

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

MODULE # 3

ČASŤ 2: KONDENZAČNÉ KOTLY

Spolufinancované
Európskou úniou
cez program Erasmus+



1 ZÁKLADY TEÓRIE

Smernice

Veľké percento budov v celej Európe je vykurovaných plynovými kotlami. Technológia výroby kotlov prešla v priebehu posledných desaťročí veľkým vývojom, so zreteľom na energetickú účinnosť a ochranu životného prostredia, ktoré sú pri týchto zariadeniach nevyhnutné.

Európska komisia formulovala požiadavky na výrobu tepla z plynových kotlov prostredníctvom dvoch smerníc.

Smernica 813/2013/EU:

Takmer päť miliónov domov v Európskej únii používa spoločný otvorený komínový systém. Existujúce kotly na vykurovanie miestností a kombinované kotly v bytoch so spoločným otvoreným systémom odvodu spalín nemožno z technických dôvodov nahradiť účinnými kondenzačnými kotlami. Požiadavky tohto nariadenia umožňujú, aby na trhu zostali nekondenzačné kotly osobitne navrhnuté k takýmto komínovým systémom. Je to z dôvodu, aby sa predišlo zbytočným nákladom pre spotrebiteľov, poskytol výrobcovi čas na vývoj kotlov využívajúcich účinnejšiu technológiu vykurovania a poskytol členským štátom dostatok času na vypracovanie národných stavebných predpisov. Toto nariadenie ustanovuje požiadavky na uvádzanie na trh a do prevádzky zariadenia na vykurovanie miestností a zariadenia na kombinované vykurovanie s menovitým tepelným príkonom nepresahujúcim 400 kW. Od 26. septembra 2015 nesmie byť účinnosť vykurovacích zariadení a sezónna účinnosť vykurovania priestorov nižšia ako 86 %. Účinnosť nameraná pri 100 % tepelnom výkone nesmie klesnúť pod 86 % a účinnosť nameraná pri 30 % tepelnom výkone nesmie klesnúť pod 94 %.

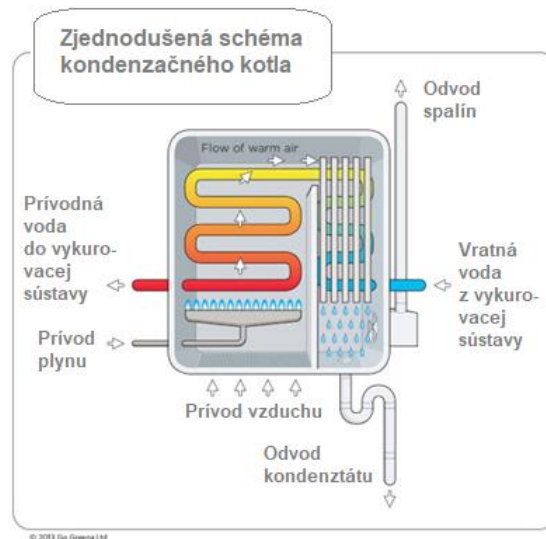
Od 26. septembra 2018 nesmú emisie oxidov dusíka z vykurovacích zariadení, vyjadrené ako oxidy dusíka, v prípade plynových kotlov prekročiť 56 mg/kWh.

Smernica 814/2013/EU:

Konštrukcia ohľaduplná k životnému prostrediu nesmie mať vplyv na prevádzku alebo na náklady pre kotle alebo zásobníky teplej vody, ani nesmie mať nepriaznivý vplyv na zdravie alebo bezpečnosť. Táto regulácia sa týka ekologicky šetrných konštrukcií kotlov s menovitým tepelným príkonom až 400 kW a zásobníkov na teplú vodu so zásobným objemom až 2 000 litrov. [1]

