



Zgorevanje lesa v malih kurilnih napravah

***Lastnosti lesa kot goriva, priprava drv,
kurjenje z drvmi v malih kurilnih napravah do 50 kW itd.,
zaradi zagotavljanja varstva okolja
in racionalne rabe goriv, požarne varnosti in
zaščite zdravja ljudi***

Kaplar Jože

- 1. Uvod**
- 2. Les kot obnovljivi vir energije**
- 3. Zgorevanje lesa**
- 4. Stanje tehnike glede emisij dimnih plinov iz kurilnih naprav in mejne vrednosti**
 - 4.1 Mejne vrednosti emisij po Uredbi o emisiji snovi v zrak iz malih in srednjih kurilnih naprav
 - 4.2 Mejne vrednosti za enosobne kurilne naprave
- 5. Problematika prahu PM10**
- 6. Kako pravilno kuriti z lesom?**
 - 6.1 Kurilne naprave z avtomatskim dodajanjem goriva
 - 6.1.1 Kurilne naprave na pelete
 - 6.1.2 Kurilne naprave na sekance
 - 6.2 Kurilne naprave z ročnim dodajanjem drv
 - 6.2.1 Osnovne vrste kurišč na polena
 - 6.2.2 Pregorevanje
 - 6.2.3 Zgornje odgorevanje
 - 6.2.4 Spodnje – stransko odgorevanje
 - 6.2.5 Vertikalno odgorevanje - kurilne naprave za uplinjevanje drv
- 7. Priprava drv – sušenje in sekanje**
 - 7.1.1 Material za vžiganje drv
- 8. Kurišča za kurjenje z drvmi v kurilnih napravah brez medija za prenos toplote**
 - 8.1 Zakuritev v kuriščih za kurjenje z drvmi
 - 8.2 Kako zakuriti peči in kamine?
 - 8.3 Primer zakuritve v kaminski peči z manjšim kuriščem
- 9. Storitve javne dimnikarske službe**
- 10. Vzdrževanje kurilnih naprav**
- 11. Predpisi**
 - 11.1 Varstvo okolja
 - 11.2 Organiziranje in izvajanje javne dimnikarske služba je urejeno z:
 - 11.3 Graditev objektov

1 Uvod

Gradivo obravnava potrebne lastnosti lesa kot goriva, osnovne lastnosti zgorevanja drv, primerne lastnosti kurilnih naprav za kurjenje z drvmi, kako kuriti v posameznih izvedbah kurilnih naprav itd.

Gradivo je namenjeno predvsem neposrednim uporabnikom kurilnih naprav, ki kurijo z drvmi, da bi dosegli čim boljše izrabo drv, čim nižje emisije dimnih plinov, povečali požarno varnost in zagotovili večjo zaščito zdravja ljudi ipd.

Povod za seznanjanje uporabnikov s pravilno pripravo drv in pravilnim kurjenjem v kurilnih napravah je predvsem problematika previsokih koncentracij prašnih delcev v zraku v posameznih mestih in kotlinah, ki je zaradi kurilnih naprav v obdobju kurilne sezone še bolj problematično. Z istimi ukrepi pa je zagotovljena tudi večja požarna varnost in večja zaščita zdravja ljudi. Podlaga za pripravo gradiva so rezultati razvoja in raziskav v zadnjih tridesetih letih na področju malih kurilnih naprav na biomaso tako doma kot v tujini.

Dodatne informacije glede priprave lesa kot goriva, izbire kurilnih naprav in kurjenja ipd., je možno dobiti tako neposredno pri proizvajalcih, strokovni literaturi, objavah na številnih spletnih straneh itd. Še posebej veliko gradiva s tega področja je na tujih spletnih straneh.

Prvi in pomemben korak pri doseganju ciljev zmanjšanja škodljivih emisij je, da kupec kupi kurilno napravo, ki kot tipski proizvod dosega predpisane in pričakovane vrednosti emisij in izkoristkov. Kupec se prepriča o nakupu primerne kurilne naprave s priloženim potrdilom o skladnosti - certifikatom, ki ga je dolžan dati na razpolago prodajalec. Drugi pomemben korak je pravilna vgradnja kurilne naprave, tretji kurjenje z ustreznim gorivom, četrti je pravilno kurjenje in peti je redno vzdrževanje kurilnih naprav.

2 Les kot obnovljivi vir energije

Les je domači obnovljivi vir energije, ki ima pomembno vlogo pri ogrevanju stavb, pripravi tople sanitarne vode in kuhanju kljub temu, da je z vidika uporabnika zaradi lažjega kurjenja bolj zaželeno tekoče ali plinasto gorivo. Les dobiva vse bolj pomembno vlogo predvsem zaradi omejevanja izpustov toplogrednih plinov in prahu v ozračje.

Pri zgorevanju goriva se porablja kisik (O_2) in nastaja nezaželeni ogljikov dioksid (CO_2), ki povzroča učinke tople grede. Pri zgorevanju lesa je treba pojasniti, da je z vidika izpustov CO_2 nevtralno gorivo, ker pri zgorevanju nastaja CO_2 pri fotosintezi pa se porablja CO_2 . Razlog za večjo uporabo lesa kot goriva pa je trenutno predvsem slabša ekonomska situacija uporabnikov, ker je toplota pridobljena iz lesa cenejša kot iz tekočih ali plinastih gorivi in stimulacije pri nakupu kurilnih naprav na biomaso s strani države.



Slika 1; Gozd je izjemno bogastvo narave
(Vir: Gozdarski inštitut Slovenije)

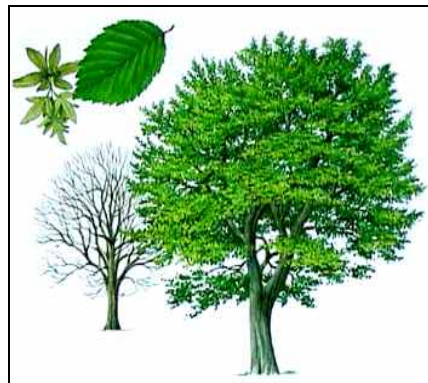


Slika 2; Les domači in obnovljivi vir
energije (Vir:Gozdarski inštitut Slovenije)

Najbolj primerne domače vrste lesa za zgorevanje med listavci sta bukev in gaber, ker ga je največ na razpolago, imata dobre zgorevalne lastnosti, sta relativno dostopni in cenovno sprejemljivi vrsti lesa. Za kurjenje se lahko uporabljamo tudi druge vrste lesa kot so hrast, kostanj, akacija, breza, topol, sadno drevje ipd. Kuri pa se lahko tudi les iglavcev kot je smreka, bor, jelka itd. Za kurjenje naj bi se uporabljal predvsem les, ki ga ni smiselno predelati v industrijske izdelke.



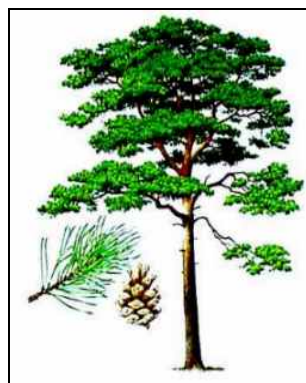
Slika 3; Bukkev - najbolj pogost in primeren les za zgorevanje (Vir: www.ro.zrsss.si)



Slika 4; Gaber - tudi primeren les za zgorevanje (Vir: www.ro.zrsss.si)



Slika 5; Smreka - pogost in primeren les iglavcev za zgorevanje (Vir: www.ro.zrsss.si)

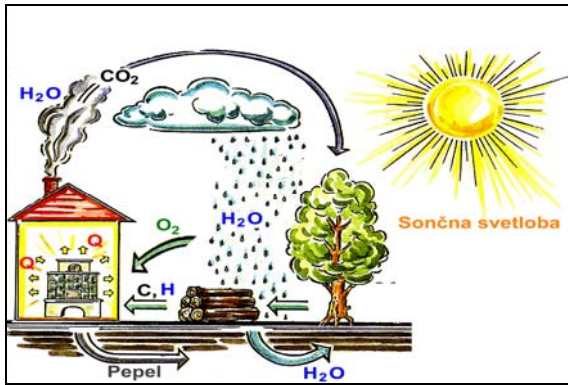


Slika 6; Bor – tudi primeren les iglavcev za zgorevanje (Vir: www.ro.zrsss.si)

Uporaba lesa za primarno ogrevanje stavb, pripravo tople sanitarne vode in pripravo hrane ima na našem področju več kot tisočletno tradicijo. Samo v zadnjih približno tridesetih letih je imel les manjšo vlogo zaradi bolj dostopnega kurilnega olja in plina.

