaným výkonem 5 kW

Jmenovitý a nejnižší regulovaný výkon Q_{max}/Q_{reg} (W)	Venkovní teplota t_e (°C)	Průběh výkonu Q_i (%)	Požadovaný výkon Q_{ip} (W)	Počet dnů v topném období p (d)	Počet hodin v topném období τ (h)	Rozdíl venkovní a vnitřní teploty Δt (K)	Násobnost předimen-zování vzhledem k regulo-vanému výkonu n (-)
10 000 / 5 000	-15	100	3 000	8	144	35	1,66 x
	-8	80	2 400	21	504	28	2,08 x
	-1	60	1 800	127	3 048	21	2,77 x
	+ 6	40	1 200	56	1 344	14	4,2 x
	+ 13	20	600	40	960	7	8,3 x

7.4.4 Systém s kondenzačním kotlem a zásobníkem tepla (obr. 7.14)

U výše uvedených systémů bylo upozorněno na některé nedostatky při provozu předimenzovaných plynových kotlů pro etážové vytápění.
Ve srovnání s těmito systémy řeší požadavky na vysoce účinný provoz s nízkou produkcí škodlivin a nízkou pořizovací cenou kombinace kondenzačního kotle se

zásobníkem tepla podle „Užitného vzoru č. 11 826 Zásobník tepla kondenzačního kotle a sestava pro ohřev užitkové vody a/nebo vytápění“.
Na obr. 7.14 je funkční schéma sestavy kondenzačního kotle a zásobníku tepla, kde:

- **K** je kondenzační kotel s neregulovaným jmenovitým výkonem,
- **ZT** je zásobník tepla s vestavěným průtokovým ohřívačem **SV** (spirálový výměník pro průtokový ohřev TV),
- **OS** je připojená teplovodní otopná soustava,
- **S** a **T** je připojení studené a teplé vody, případně **C** – cirkulace.

a) Charakteristika kondenzačního kotle

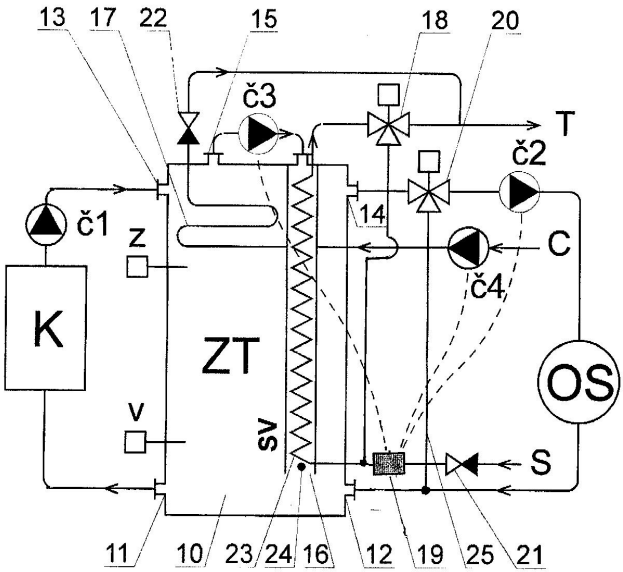
Kotel K je:

- rychloohřívací, s malým vodním obsahem pro kondenzační provoz,
- s hořákem provozovaným pouze na jmenovitý výkon (např. 18 kW) a tím:
  - s nastavením na nejnižší stálý přebytek vzduchu při spalování, který je nejpříznivější pro režim kondenzace spalin a
  - s velmi účinným ekologickým provozem, neboť tlakové i funkční parametry vzduchu a topného plynu jsou nastaveny nejoptimálněji pro spalování a produkci škodlivin,
  - použitím velmi jednoduchého hořáku s provozem zapnuto/vypnuto bez náročné regulace, tudíž s nízkou cenou.

b) Charakteristika zásobníku tepla kondenzačního kotle ZTKK

Zásobník tepla ZTKK vytváří:

- vyrovnávací spojku mezi kondenzačním kotlem K a otopnou soustavou OS pro různé průtoky mezi okruhem kotle a okruhem soustavy
- přepínání provozu vytápění (čerpadlo Č2) a ohřevu TV (čerpadlo Č3)
- soustředění ochlazované zpětné vody u dna zásobníku pro výhodné napojení na kondenzační kotel
- soustředění nejteplejší otopné vody pod poklop zásobníku ZT pro použití na ohřev TV nebo vytápění.