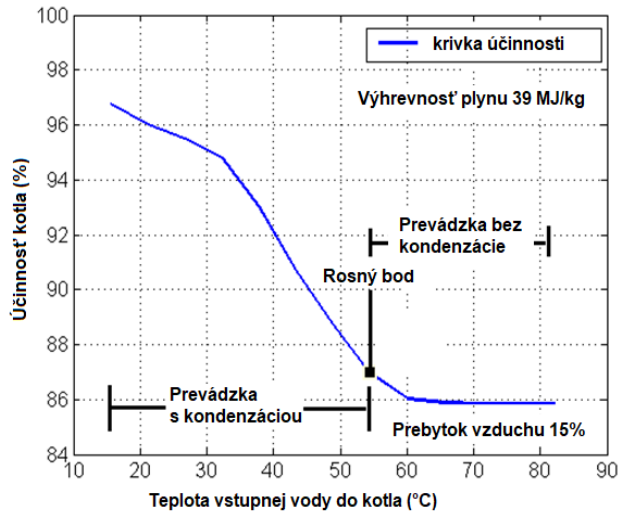
Prehľad technológié

Podľa vyššie uvedených opatrení je možné do budov inštalovať iba kondenzačné kotly. Kondenzačné kotly sú spaľovacie zariadenia, ktoré na spaľovanie používajú zemný plyn alebo skvapalnený plyn (LPG). Zariadenie pracujúce s hodnotami účinnosti a emisií v súlade so smernicami pracuje s využitím latentného tepla, ktoré je možné extrahovať počas kondenzácie.



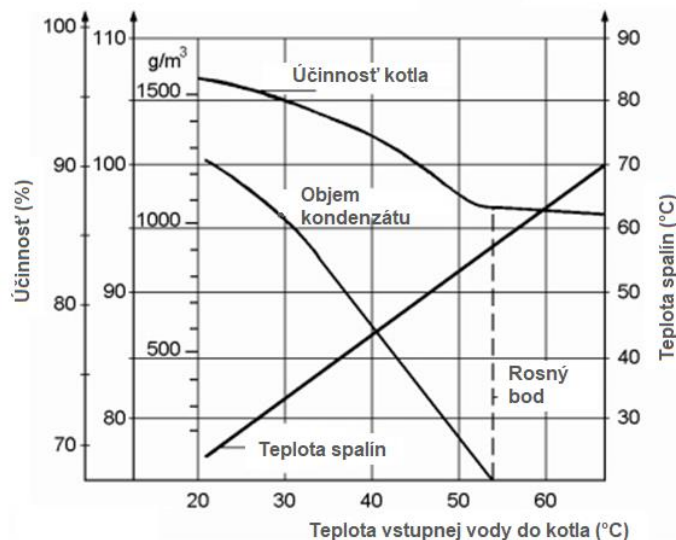
Obr. 1: Základná schéma kondenzačného kotla (www.gogreena.co.uk)

Činnosť kondenzačných kotlov je znázornená na obrázku 1. Podmienkou kondenzácie je dosiahnutie teploty rosného bodu spaľovacieho produktu, kedy sa zráža obsah vlhkosti v spaľovacom produkte. Skryté teplo fázovej zmeny je možné využiť, čím sa zvýši účinnosť kotla. Teplotu rosného bodu je možné dosiahnuť pri teplote vratnej vody pod 55 °C. Vzhľadom k tomu, že vznikajúci kondenzát je kyslý, výmenník tepla kotla musí byť vyrobený z materiálu odolného voči zlúčeninám kyselín. Vzniknutý kondenzát je odvádzaný do kanalizácie. Pri kotloch s jednotkovým výkonom viac ako 70 kW musí byť kondenzát pred vypustením do kanalizácie neutralizovaný. Kotly môžu pracovať s modulačným výkonom, ktorý sa prispôbuje meniacim sa potrebám. Interval modulácie môže byť 1:6, 1:10 atď. Vzhľadom na nízku teplotu spalín môže byť materiál komína plast.