Žal pa pri zgorevanju lesa nastajajo tudi škodljive emisije zaradi nepopolnega zgorevanja in stranskih produktov zgorevanja, kot je ogljikov monoksid (CO), hlapnih organskih spojin (VOC), zaradi nezgorelega ogljika (C) in pepela nastajajo tudi emisije delcev. Emisije delcev iz kurilnih naprav povečuje koncentracije delcev, predvsem manjših od deset mikronov (PM10) v zraku. Ti delci so tako majhni, da zaradi prodiranja globoko v pljuča, škodljivo vplivajo na zdravje ljudi, zato je treba zmanjšati te izpuste delcev v zrak tudi iz kurilnih naprav predvsem v urbaniziranih naseljih, kjer se pojavlja večja onesnaženost zraka.

Povečane emisije trdnih delcev C_xH_y in CO pri kurjenju lesa nastajajo predvsem, če se kuri les s preveliko vlažnostjo, se ga kuri v neprimernih kurilnih napravah ali pa se nepravilno kuri.



Slika 7; Les je CO_2 nevtralno gorivo, pri fotosintezi se CO_2 porablja in nastaja O_2 , pri zgorevanju je proces obraten (Vir: LWF Bayern)



Slika 8; Les kot gorivo v obliki polen, sekancev, skoblancev, žagovine, lesnih odpadkov, pelet, briketov itd.

Sodobne kurilne naprave na les ob pravilnem kurjenju in primerno pripravljenem gorivu, zagotavljajo že zelo nizke vrednosti škodljivih emisij (CO , C_xH_y , prahu itd.) glede na stare izvedbe kurilnih naprav. Za zmanjšanje vpliva emisij dimnih plinov iz kurilnih naprav na bivalno okolje so pomembni tudi dovolj visoki dimniki, ki dimne pline odvajajo čim višje v ozračje, da se škodljive emisije porazdelijo čim širše in čim bolj enakomerno v ozračje.

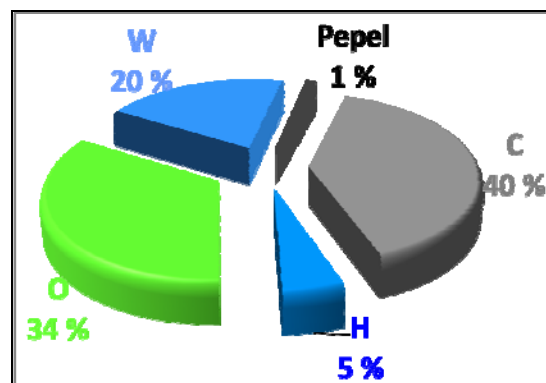
Sodobne kurilne naprave postajajo vse bolj sprejemljive za uporabo ne samo z energetskega vidika, ampak tudi z vidika varstva okolja in zdravja ljudi, vse bolj so sprejemljive so tudi za urbana okolja, kar posebej velja za sodobne kurilne naprave z garantirano kakovostjo.

3 Zgorevanje lesa

Zgorevanje je kemični proces oksidacije gorljivih elementov (C-ogljika, H-vodika in S-žvepla) s kisikom. Les ima predvsem dva gorljiva elementa C in vodik (H), žvepla (S) praviloma ne vsebuje, oziroma so te vsebnosti S z vidika pridobivanja toplote zanemarljive količine, zato ga niti ne obravnavamo.



Slika 9; Polena so najbolj pogosta oblika lesa za zgorevanje predvsem za enostavna kurišča, pogosto pa tudi v sodobnih kurilnih napravah (Vir: www.holzbrennstoffe.de)



Slika 10; Približna sestava bukovega lesa z 20 % vlago

Pri zgorevanju poteka kemični proces oksidacije C in H s O_2 pri katerem dobimo poleg zelene toplote, zaradi katere izvajamo proces zgorevanja, tudi ogljikov dioksid (CO_2) in vodno paro (H_2O). Ker pa v praksi

v kurilnih napravah ne moremo zagotoviti idealnega – popolnega zgorevanja, nastajajo tudi nezaželeni produkti zgorevanja kot so CO , C_xH_y , nezgoreli ogljik (C) v obliki saj ipd. Ti produkti nepopolnega zgorevanja so nezaželeni tako z energetskega kot tudi okoljskega vidika, v bivalnem okolju pa ogrožajo tudi zdravje ljudi.



Slika 11; Izpusti prahu (PM_{10}) so odvisni predvsem od vrste kurilne naprave, vrste goriva in načina kurjenja (Vir: www.format-x.com)

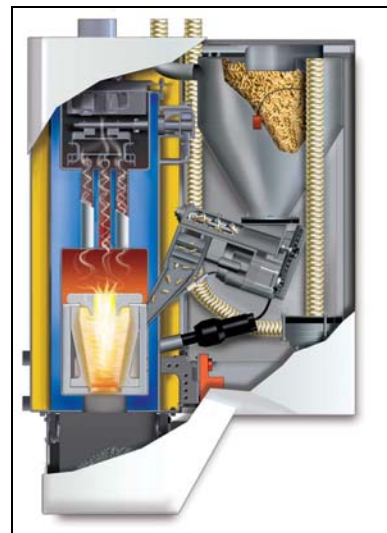


Slika 12; Pri zgorevanju polen ima uporabnik največji vpliv emisije in izkoristek kurilne naprave

Ker je les v trdnem stanju, je pri zgorevanju težje zagotoviti popolno zgorevanje, kot pri plinastih in tekočih gorivih. Oksidacijo vseh atomov C in H je potrebno zagotoviti ob vsaj minimalni temperaturi zgorevanja in tudi ob vsaj minimalni količini kisika. Da gorljivi elementi oksidirajo – zgorijo, pa je potreben tudi čas. Tudi pri zgorevanju lesa je treba poleg gorljive snovi zagotoviti tri osnovne pogoje kot je temperatura, čas in turbulenco – mešanje goriva z zrakom (TTT – Temperature, Time, Turbulence). Te pogoje je težje zagotoviti v enostavnih kuriščih s pregorevanjem, ki so praviloma vgrajena v kurilnih napravah za lokalno ogrevanje brez medija za prenos toplote, kot so štedilniki, razne izvedbe peči, kamini. S kurišči na pregrevanje so žal opremljenitudi predvsem starejši (ali večina obstoječih) kotli za centralno ogrevanje in etažne kurilne naprave.



Slika 13; Enostavno kurišče za polena v peči s pregorevanjem (Vir: Kamin Schmid GmbH)

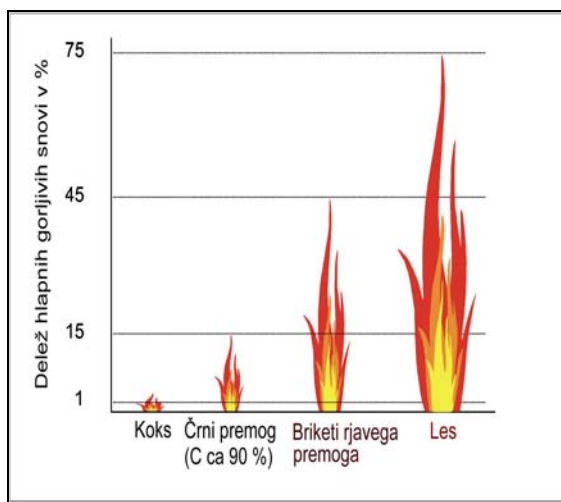


Slika 14; Sodobno kurišče kotla na pelete (Vir: Guntamatic Heiztechnik GmbH)

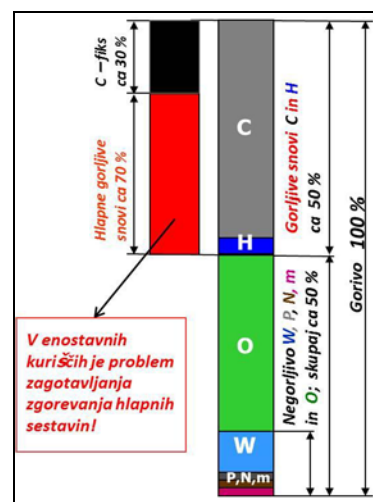
Morebitne prevelike dovedene količine zgorovalnega zraka v kurišče znižuje temperaturo zgorevanja in povzroča dodatne toplotne izgube z dimnimi plini, zato je neprimerna tudi prevelika dovedena količina zgorovalnega zraka, kar se v praksi pojavlja v primeru prevelikih kurilnih naprav in prevelikih polen.

Poleg navedenih produktov popolnega in nepopolnega zgorevanja nastajajo tudi dodatni »stranski« škodljivi produkti zgorevanja, kot so dušikovi oksidi NO_x (dušikovi oksid (NO), dušikov dioksid (NO_2)), pepel ipd., ki dodatno ogrožajo predvsem zdravje ljudi in obremenjujejo okolje.