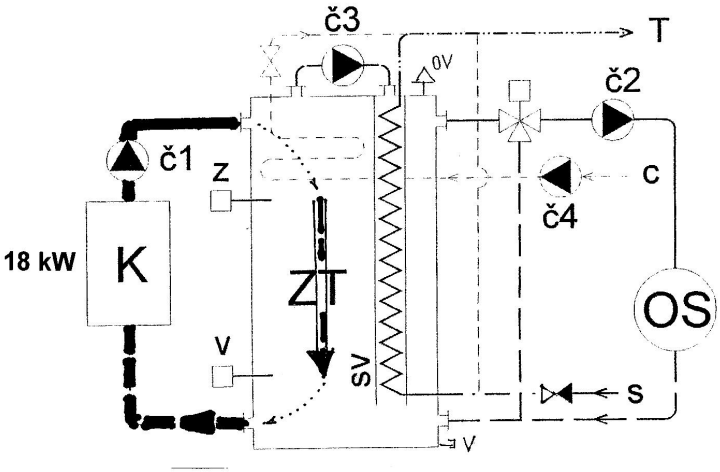
Obr. 7.14 – Schéma zapojení kondenzačního kotle na zásobník tepla kondenzačních kotlů (ZTKK) s průtokovým ohřevem TV
Legenda: K – kondenzační kotel; ZT (10) – zásobník tepla (otopné vody); S – přívod studené vody; T – výstup TV; C – cirkulace TV; OS – otopná soustava
Teploměr: Z – pro zapínání kotle (nabíjení); V – pro vypínání kotle
Oběhové čerpadlo: Č1 – kotlového okruhu; Č2 – otopné soustavy; Č3 – ohřevu TV; Č4 – cirkulace TV;
Připojovací hrdlo zásobníku ZT: 11 – pro výstup do kotle; 12 – pro přívod z otopné soustavy; 13 – pro přívod z kotle; 14 – pro výstup do otopné soustavy; 15 – pro výstup do ohřívače TV
Armatury, zařízení, čidla: 16 – výstup otopné vody z ohřívače TV; 17 – výměník ohřevu cirkulace; 18 – směšovací ventil TV; 19 – čidlo provozu TV – vytápění; 20 – směšovací ventil ekvitermní regulace OS; 21 – zpětný ventil – studená voda; 22 – zpětný ventil – cirkulace; 23 – spirálová plocha výměníku TV; 24 – čidlo teploty na výstupu z ohřívače TV; 25 – směšovací potrubí OS

c) Provoz kotle – nabíjení zásobníku ZT (obr. 7.15)

Na obr. 7.15 je popsána fáze provozu kotle při nabíjení zásobníku, tj. při plnění zásobníku otopnou vodou, ohřátou nejméně na 60 °C (s ohledem na ohřev TV).
Provoz kotle je řízen teploměry umístěnými v zásobníku ZT, které sledují teplotu otopné vody v zásobníku tak, že:

- při poklesu teploty otopné vody na úrovni teploměru Z (např. pod 60 °C) dochází k zapnutí kotle K a spuštění oběhového čerpadla Č1. Zásobník ZT se plní postupně ohřátou vodou,
- při dosažení požadované teploty na úrovni teploměru V je okruh dobíjení zásobníku vypnut (hořák a čerpadlo Č1).

Do kondenzačního kotle ze zásobníku proudí nejchladnější voda od jeho dna, ať již z ohřevu TV nebo z otopného systému. Nejchladnější voda na výměníku kotle vytváří nejvyšší kondenzaci spalin a tím je dosahováno nejvyšší účinnosti.



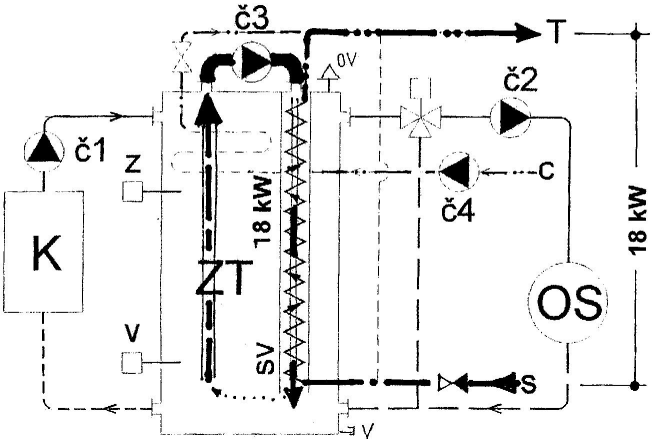
Obr. 7.15 – Příklad zapojení kondenzačního kotle na zásobník tepla kondenzačních kotlů (ZTKK) – provoz nabíjení zásobníku

d) Provoz při ohřevu TV (obr. 7.16)