Obr. 2: Prevádzka kondenzačného kotla pri zmene teploty vratnej vody

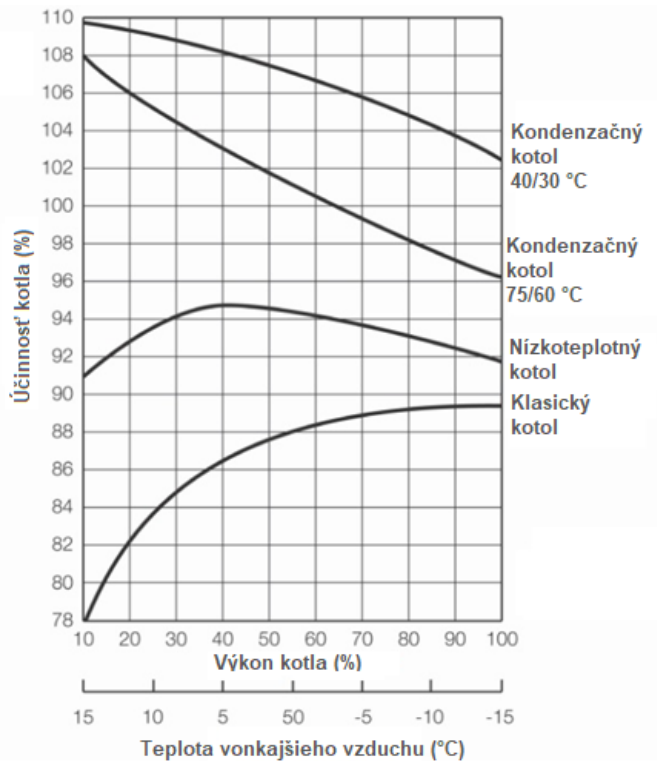
Obrázok 2 ukazuje zmenu účinnosti kotla v závislosti od teploty vratnej vody. Je vidieť, že v kondenzačnom režime sa účinnosť kotla so znižovaním teploty vratnej vody kontinuálne zvyšuje. Pri teplote vratnej vody nad 55 ° C je kondenzačný režim kotla prerušený. Krivka na obrázku 2 znázorňuje nameranú hodnotu účinnosti kotla v rozsahu 100 %-nej modulácie. Podobné charakteristiky sa dosiahnu vo všetkých rozsahoch modulácie.



Obr. 3: Závislosť účinnosti a teploty spalín od teploty vstupnej vody pri prevádzke kondenzačného kotla

Obrázok 3 ilustruje činnosť kondenzačného kotla komplexným spôsobom. V tomto prípade sú znázornené v závislosti od teploty vratnej vody aj fyzikálne parametre prevádzky kotla.

Je vidieť, že teplota spalín pod teplotou rosného bodu lineárne klesá, množstvo kondenzátu sa monotónne zvyšuje a zvyšuje sa aj účinnosť.



Obr. 4: Prevádzka rôznych typov kotlov

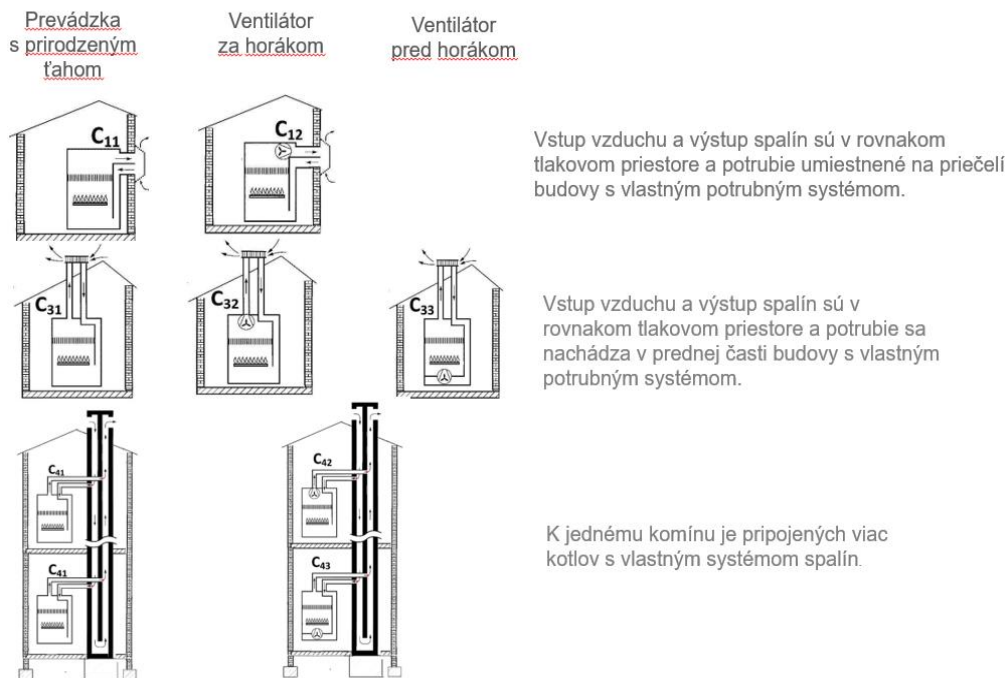
Na obrázku 4 je znázornená prevádzka klasického plynového kotla, nízkoteplotného kotla a dvoch kondenzačných kotlov s rôznymi teplotnými spádmi. Vodorovná os zobrazuje zaťaženie kotla a vonkajšiu teplotu. Je vidieť, že s klasickými konvenčnými plynovými kotlami môžeme dosiahnuť najefektívnejšiu účinnosť pri maximálnom výkone. V prípade nízkoteplotných kotlov je zrejmé, že účinnosť je pri čiastočnom zaťažení najpriaznivejšia, ale tieto kotly nie sú schopné využiť skryté latentné teplo. V prípade kondenzačných kotlov platí charakter uvedený na predchádzajúcich obrázkoch. Z uvedených charakteristík tiež vyplýva, že kondenzačné kotly sú dokonale vhodné na napájanie nízkoteplotných vykurovacích systémov. Aby sa dosiahla vysoká účinnosť, je tiež dôležité dimenzovať systém odovzdania tepla na nízku teplotu vykurovacej vody. Z prevádzkových charakteristík tiež vyplýva, že tieto zariadenia robia ohrev teplej vody za menej priaznivých podmienok.