Zagotavljanje zgorevanja vseh gorljivih komponent lesa, kar še posebej velja za hlapne gorljive snovi, je zahtevna naloga, tako z vidika izvedbe kurilne naprave, kot tudi z vidika kurjenja v kurilni napravi. Pav tako ni pričakovati, da bi lahko v eni kurilni napravi – enem kurišču kurili enako kakovostno tako polena, sekance ali pelete in podobne oblike lesa. Z izbiro kurilne naprave je določena tudi oblika in priprava lesa, ki se ga lahko kuri v izbrani kurilni napravi.



Slika 15; Dolg plamen je pokazatelj, da gorivo vsebuje veliko hlapnih sestavin (les), kratek plamen pa, da ji vsebuje malo (koks, oglje)



Slika 16; Gornjive in negornjive snovi, delež hlapnih snovi, fiksni C v lesu

Osnovni problem zgorevanja lesa je, da je v njem več kot polovica gorljivih komponent hlapnih. To pomeni, da iz lesa v fazi sušenja najprej izhlapi vlaga, v fazi segrevanja lesa pa hlapne gorljive sestavine (npr. CO , C_xH_y) izhlapijo ne glede ali so zagotovljeni pogoji za popolno zgorevanje teh hlapnih sestavin, in tudi ne glede nato ali se toplota sproščena pri zgorevanju lahko porabi ali ne. Osnovna naloga kurilne naprave torej je zagotoviti popolnega zgorevanja tudi hlapnih gorljivih sestavin lesa in ne samo lesnega oglja (C).

Ali hlapne sestavine lesa zgorijo ali ne, se strokovno ne da ugotovljati vizualno, lahko pa se po velikosti in barvi plamena presodi ali zgori večji del hlapnih sestavin. Tako rdeč in temen plamen pomeni nepopolno – slabo zgorevanje, svetel plamen sprejemljivo zgorevanje, modrikast plamen pa dobro zgorevanje hlapnih gorljivih sestavin. V kolikor je temno rdeč plamen še kratek pri na novo naloženem gorivu v kurišče, gre za zelo slabo in nesprejemljivo zgorevanje, kar se vidi tudi po temnem dimu, ki se kadi iz dimnika.

V kolikor je plamen temno rdeč, pomeni zelo slabo in nesprejemljivo zgorevanje tako z okoljskega, požarnovarnostnega, energetskega in zdravstvenega vidika. Temno rdeča barva plamena pomeni, da majhni delci goriva ne zgorijo zaradi pomanjkanja kisik ali prenizke temperature. Ti nezgoreli delci pa potujejo z dimni plini v okolico, nekaj pa jih ostane tudi na stenah kurilne naprave, dimniškega priključka in dimnika.



Slika 17; Temno rdeč plamen pomeni slabo zgorevanje lesa veliko saj, CO,



Slika 18; Zaželen je svetel plamen, ki v osnovi pomeni dobro zgorevanje lesa (Vir: Hausbau Ratgeber)

V kolikor s prostim očesom opazimo temen dim na vrhu dimnika, to vsekakor pomeni zelo slabo zgorevanje predvsem z vidika prašnih delcev (nezgorelega ogljika). Če je slabo zgorevanje lesa je razvidno tudi na notranjih površinah kurilne naprave, dimniškega priključka in dimnika, ki so v kontaktu z dimnimi plini v obliki sajastih in katranskih oblog.



Slika 19; Temnejši ali temen gost dim na vrhu dimnika je pokazatelj zelo slabega zgorevanja



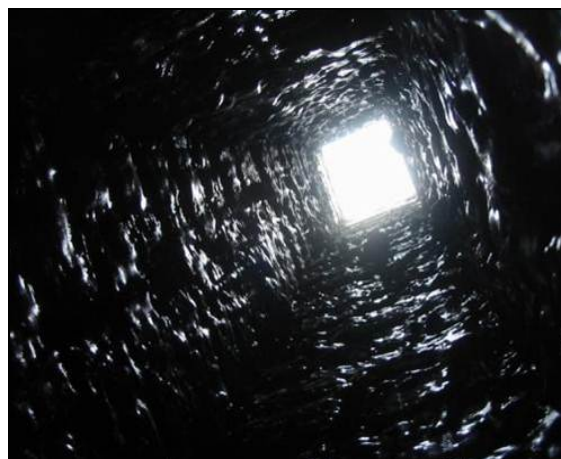
Slika 20; Svetel – neviden dim, razen pare je pokazatelj dobrega zgorevanja, za strokovno presojo so sicer potrebne meritve emisiji

Če je prišlo do vžiga oblog (saj in smol) v dimniku – dimniškega požara, je to skrajno opozorilo, da gre za zelo slabo oziroma katastrofalno slabo zgorevanje, ki ga je treba odpraviti tako zaradi negativnih posledic na okolje, slabega energetskega učinka, zagotavljanja požarne varnosti in ne nazadnje zaradi zaščite zdravja ljudi, ogrožena pa je tudi življenjska doba kurilnih in dimovodnih naprav.

Nepriumno zgorevanje je zaznati tudi po barvi oblog pepela v kurilni in dimovodni napravi in tudi po morebitnih večjih količinah ostankov goriva v pepelu. Pepel svetle barve pomeni dobro zgorevanje, pepel temnejše barve pa pepel z ostanki goriva - ogljika.



Slika 21; Pepel svetlejše in sive barve ima manj ostankov lesa in je posledica boljšega zgorevanja (Vir: www.bioregio.info)

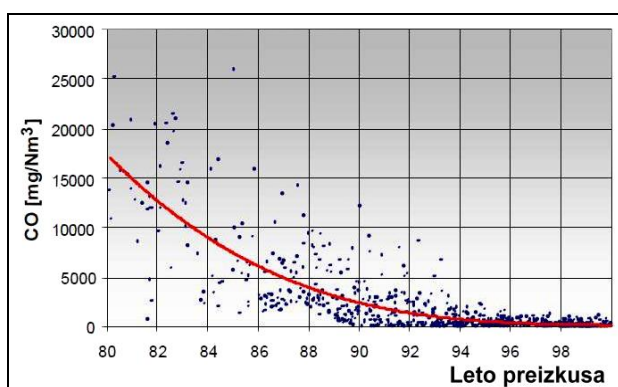


Slika 22; Katranske obloge v dimniku kot posledica zelo slabega zgorevanja zaradi vlažnih drv, nepravilnega kurjenja ipd.

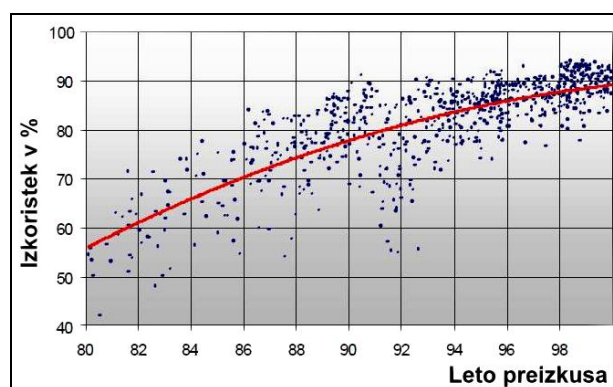
4 Stanje tehnike glede emisij dimnih plinov iz kurilnih naprav in mejne vrednosti

V zadnjih dvajsetih letih je dosežen izreden napredek v razvoju kurilnih naprav in s tem zmanjšanja emisij dimnih plinov in zvišanja izkoristkov kurjenja. Tudi v bodoče, predvsem do leta 2020 je načrtovan nadaljnji intenziven razvoj malih kurilnih naprav z vidika zniževanja emisij dimnih plinov, predvsem CO, C_xH_y in prahu.

Da je bil v zadnjem obdobju narejen zelo velik korak v razvoju kurilnih naprav dokazujejo tudi rezultati meritev kurilnih naprav na biomaso narejenih po letu 1980 v avstrijskem laboratoriju BLT Wieselburg - Francisco Josephinum, ki se ukvarja s preizkušanjem kurilnih naprav na biomaso. Iz diagramov izhaja, da sodobne kurilne naprave na polena, sekance in pelete dosega že sprejemljive vrednosti CO in to pod 1000 mg/m³ in visoke izkoristke, nad 85 (90%) %. Tako rezultati so bili doseženi že do leta 1995, z razvojem v zadnjem desetletju pa so dosežene še bistveno nižje vrednosti škodljivih emisij.



Slika 23; Emisije CO iz preizkušenih kurilnih naprav po letu 1980 (Vir: BLT Wieselburg)



Slika 24; Izkoristki preizkušenih kurilnih naprav po letu 1980 (Vir: BLT Wieselburg)

V zadnjem obdobju so aktualne kurilne naprave z izkoristki nad 90 %, vsebnostjo CO pod 400 mg/m³ pri računski vsebnosti kisika 13 % in vsebnostjo prahu v dimnih plinih pod 20 mg/m³. To velja za kotle

centralnega ogrevanja, v primeru kurilnih naprav brez medija za prenos toplote, pa so te vrednosti le nekoliko višje.