Ohřev TV je zajištěn průtokovým ohřívačem SV, vestavěným do zásobníku tepla ZT. Při ohřevu TV protéká přívodní otopná voda do ohřívače pomocí oběhového čerpadla Č3. Provoz ohřevu TV nabíhá při odběru TV na základě průtoku čidlem na potrubí studené vody (pozice 19 na obr. 7.14). Od čidla průtoku je sepnuto čerpadlo okruhu ohřevu, kterým je zajištěno proudění otopné vody pláštěm spirálového výměníku od stropu ke dnu zásobníku tepla. Proudění otopné vody svislou válcovou plochou ke dnu zásobníku je v protisměru proudu studené vody spirálovou trubkou výměníku. Pro zajištění přibližně stabilní teploty TV, vystupující z ohřívače při různém průtoku (odběru), je možné snížit nadměrnou teplotu TV přimícháváním studené vody v trojcestném ventilu (pozice 18 na obr. 7.14).

I když se jedná o průtokový ohřev TV (při kterém běžně nelze cirkulační potrubí napojit), je u uvedeného systému ohřev cirkulační vody zajišťován výměníkem, vloženým do zásobníku tepla ZT (pozice 17 na obr. 7.14).

Po ukončení odběru TV vypíná čidlo průtoku 19, oběhové čerpadlo Č3 ohřevu TV a zapíná oběhové čerpadlo Č4 cirkulačního okruhu TV, případně oběhové čerpadlo Č2 pro otopnou soustavu, je-li topné období.

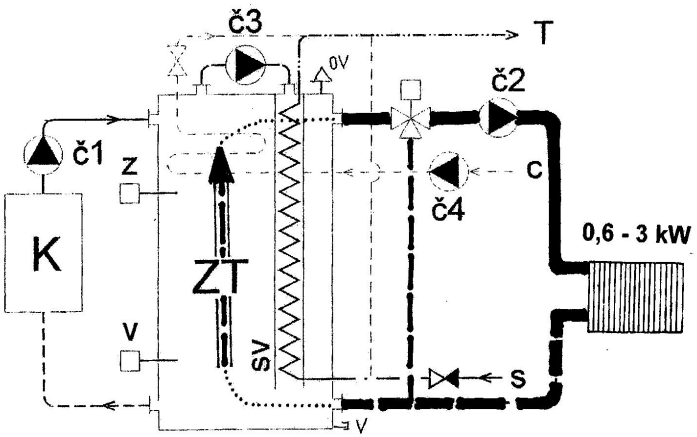


Obr. 7.16 – Příklad zapojení kondenzačního kotle na zásobník tepla kondenzačních kotlů (ZTKK) – provoz ohřevu TV

e) Provoz při vytápění (obr. 7.17)

Odběr tepla na vytápění v průběhu topného období se mění. Jak bylo výše uvedeno, může být odebíraný výkon v mezích od 3 do 0,6 kW.

Otopná voda cirkulující otopnou soustavou pomocí oběhového čerpadla Č2 vystupuje do soustavy u horního líce zásobníku tepla a ochlazovaná voda ze soustavy se vrací ke dnu zásobníku. Odběrem tepla na vytápění stoupá dělící hladina mezi teplou a ochlazenou otopnou vodou, jak naznačuje šipka na obr. 7.17, až na úroveň teploměru Z, kdy se zapíná provoz kotle. Současně s odběrem otopné vody do soustavy probíhá dobíjení zásobníku tepla. Ekvitermní regulace teploty otopné vody podle průběhu výkonu, např. od 3 do 0,6 kW je zajišťována trojcestným směšovacím ventilem (pozice 20 na obr. 7.14). Teplota vody v zásobníku tepla neovlivňuje regulační schopnost v otopné soustavě, musí být pouze vyšší než je nejvyšší požadovaná teplota otopné vody při jmenovitém výkonu pro vytápění.



Obr. 7.17 – Příklad zapojení kondenzačního kotle na zásobník tepla kondenzačních kotlů (ZTKK) – provoz vytápění