2 SYSTÉM ODVODU SPALÍN

EN 15287-2 obsahuje požiadavky na komínové systémy. Každý členský štát má samozrejme aj svoje vlastné vnútroštátne predpisy. V nasledujúcom texte sú uvedené všeobecne platné pravidlá, usporiadania a zásady.

Okrem energetickej účinnosti a ochrany životného prostredia je asi najdôležitejšou požiadavkou bezpečná prevádzka. Pri kotloch, ktoré sú umiestnené vo vnútri budovy - v bytoch, pre zaistenie bezpečnej prevádzky, musí byť prívod spaľovacieho vzduchu oddelený od vzduchu v miestnosti.

Kondenzačné kotly majú spravidla oddelené spaľovacie komory, to znamená, že spaľovací vzduch je odoberaný zvonku a spaľovací produkt odchádza komínom. Tieto zariadenia sa nazývajú kotly typu "C". Medzinárodný systém zápisov rozlišuje rôzne úpravy. Prvá skupina zahŕňa zariadenie pracujúce s prirodzeným ťahom. Toto je menej typické vyhotovenie v moderných riešeniach. Dnes sa spravidla používa ventilátor, a to s dvomi možnosťami umiestnenia. V jednom prípade je ventilátor umiestnený pred horákom a v druhom prípade za horákom. Obrázok 5 ukazuje niekoľko príkladov riešení kondenzačných kotlov typu „C“.



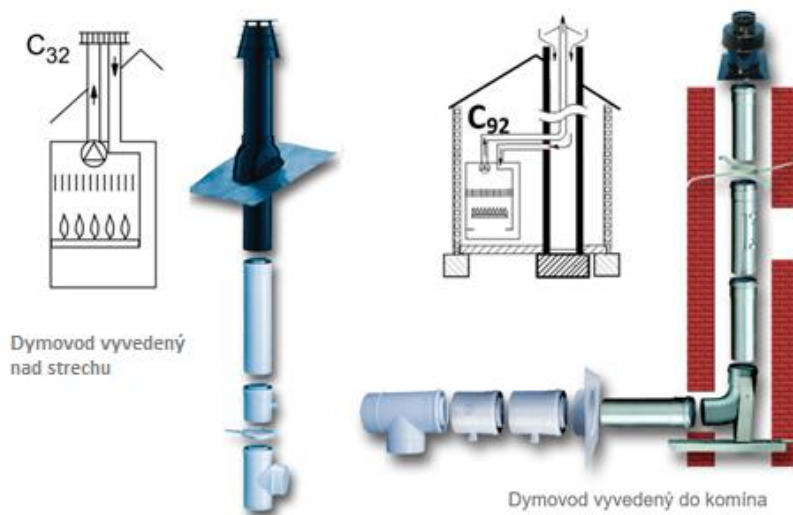
Obr. 5: Spôsoby pripojenia kotla typu „C“ na komín