Nižje vrednosti emisij dosegajo predvsem kurilne naprave z avtomatiziranim dodajanjem zgorevanja in t.i. avto regulacijo dovoda zgorevalnega zraka in je vpliv priprave goriva in tudi načina kurjenja minimalen, kot to velja predvsem za kurilne naprave na sekance in pelete.

4.1 Mejne vrednosti emisij po Uredbi o emisiji snovi v zrak iz malih in srednjih kurilnih naprav iz leta 2011

V 8. členu uredbe so določene mejne vrednosti emisij celotnega prahu in CO za male kurilne naprave, ki uporabljajo les in niso enosobne male kurilne naprave, osnovne peči ali odprti kamini.

- mejna koncentracija celotnega prahu je 20 mg/m³ za nazivne toplotne moči 4 kW ali več in manjšo od 1 MW,
- mejna koncentracija ogljikovega monoksida je 400 mg/m³ za nazivno toplotno moč 4 kW ali več in manjšo od 1 MW.

4.2 Mejne vrednosti za enosobne kurilne naprave

V prilogi 2 uredbe pa so podane mejne vrednosti emisij za enosobne kurilne naprave

Opis vrste enosobne kurilne naprave	Tehnični standard za enosobno kurilno napravo	Mejne vrednosti za naprave postavljene in dane v uporabo od 1. januarja 2012 do 31. decembra 2016		Mejne vrednosti za naprave postavljene in dane v uporabo na degradiranem območju ali postavljene in dane v uporabo po 31. decembru 2016		Mejne vrednosti za vse nove naprave
		CO [g/m ³]	Celotni prah [g/m ³]	CO [g/m ³]	Celotni prah [g/m ³]	
Grelniki prostorov z ravnim kuriščem	SIST EN 13240	2,0	0,075	1,25	0,04	Najnižji toplotni izkoristek [%]
Grelniki prostorov s polnilnim kuriščem	SIST EN 13240	2,5	0,075	1,25	0,04	73
Naprave na trdna goriva, ki počasi oddajajo toploto	SIST EN 15250/A1	2,0	0,075	1,25	0,04	70
Kaminski vložki (zaprti obratovalni način)	SIST EN 13229	2,0	0,075	1,25	0,04	75
Vložki lončenih peči z ravnim kuriščem	SIST EN 13229/A1	2,0	0,075	1,25	0,04	75
Vložki lončenih peči s polnilnim kuriščem	SIST EN 13229/A1	2,5	0,075	1,25	0,04	80

Štedilniki na trdna goriva	SIST EN 12815	3,0	0,075	1,50	0,04	70
Grelni štedilniki na trdna goriva	SIST EN 12815	3,5	0,075	1,50	0,04	75
Peletne peči brez vodnega izmenjevalnika	SIST EN 14785	0,40	0,05	0,25	0,03	85
Peletne peči z vodnim toplotnim izmenjevalnikom	SIST EN 14785	0,40	0,03	0,25	0,02	90

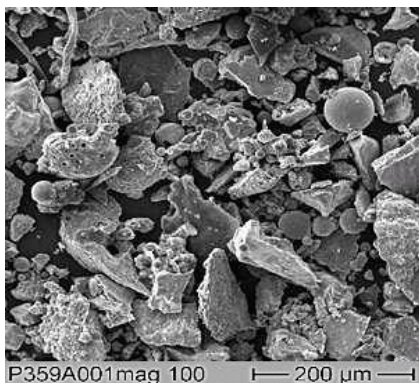
Za druge enosobne kurilne naprave, ki niso uvrščene v eno od vrst enosobnih kurilnih naprav v tabeli se uporablja tehnični standard za grelnik prostorov z ravnim kuriščem SIST EN 13240.

Za druge enosobne kurilne naprave za kuhanje in pečenje oziroma kuhanje, pečenje in ogrevanje, ki niso uvrščene med eno od vrst enosobnih kurilnih naprav v tabeli, se uporablja tehnični standard za štedilnike SIST EN 12815.

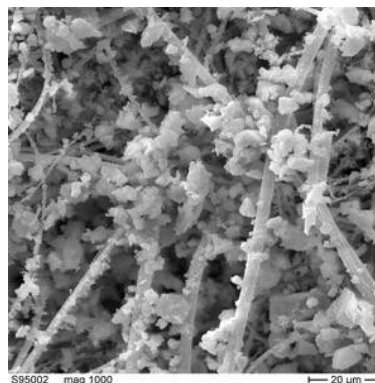
5 Problematika prahu PM10 in PM2,5

V zadnjem obdobju strokovnjaki ugotavljajo, da je droben delci resen problem onesnaženosti zraka in povzroča nevarnost za zdravje ljudi. Previsoke koncentracije prahu nastaja predvsem v večjih naseljih, dolinah in kotlinah.

Droben prah v zraku predstavlja drobne delce in kapljice organskega in anorganskega izvora, ki lebdijo v zraku. Prah nastaja tako zaradi naravnih procesov v okolju, kot tudi zaradi aktivnosti človeka. V naravni izvor prahu se šteje zemlja, soli morja, prah zaradi požarov v naravi, erozija kamenin, vulkanski prah, cvetni prah ipd. V drugo skupino izvora pa prah zaradi aktivnosti človeka kot je delci iz motorjev z notranjem zgorevanjem (tovornjaki, vlaki, letala, avtomobili), promet po cestah (obrade zavor, pnevmatik, obrabe cestišč), iz kmetijstva (proizvodnja hrane), gradbišč, proizvodnje cementa, sežigalnic odpadkov in elektrarne, tobačni dim in tudi prah iz malih kurilnih naprav (kotli, peči, štedilniki, kamini itd.). Glede na lastnosti goriva in kurilnih naprav je največ prahu pri kurjenju s trdnimi gorivi. Prah, ki je posledica človeških aktivnosti je praviloma iz manjših delcev in večinoma sodi v skupino delcev z velikostjo pod 10 mikronov. Za procese zgorevanja velja, da je večina delcev, ki se sproščajo v okolje manjša od 2,5 mikronov zato zato še nevarnejša za zdravje ljudi.



Slika 25; Delci velikosti do ca 200 mikronov

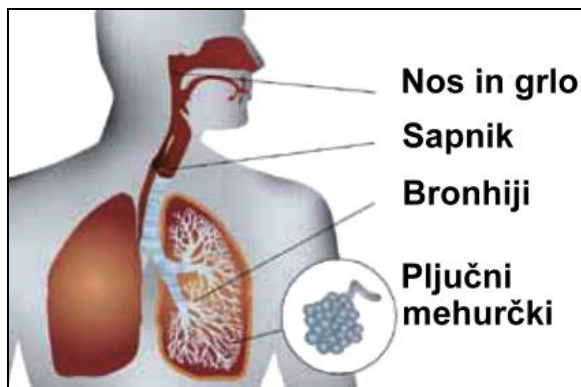


Slika 26; Delci velikosti do ca 10 mikronov

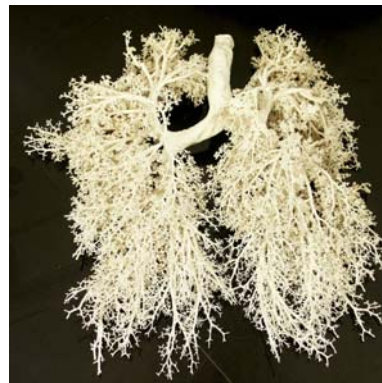
Delci, ki lahko lebdi v zraku so velikosti do ca 35 mikronov (1 mikron je tisoči del milimetra), zato jih pri dihanju tudi vdihavamo. Manjša kot je velikost teh delcev bolj so problematični za zdravje ljudi. Delci velikosti nad 10 mikronov praviloma ostajajo v zgornjih dihalnih poteh (nos, sapnik itd.), delci manjši od 10 mikronov (PM10) pa potujejo v pljuča (bronhije), delci manjši pod 2,5 mikrona (PM2,5) pa pridejo celo v pljučne mehurčke.

Novejše študije kažejo, da delci velikosti do 0,1 mikrona lahko preidejo skozi pljučne mehurčke v kri in povzročajo zdravstvene težave tudi v drugih organih telesa. Zelo droben prah tako povzroča in ima negativen vpliv in nastanek na srčno žilnih bolezni, negativne posledice v možganih, vpliv na Parkinsonovo in Alzheimerjevo bolezen itd.

Vdihavanju drobnega prahu naj se še posebej izogibajo otroci, starejši ljudje, nosečnice in tisti, ki so dovzetnejši do težav z dihalnimi organi, imajo astmo ipd. Drobni delci povzročajo draženje dihalnih organov, povzročajo vnetja, kašelj ipd. Pogosto draženje dihalnih organov pa lahko povzroča resnejše bolezni dihalnih organov.