Spalinový systém typu „C₁₂“ je povolený len v niektorých krajinách. Na nebezpečenstvo tohto systému poukazuje obrázok 6. Komín - dymovod je vedený cez fasádu na každom poschodí desaťpodlažnej budovy. Z hľadiska funkcie komína sú jednotlivé komíny vyhotovené správne. Problém je vo funkcii takto vyhotoveného súboru komínov. Produkty spaľovania pri takomto umiestnení komínov prúdia do bytu alebo bytov nad ním. Na Slovensku nie je toto usporiadanie povolené, aj keď sú splnené bezpečnostné podmienky. V prípade typu budovy zobrazenej na obrázku 6 môže vzniknúť otázka, ako je možné zlepšiť dodávku plynu do bytov bez riadneho systému odvodu spalín. Stále je to problém, milióny ľudí v celej Európe zápasia s touto otázkou, na ktorú zatiaľ neexistuje univerzálne akceptovateľné riešenie.



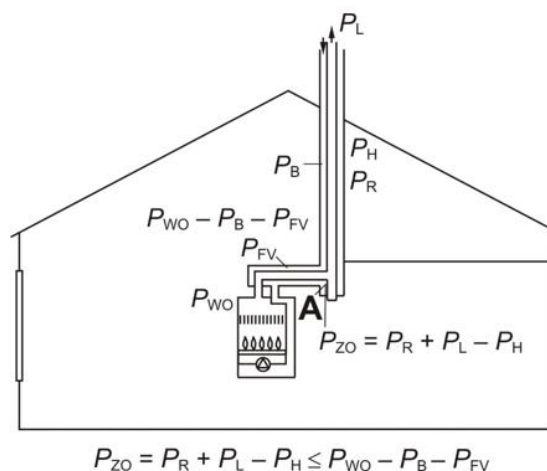
Obr. 6: Príklad komínového systému C₁₂

V prípade kondenzačných kotlov je najčastejšie používaným riešením prekryvný/vrstvený systém. Tento tzv. súosí systém zabezpečuje prívod vzduchu na spaľovanie v medzivrstve a odvod spalín vo vnútornom prieduchu komína. Spôsob napojenia kotla na komín pri súosom vedení je znázornený na obrázku 7.



Obr. 7: Typické návrhy komínov pre kondenzačné kotly (www.almeva.hu)

Komínové systémy musia byť vždy dimenzované. Pre dimenzovanie komína platí princíp funkcie komínového okruhu. Spalinový systém má účinný tlak a ťah. Tento kryt musí prekonávať vstupný odpor spaľovacieho vzduchu, odpor spotrebiča, trecie a tvarové odpory v komíne a v neposlednom rade vplyvy na životné prostredie, napr. tlak vetra pôsobiaci na komín. V prípade kotlov, kde sú spaliny poháňané ventilátorom, sa dodržiava rovnaký princíp. Požadovaný dostupný tlakový rozdiel v takom prípade musí byť zaistený ventilátorom umiestneným v kotle.



Obr. 8: Princíp dimenzovania komína

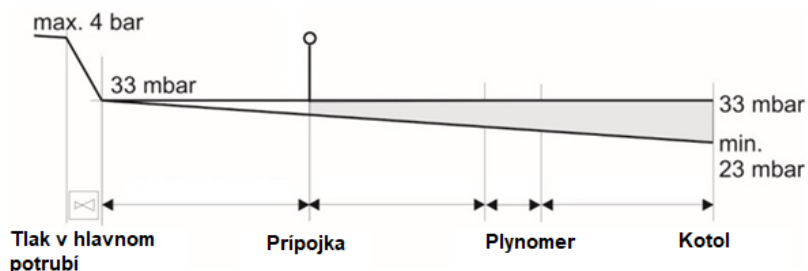
P_{WO} - návrh požiadavky na spaľovacie zariadenie, P_B - odpor pri vstupe vzduchu, P_{FV} - odpor dymovodu,
 P_R - odpor prietoku spalinového prechodu, P_H - teoretický návrh spalinovej cesty, P_L - tlak vetra,
 P_{ZO} - kryt na zavedenie dymovodu zvislého úseku dymovodu

Aby bol proces sebestačný, musí byť vo všetkých prípadoch zaistené zavedenie spaľovacieho vzduchu. Ak sa to z nejakého dôvodu neurobí, proces odvodu spalín sa zastaví a môže dôjsť k spätnému toku.

2.1 Dimenzovanie potrubného systému rozvodu plynu

Jedným z dôležitých podmienok prevádzky kotlov je prívod paliva. V prípade kondenzačných kotlov sa pre spaľovanie používa zemný plyn, ktorý sa dopravuje do kotla potrubím verejného rozvodu plynu. Plyn je dopravovaný do bodu pripojenia bytového domu alebo bytu pri danom tlaku. V bode pripojenia sa jednak tlak plynu upraví na požadovanú hodnotu, jednak sa zmeria spotrebované množstvo plynu. Plyn do kotla sa v objekte vedie inštalovaným potrubným systémom. Bežná požiadavka na tlak plynu v kotloch je v rozmedzí 23-33 mbar. Počas dimenzovania musí byť plynová sieť navrhnutá tak, aby bol dostupný tlak správne riadený. Pri veľkých systémoch môže byť pre každé zariadenie potrebný regulátor tlaku. Potrubný systém musí spĺňať špeciálne požiadavky, na tento účel je možné použiť iba kvalifikovaný potrubný systém. V niektorých krajinách je povolené používanie plastových rozvodov, na Slovensku je to možné len s plastovým potrubím položeným v zemi. Typickými potrubnými materiálmi sú oceľ a meď. Technológia spájania je zváraním alebo lisovaním na oceľových rúrkach, spájkovaním alebo lisovaním pri medi.

Diagram poklesu tlaku v potrubnom systéme je znázornený na obrázku 9.



Obr. 8: Princíp dimenzovania potrubného systému

Základná rovnica pre hydraulické dimenzovanie rozvodu plynu:

$$\Delta p = \left(\lambda \frac{l}{d} + \sum \zeta \right) \frac{\rho_{gas}}{2} v_{gas}^2 \quad (\text{Pa})$$



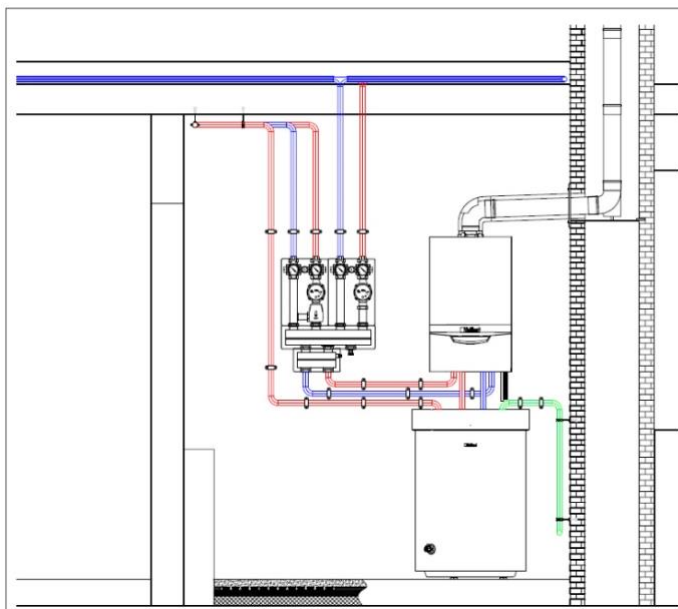
Kde:

- Δp – pokles tlaku v potrubnom systéme (Pa),
- λ – súčiniteľ trenia (-),
- l – dĺžka potrubia (m),
- d – priemer potrubia (m),
- $\sum \zeta$ – súčinitele miestneho odporu (-),
- ρ_{gas} – hustota plynu (kg/m^3),
- v_{gas} – rýchlosť prúdenia plynu (m/s).