Slika 27; Dihalne poti človeka na katere prah vpliva negativno



Slika 28; Dihalne poti pljuč

V napravah v katerih se izvaja proces zgorevanja, kot je tudi proces zgorevanja v malih kurilnih napravah, zaradi nepopolnega zgorevanja ostaja ogljik v obliki drobnega prahu - saj, pepel ipd. Ti delci so manjši od 10 in tudi manjši od 2,5 mikronov. Če pri obravnavi prahu upoštevamo še učinek kislin, ki se lahko pojavijo pri zgorevanju oziroma dimnih plinih, je nevarnost za zdravje ljudi še večja. Vsebina te točke je povzeta po gradivu nemške dežele Norhein-Westfalen z naslovom *Gesundheitliche Wirkungen von Feinstaub und Stickstoffdioxid im Zusammenhang mit der Luftreinhalteplanung*.

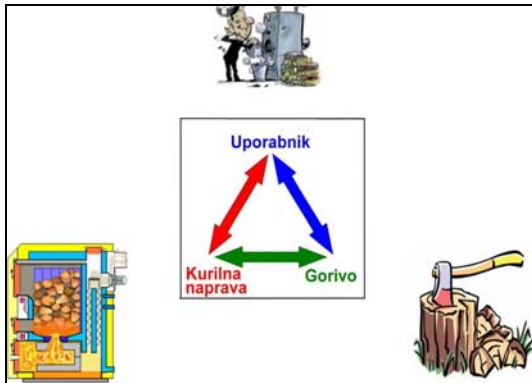
Tako pri nas kot tudi državah EU in sicer v svetu potekajo aktivnosti za zmanjšanje prahu v ozračje in sicer predvsem prahu z delci pod 10 mikronov in tudi pod 2,5 mikrona.

Učinkovit način zmanjševanja prahu iz kurilnih naprav je poleg izbora primerne kurilne naprave in pravilne vgradnje v prostor tudi pravilno kurjenje in izbor goriva. To še posebej velja za kurjenje drv v malih kurilnih napravah. Kurjenje samo zračno suhih drv v skladu z navodili proizvajalca kurilne naprave je pravilen pristop za bistveno zmanjšanje emisij prahu, ki pa v bistvu ne povečuje stroška ogrevanja, predvsem gre za večje prizadevanje pri pripravi, nabavi goriva in kurjenju.

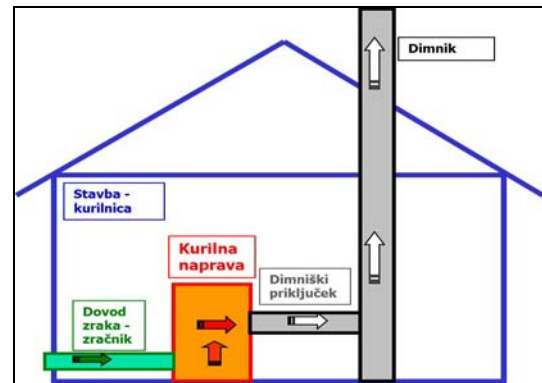
6 Kako pravilno kuriti z lesom?

Za pravilno kurjenje lesa morajo biti izpolnjeni vsaj trije osnovni pogoji (kurilna naprava – gorivo – kurjenje):

- pravilno vgrajena sodobna kurilna naprava (prostor, dovod zraka, odvod dimnih plinov),
- les naj ima čim nižjo vlažnost, drva morajo biti zračno suha, polena morajo biti primerne velikosti,
- uporabnik mora kurilno napravo pravilno kuriti, v skladu z navodili proizvajalca.



Slika 29; Emisije dimnih plinov iz kurilnih naprav na les so odvisne od kurilne naprave, goriva in način kurjenja



Slika 30; Osnovni pogoj za popolno zgorevanje je pravilno zgrajen ogrevalni sistem: kurilnica – dovod zraka – kurilna naprava – dimniški priključek – dimnik

6.1 Kurilne naprave z avtomatskim dodajanjem goriva

6.1.1 Kurilne naprave na pelete

Z izborom kurilne naprave na pelete je določena tudi oblika goriva, ki se ga lahko kuri v tej kurilni napravi. To še posebej velja za male kurilne naprave 50 kW.

Poleg tega mora biti za dobro zgorevanje kurilna naprava vgrajena v skladu z navodili proizvajalca oziroma predpisi, kar pomeni primeren prostor, z zanesljivim in konstantnim dovodom zgovalnega zraka in odvodom dimnih plinov. Posebno pozornost je treba posvetiti shranjevanju in dovodu pelet v kurišče.

Prvi pogoj za doseganje nizkih emisij dimnih plinov, to je izbor sodobne kurilne naprave na les, je izpolnjen. Seveda pa mora biti primernost kurilne naprave dokazana s potrdilom o skladnosti, certifikatom. Kasneje taki kurilni napravi ni možno bistveno izboljšati tehničnih lastnosti.

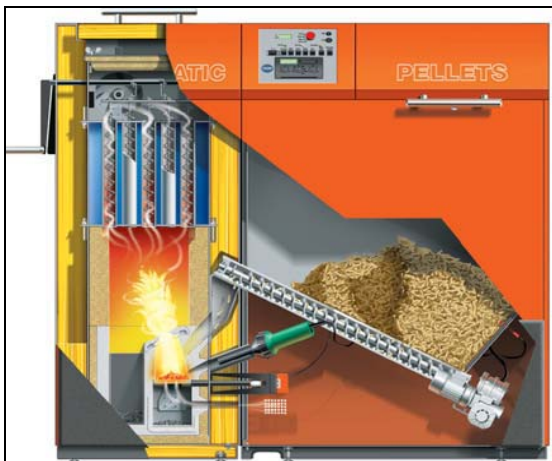
Z izborom specialne kurilne naprave na pelete je najbolj zanesljivo, da se kurilna naprava ne bo uporabljala za druge neprimerne vrste goriv razen za pelete, pa tudi vlažnost pelet je zelo nizka in konstantna. Če se uporabljajo še peleti z garantirano kakovostjo - sestavo, kot priporoča proizvajalec kurilne naprave, so izpolnjeni osnovni pogoji za dobro zgorevanje z nizkimi emisijami dimnih plinov in visokim izkoristkom.

Ker so kurilne naprave na pelete praviloma z avtomatskim dodajanjem goriva v odvisnosti od potrebne intenzitete zgorevanja in nastavljene temperature ogrevanja, lahko tudi avtomatskim vžigom in odpepeljevanjem, je v osnovi bistveno manj možnosti za nepravilno kurjenje, ki bi povzročalo previsoke emisije dimnih plinov ali nižji izkoristek. Avtomatizacija kurjenja s peleti se je tudi glede udobja kurjenja zelo približa udobju kurjenju s kurilnim oljem ali plinom. Uporabnik ima v primeru teh kurilnih naprav nalogo, da zagotavlja nabavo primernih pelet in redno vzdrževanje kurilnih naprav.

6.1.2 Kurilne naprave na sekance

Tudi v primeru sodobnih kurilnih naprav na sekance zagotavlja zelo veliko zanesljivost pravilnega kurjenja, saj je dodajanje goriva v kurišče avtomatizirano kot pri peletih, granulacija sekancev je standardizirana, uravnavanje toplotne moči je v odvisnosti od želene temperature ipd.

Uporabnik lahko naredi nekoliko večje napake predvsem pri izbiri ali priprave sekancev tako glede vlažnosti kot tudi kakovosti uporabljanega lesa. Sekanci se namreč pripravljajo iz različnih vrst lesa, najbolj pogosto iz drobnega lesa, ki je manj primeren za predelavo v industrijske izdelke, pripravljajo se v različnih obdobjih leta in tako tudi z višjo ali nižjo vlažnostjo, pripravljajo jih različni proizvajalci z različnimi cilji, opremo, nekateri tudi kot stranski produkt dejavnosti, pripravi jih lahko tudi uporabnik v lastni režiji, kar še posebej velja za kmetijsko dejavnost, kjer razpolagajo tudi z lastnimi stroji za drobljenje lesa ipd.



Slika 31; Specialni kotel na pelete (Vir: Guntamatic Heiztechnik GmbH)



Slika 32; Specialni kotel za sekance (Vir: Fröling GmbH)

Ne glede na pogoje proizvodnje sekancev, vrsto in kakovost uporabljenega lesa itd., naj bo vlažnost sekancev, če je le mogoče enaka vsaj zračno suhemu lesu, to je do 20 %, čeprav proizvajalci kurilnih naprav praviloma navajajo, da se lahko uporabljajo sekanci z vlažnostjo tudi do 35 % ali celo višjo.