3 PRÍKLADY INŠTALÁCIE

3.1 Kondenzačný kotol s prípravou teplej vody v zásobníkovom ohrievači

V príklade uvedenom na obrázku 10 je vidieť klasické riešenie rodinného domu. Nástenný kondenzačný kotol slúži aj na vykurovanie, aj na prípravu teplej vody. Teplá voda pre domácnosť je na základe prednostného ohrevu - s prioritným spínaním, čo znamená, že keď teplota v zásobníkovom ohrievači klesne pod hraničnú teplotu, kotol sa začne primárne zaoberať ohrevom teplej vody. Kotol má integrovaný trojcestný prepínací ventil, pre voľbu procesu vykurovania alebo ohrevu teplej vody. Na strane vykurovania je dvojica potrubí kotla spojená s rozdeľovačom/zberačom, z ktorého sa napájajú dva okruhy s rôznym teplotným spádom. Iný teplotný spád má radiátorový okruh a iný okruh podlahového vykurovania. Medzi rozdeľovačom a kotlom je termohydraulický rozdeľovač, ktorý oddeľuje tlak na jednej a druhej strane termohydraulického rozdeľovača, oddeľuje tzv. primárny a sekundárny vykurovací okruh. Tým sa zabráni nepriaznivým účinkom tlaku čerpadiel na primárnom a sekundárnom okruhu. Zásobníkový ohrievač teplej vody pre domácnosť je nepriamo vyhrievaný kotlom.

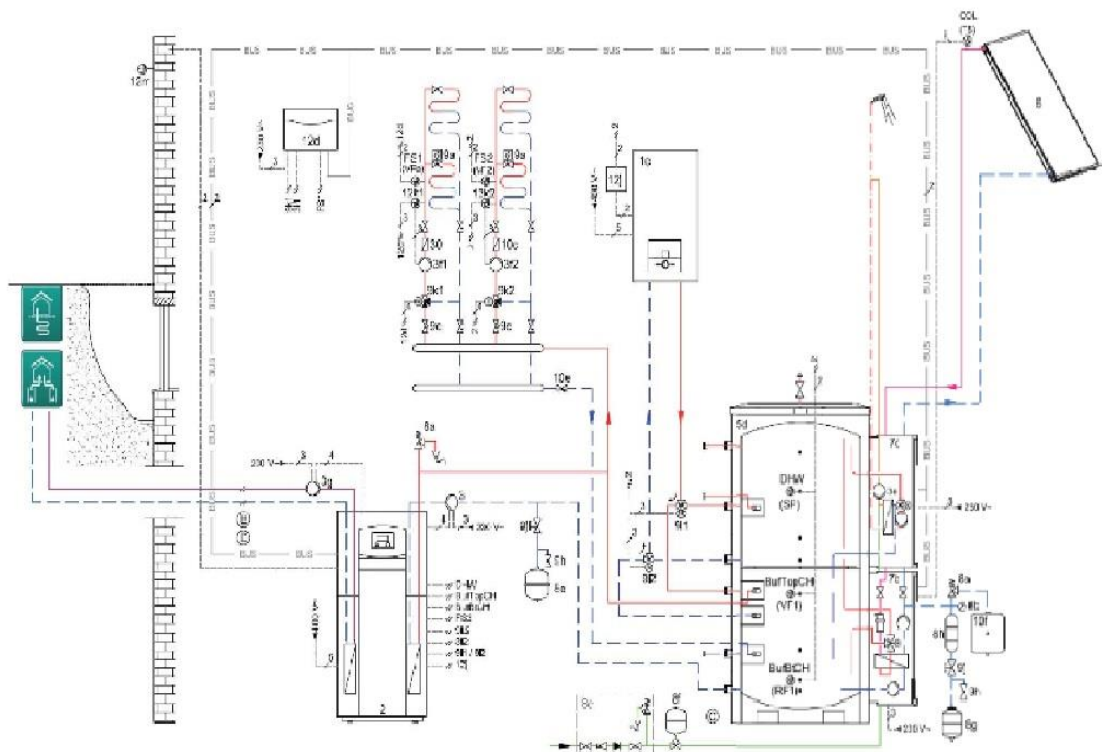


Obr. 9: Kondenzačný kotol s prípravou teplej vody v zásobníkovom ohrievači (www.vaillant.hu)

V prípade odvodu spalín má horizontálna časť koncentrické usporiadanie, zatiaľ čo vertikálna časť sa v komíne rozdeľuje. V komíne prúdi dym v potrubnej zostave a vzduch v priestore medzi potrubnou zostavou a komínovým telesom. Tento typ usporiadania poskytuje priaznivé riešenie pre klasickú renováciu.

3.2 Kondenzačný kotol v zapojení s tepelným čerpadlom

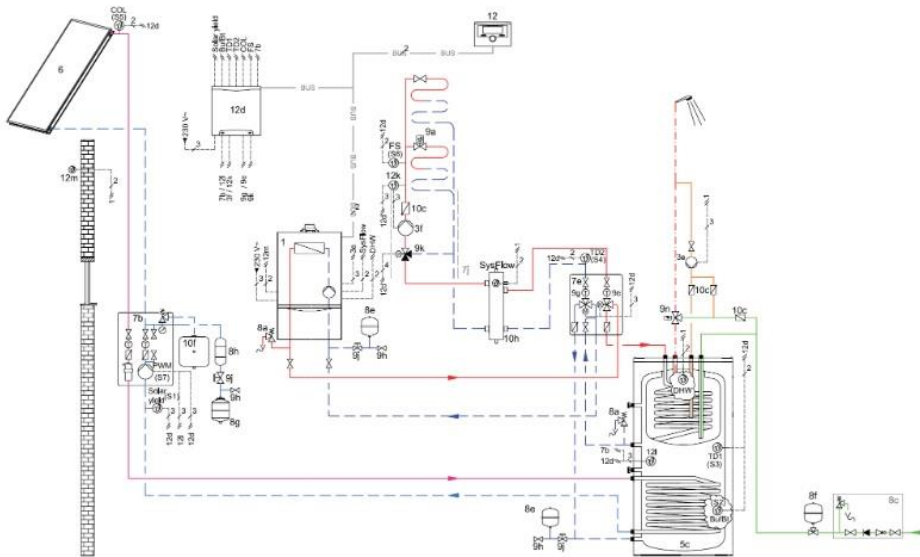
Usporiadanie znázornené na obrázku 11 je oveľa komplexnejšie technické riešenie. V tomto prípade charakterizuje budovu hybridná prevádzka, v ktorej je zdrojom tepla pre vykurovanie a prípravu teplej vody kondenzačný kotol a tepelné čerpadlo vzduch-voda. Oba zdroje tepla sú pripojené k akumulačnej nádobe. Teplo je vyrobené buď tepelným čerpadlom alebo kondenzačným kotlom, riadenie určuje automatizácia budovy. Medzi dva zdroje tepla je zapojený smerovací ventil. Vykurovacia sústava začína od akumulačnej nádoby a končí jednotlivými okruhmi podlahového vykurovania. Príprava teplej vody je podporovaná ohrevom zo solárnych kolektorov.



Obr. 10: Kondenzačný kotol s tepelným čerpadlom, s podporou ohrevu teplej vody solárnym systémom
www.vaillant.hu

3.3 Kondenzačný kotol s ohrevom teplej vody solárnym systémom

Na obrázku 12 je kondenzačný kotol v zapojení so solárnym systémom pre prípravu teplej vody. Prepojenie kondenzačného kotla s okruhom vykurovania a okruhom prípravy teplej vody je cez hydraulický modul. Modul obsahuje trojcestný prepínací ventil, ktorý umožňuje voľbu medzi prevádzkou vykurovania alebo prípravy teplej vody. Aj v tomto prípade je sekundárna strana vykurovania spojená s primárnou stranou pomocou termohydraulického rozdeľovača. Na sekundárnej strane systém odovzdávania tepla zabezpečuje podlahové vykurovanie. Spätné potrubie vykurovania sa znova pripojí na zásobnú nádrž prípravy teplej vody. Tým sa znižuje teplota vratnej vody, čo má vplyv na zvyšovanie účinnosti kotla. Nádrž s dvojitým výmenníkom tepla je vybavená aj napojením na solárny systém.



Obr. 11: Kondenzačný kotol s ohrevom teplej vody solárnym systémom

4 LITETATÚRA

- [1] 813/2013/EU Directive, 2013.
- [2] Barna Lajos, Érces Norbert – Gas supply educational material (BME)
- [3] EN 15287-2 Standard
- [4] EN 483 Standard
- [5] Vaillant a ďalší výrobcovia vykurovacích produktov

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+