Tudi, če kurilna naprava zagotavlja še sprejemljivo zgorevanje tudi pri višji vlažnosti sekancev od zračno suhega lesa, je smiselno upoštevati, da je kurilnost zračno suhih sekancev (vlažnosti 20 %) ca 4 kWh/kg, kurilnost vlažnih sekancev (vlažnost ca 60 %) narejenih takoj po sekanju lesa pa samo ca 2,2 kWh/kg. Razlika je očitna. Če se upošteva še slabše zgorevanje vlažnega lesa, tudi sekancev, je poraba vlažnega lesa vsaj enkrat večja, kot pa zračno suhega suhih sekancev.

Ker je težje in dražje sušiti sekance, je bolj primerno sekani les najprej posušiti in sekance izdelati iz suhega lesa. Sicer pa se sekance tudi suši z zrakom z naravnim ali prisilnim obtokom zraka, vendar mora biti v tem primeru posebej urejeno skladiščenje, ki omogoča tudi sušenje. Težava je v tem, da naknadno sušenje nekoliko povečuje stroške goriva.

6.2 Kurilne naprave z ročnim dodajanjem drv

Zagotavljanje nizkih emisij dimnih plinov in visokega izkoristka je precej drugačno in manj uspešno v primeru kurišč z ročnim dodajanjem drv. V tem primeru je kakovost zgorevanja bistveno bolj odvisna od samega uporabnika, tako glede priprave primerne goriva, same zakuritve, dodajanja drv v kurišče, ponovne naložitve, kot tudi odstranjevanja pepela iz kurišča itd.

Sicer je v zadnjem času na trgu vse večja in boljša ponudba primerno pripravljenih kakovostnih drv, kar pomeni, da so primerno nasekana, vlažnost se približuje zračno suhemu lesu, to je pod 20 %, pa tudi sama kakovost drv je sprejemljiva, posebno še, če gre za proizvodnjo drv s strani profesionalnih proizvajalcev. Za pripravo in presojo primernosti drv so bili v zadnjih letih sprejeti novi tehničnimi standardi SIST EN, ki enoznačno določajo lastnosti drv. Žal pa se še vedno preveč pogosto uporabljajo drva s preveliko vlažnostjo in neprimerne velikosti polen.

Za kurjenje polen je najbolj primerno kurišče, ki zagotavlja vse faze zgorevanja drv kot je:

- sušenje, ki poteka do ca 150 °C,
- segrevanje in uplinjanje gorljivih snovi, ki poteka do ca 600 °C,
- zgorevanje do ca 1200 °C.

6.2.1 Osnovne vrste kurišč na polena

Obstoječa, kot tudi nova kurišča za ročno dodajanje drv manjših toplotnih moči do 50 (100) kW, ki so vgrajena v lokalne kurilne narave brez medija za prenos toplote do 15 (30) kW, kot tudi kurilne naprave za centralno ogrevanje do ca 100 kW, se lahko razdelijo naslednje štiri skupine:

- kurišča s pregorevanjem,
- kurišča z zgornjim odgorevanjem (sicer gre za kurišče s pregorevanjem),
- kurišče s spodnjim (stranskim) odgorevanjem,
- kurišče z zgorevanjem navzdol (uplinjevanjem goriva).

6.2.2 Pregorevanje

Osnovni problem zagotavljanja popolnega zgorevanja v teh kuriščih je zagotavljanje hlapnih gorljivih sestavin. Ker je kurišče v osnovi manj primerno za zgorevanje lesa, je potrebno s pripravo goriva in načinom kurjenja zagotoviti nižje emisije dimnih plinov. Še posebej so problematična kurišča s toplotno močjo nad 15 kW, če se v njih naloži večje količine drv in to v debelejši plasti, kot je potrebno za pokrivanje trenutne toplotne moči.

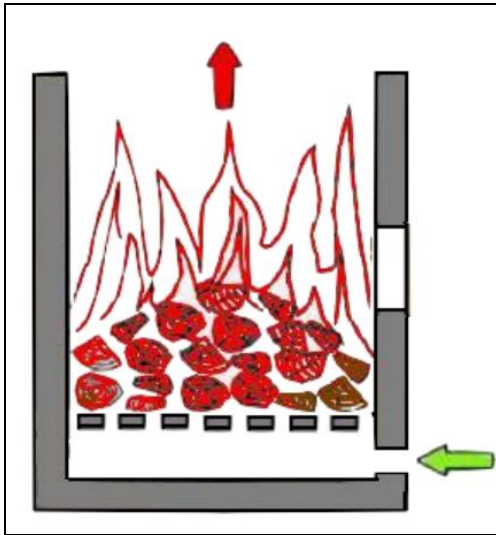
Osnovni problem teh kurišč je, da so zrak in dimni plini vodeni skozi naloženo količino goriva, zato je v procesu zgorevanja vsa naložena količina goriva. Ker se vse gorivo segreje istočasno na temperaturo zgorevanja, iz vsega goriva tudi izhajajo hlapne gorljive snovi. V kurišču v tem obdobju primanjkuje kisika za zgorevanje, veliko teh gorljivih plinov zato ne zgori in gredo z dimnimi plini kot škodljive emisije v obliki plinov in prahu v okolico. Ta učinek je še izrazitejši in popolnoma nesprejemljiv pri kuriščih, kjer je dovod zgorovalnega zraka reguliran v odvisnosti od temperature v prostoru, temperature peči ali medija za prenos toplote. Namreč, ko poteka najbolj intenzivno uplinjevanje drv, regulator dovoda zraka zaradi dosežene temperature omeji dovod zgorovalnega zraka, ko je sicer potrebno največ zraka za zgorevanje.

Iz navedenega izhaja, da so kurišča s pregorevanjem manj primerna oziroma neprimerna za zgorevanje drv, posebno še v primeru kurišč z nekoliko višjo toplotno močjo.

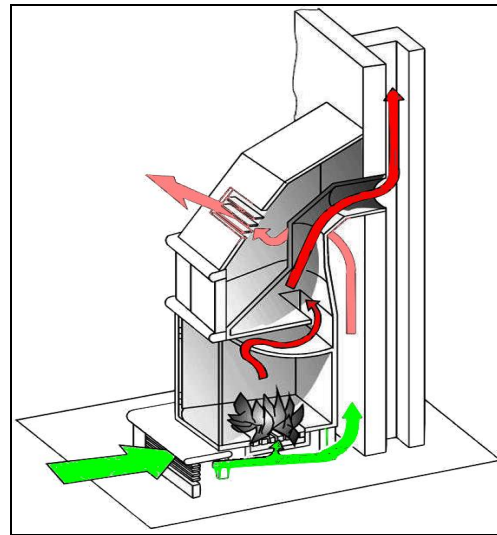
V kuriščih s pregorevanjem se dosega bistveno boljše rezultate zgorevanja in emisij, če se v kurišče dodaja manjše količine drv in sicer samo toliko, da je dosežena pričakovana toplotna moč. To pomeni dodajanje drv v tanjših plasteh, oziroma manjših količinah, vendar jih je zato treba dodajati bolj pogosto. K bolj upočasnjenem uplinjanju gorljivih snovi pripomorejo tudi polena večje velikosti in naložitve polen v kurišče tako, da zrak lažje in v večji količini preide skozi dodana drva in žerjavico tudi v odgorevalno cono hlapnih snovi – v področje plamena. Morebitne večje količine drv se v kurišče lahko doda le, če tako določi proizvajalec kurilne naprave in to potrdi tudi z dokazili.

Ta kurišča so bolj primerna, če imajo zgorovalni zrak razdeljen na primarni del, ki je doveden pod ali v področje drv in sekundarni del zraka, ki je doveden v področje zgorevanja hlapnih snovi. Ta sekundarni

zrak je v času zgorevanja hlapni snovi nujno potreben kasneje, ko pa v kurišču že pogoreva gorivo in ni več hlapnih gorljivih snovi ampak samo že še ogljik - žerjavica, pa je sekundarni zrak praviloma nepotreben in povzroča presežek zraka in s tem višje toplotne izgube z dimnimi plini. Sodobna kurišča, predvsem kotlov za centralno ogrevanje, imajo dovod zraka urejen tako, da se količina sekundarnega zraka dovede glede na ostanek kisika v dimnih plinih, kar lahko bistveno izboljša proces zgorevanja, oziroma zniža emisije dimnih plinov in zviša izkoristek kurjenja.



Slika 33; Kurišče s pregrevanjem drv, zrak je doveden pod rešetko, gorivo je nad rešetko, v fazi zgorevanja vsa dodana količina goriva (Vir: TFL Bayern)



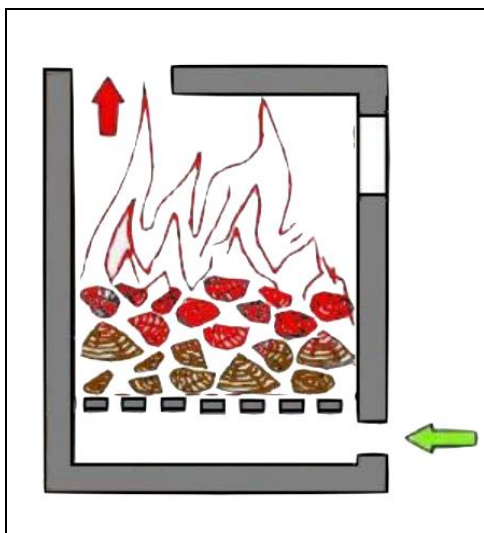
Slika 34; Kurišče s pregrevanje goriva pri zaprtem toplozračnem kamini (Vir: TFL Bayern)

Kurišče s pregorevanjem se uporablja predvsem zato, ker je zelo enostavno, ceneno, nezahtevno za vzdrževanje ipd. Uporablja se predvsem v kurilnih napravah brez medija za prenos toplote toplotnih moči do ca 15 kW, kot so štedilniki, kamini, kaminske in lončene peči in bi bilo drugačen način zgorevanja polen na enostaven način težko zagotoviti.

6.2.3 Zgornje odgorevanje

V kolikor ima kurilna naprava kurišče s pregorevanjem, se v takem kurišču lahko zakuri tudi tako, da se v kurišče najprej doda drva in nato zakuri na vrhu naloženih drv v kurišču. V tem primeru zgorevalni zrak, ki pride v pepelišče pod rešetko prehaja skozi rešetko in skozi naložena drva do gorečih drv in tako tudi do plamena, kjer zgorevajo hlapni snovi. Zgorevalni zrak doveden skozi rešetko vsaj v prvem obdobju zgorevanja pri prehodu skozi naložena drva v bistvu hladi, da se ne vžge vsa naložena količina drv istočasno, hkrati pa se segreva, da v zgorevalni coni ne podhladi plamena. Primerno je, da ima kurišče tudi v tem primeru dovedeni zgorevalni zrak razdeljen na primarni in sekundarni zrak ali celo regulacijo primarnega in sekundarnega zraka v odvisnosti od presežka kisika v dimnih plinih.

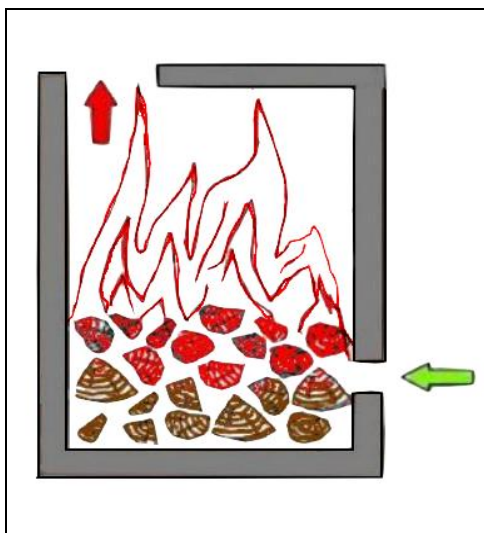
Če se v kurišču takoj po naložitvi drv vžge vsa dodana količina drv, tak način naložitve in zakuritve ne prinaša pričakovanih prednosti. Slabost tega načina kurjenja je tudi v tem, da je po odgoreli prvi naložitvi treba drva naložiti na žerjavico, kar pomeni, da vse naslednje naložitve zgorevajo s pregorevanjem goriv.



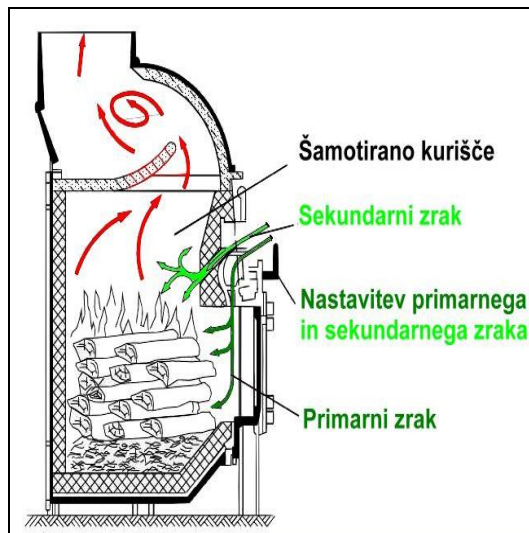
Slika 35; Kurišče s pregrevanjem, vendar zakurjeno na naloženi količini drv – zgornje odgorevanje (Vir: TFL Bayern)



Slika 36; Zgornje odgorevanje drv v kaminski peči (Vir: www.hwam.com)



Slika 37; Kurišče brez rešetke namenjeno zgornjemu odgorevanju, drva naj bi se počasi vžigala in odgorevala (Vir: TFL Bayern)



Slika 38; Kurišče brez rešetke za zgornje odgorevanje, dovedeni zrak je na primarni in sekundarni zrak, ki prehaja neposredno v cono plamena (Vir: TFL Bayern)

Zgornje odgorevanje drv je sprejemljiv način kurjenja, če je za ogrevanje dovolj ena pogorela naložitev, kot je to v primeru prehodnih obdobj kurilne sezone, kurjenja samo krajši čas ipd. V primeru zakurite z zgornjim odgorevanjem je treba upoštevati, da je vžiganje drv nekoliko počasneje, kot pri pregorevanju, zato je povprečna toplotna moč nekoliko nižja, čas odgorevanja pa nekoliko daljši. Ta način kurjenja priporočajo predvsem proizvajalci kurilnih brez medija za prenos toplote, kot so npr. kamini, kaminske in ločene peči.

6.2.4 Spodnje – stransko odgorevanje

Ta način zgorevanja trdnih goriv se je izpopolnil z vidika nizkih emisij dimnih plinov predvsem zadnjih tridesetih letih, ko so nizke emisije in visok izkoristek zahtevane zaradi varstva okolja in učinkovite rabe energije, sicer pa je znan že dolgo časa. Prednost tega sistema je, da je še vedno enostaven, zgorevanje lahko poteka brez prisilnega dovoda zraka in odvoda dimnih plinov, ima velik zalogovnik in predvsem zagotavljanje nizkih emisij itd.

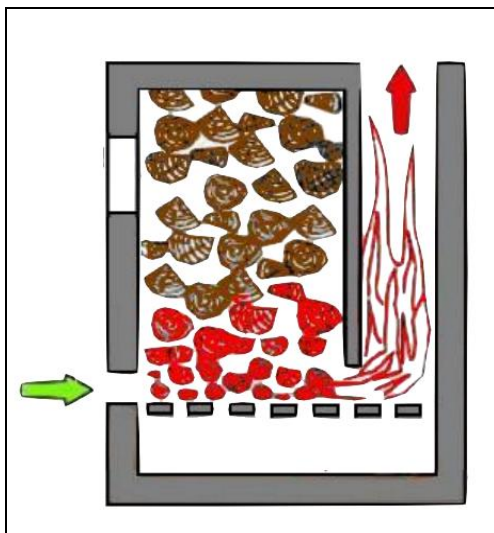
Osnovna značilnost tega kurišča je, da je v fazi zgorevanja – kurišču le toliko drv, kolikor jih je potrebno za pokrivanje nazivne toplotne moči. Iz zalogovnika drva padajo v kurišče zaradi lastne teže, zato niso potrebni podajalni mehanizmi. Dovedeni zgorevalni zrak je razdeljen na primarni del doveden v zalogovnik in kurišče ter sekundarni del zraka doveden v področje zgorevanja hlapnih gorljivih snovi.

V primeru teh kurišč se zakuri na rešetki in lahko se doda poln zalogovnik drv, ki nato dogorevajo več ur. Dodajanje drv v zalogovnik je enostavno, kot bi jih nalagali drva v skladovnico. Po naložitvi uporabnik na proces zgorevanja nima posebnega vpliva, niti ni zaželeno posegati v kurišče, dokler gorivo ne pogori razen, če je to nujno potrebno zaradi zagotavljanja zgorevanja.

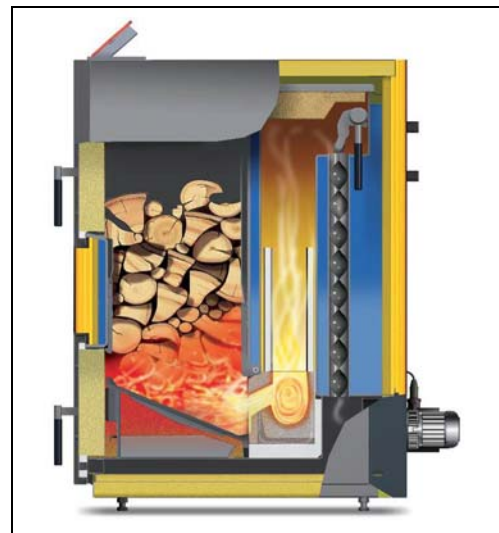
Tako kot tudi v primeru drugih kurišč, je tudi v tem primeru treba kuriti z drvimi s čim nižjo vlažnostjo, velikosti polen kot navaja proizvajalec kurilne naprave, oziroma je prikazano v poglavju priprave drv, kotel je treba redno čistiti in vzdrževati. Posebej je pomembno, da so čisti kanali za dovod zraka v zalogovnik in za dovod sekundarnega zraka, za intenzivnejši prenos toplote pa morajo biti čiste tudi tako površine v zalogovniku, kurišču in konvektivno-sevalnem delu.

Proces zgorevanja se ne sme prekinjati, niti zmanjšati toplotno moč pod dovoljeno mejo, ki jo določa proizvajalec. Taka kurišča so najbolj pogosto vgrajena v manjše kotle centralnega ogrevanja s toplotno močjo do 50 (100) kW, ki se uporabljajo v individualnih objektih.

V primeru kurilnih naprav z medijem za prenos toplote - kotlov centralnega ogrevanja, mora biti zaradi preprečevanja prekinitev procesa zgorevanja ali zmanjšanja toplotne moči pod dovoljeno mejo, prigraden hranilnik toplote in sicer v odvisnosti od velikosti zalogovnika, oziroma najmanj 55 l/kW nazivne toplotne moči kotla, kot to določa uredba.



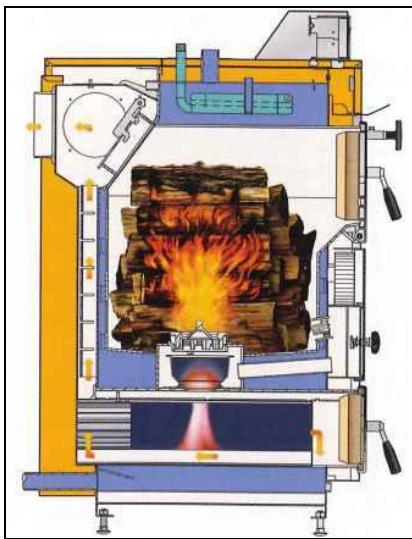
Slika 39; Kurišče s spodnjim – stranskim odgorevanjem goriva, v fazi zgorevanja je samo del drv (Vir: TFL Bayern)



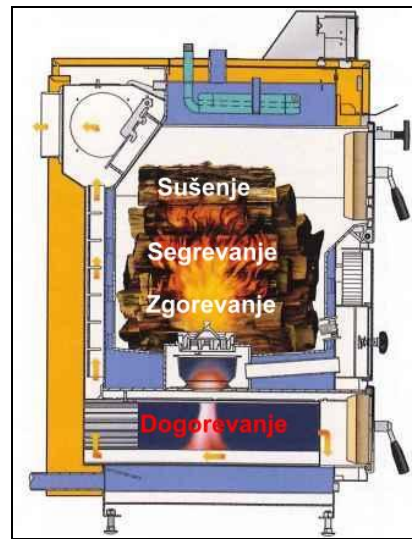
Slika 40; Kurišče s stranskim – spodnjim odgorevanjem in prisilnim odvodom dimnih plinov (Vir: Guntamatic Heiztechnik GmbH)

6.2.5 Vertikalno odgorevanje - kurilne naprave za uplinjevanje drv

Sodobno kurišče v katerem je lažje in bolj zanesljivo zagotoviti zgorevanje tudi hlapnih gorljivih snovi drv je kurišče, ki sistemsko zagotavlja uplinjevanje lesa in zgorevanje plinaste faze gorljivih snovi. Praviloma gre za kurišča kotlov centralnega ogrevanja, ki imajo zalogovnik za gorivo in kurišče ter zgorevalno komoro za zgorevanje hlapnih sestavin. V zalogovniku poteka proces sušenja, segrevanja, uplinjevanja hlapnih gorljivih snovi in tudi zgorevanje fiksnega ogljika – lesnega oglja, v zgorevalni komori pa predvsem zgorevanje hlapnih gorljivih snovi. Osnovna značilnost teh kurišč je tudi, da imajo sistemsko urejen dovod zraka tako v zalogovnik, kot tudi v področje zgorevanja hlapnih snovi. Poleg tega imajo kurišča zagotovljeno dobro mešanje hlapnih gorljivih snovi z zrakom v področju temperature zgorevanja in zagotovljen potrebnem času za zgorevanje. Kurišče ima potrebne značilnosti za zgorevanje lesa (TTT je dosežen).



Slika 41; Specialni kotel na polena z vertikalnim zgorevanjem - t.i. uplinjevalni kotel (Vir: www.baudochselbst.com)



Slika 42; V zalogovniku – kurišču poteka proces sušenja, segrevanja in zgorevanja lesa, v zgorevalni komori pa zgorevanje hlapnih snovi (Vir: www.baudochselbst.com)

Glede na to, da so lahko v zalogovniku naložena drva za več ur zgorevanja, kjer poteka tudi proces sušenja, segrevanja in tudi zgorevanje. Ključnega pomena je, da se proces zgorevanja z zmanjševanjem zraka ne prekine ali omeji pod dovoljeno mejo, ko ni več mogoče zagotavljati sprejemljivega zgorevanja. To pa je glede na potrebe po toploti v ogrevalni sezoni mogoče doseči le, če je kotlu prigraden hranilnik toplote, ki v času zmanjšanja porabe toplote v ogrevalnem sistemu, odvečno toploto sprejema in jo daje na razpolago, ko v kurišču ni več zgorevanja.

Potrebno velikost hranilnika toplote predlaga proizvajalec v odvisnosti od velikosti količine drv, ki jih je mogoče naložiti v zalogovnik, minimalni volumen hranilnika toplote pa določa predpis – uredba in znaša 55 litrov na 1 kW nazivne toplotne moči kotla. Zaželeni volumen pa je v praksi praviloma večji vse do 100 l na 1 kW toplotne moči kurilne naprave. Potreben je nasvet proizvajalca kurilne naprave.

Toplota akumulirana v hranilnik toplote se iz njega porablja naknadno, ko je v kotlu gorivo že pogorelo. Z naložitvijo manjše količine drv, pa se lahko čas odgorevanja lahko prilagodi potrebam po toploti, kot je to potrebno v prehodnih obdobjih kurilne sezone. Pomembno je tudi, da je temperatura vode v kotlu nad temperaturo kondenzacije vlage, oziroma nad 60 °C.



Slika 43; Kotel na polena s hranilnikom toplote, ki toploto iz kotla prevzema, ko jo grelna telesa ne porabljajo v celoti (Vir: www.baudochselbst.com)

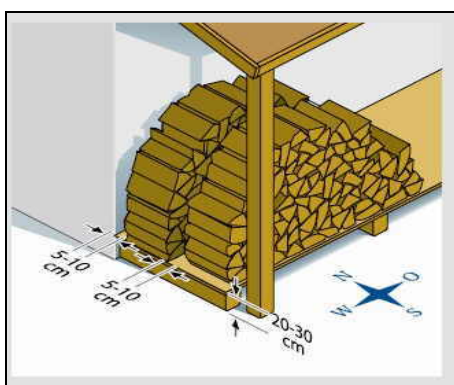


Slika 44; Kotel na polena z dvema hranilnikoma toplote (Vir: www.Fröling)

Določanja minimalne velikosti zalogovnika v odvisnosti od volumna zalogovnika se bolj približa dejanski potrebni velikosti hranilnika toplote, ker bi lahko zgorela vsa naložena drva, če tudi se toplota iz kotla v času zgorevanja ne bi porablja v ogrevalnem sistemu.

7 Priprava drv – sušenje in sekanje

Za doseganje predpisanih in pričakovanih vrednosti emisij dimnih plinov je treba zagotoviti uporabo samo zračno suhih drv. Za zračno suha drva se šteje drva z vlažnostjo pod 20 %. Maksimalna vlažnost drv, ki se jih sme uporabljati za kurjenje v kurilnih napravah pa je 25 % in je določena z uredbo o emisiji snovi v zrak iz kurilnih naprav.



Slika 45; Nasekana drva se suši zložena z naravnim prezračevanjem, pokrita proti dežju, izpostavljena naj bodo soncu itd. (Vir: www.bosy-online.de)

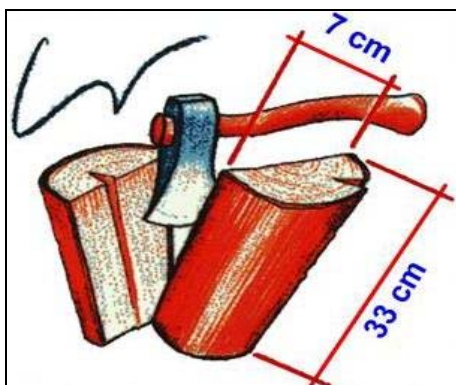


Slika 46; Kontrola vlažnosti drv z enostavnim merilnikom (Vir: www.baudochselbst.com)

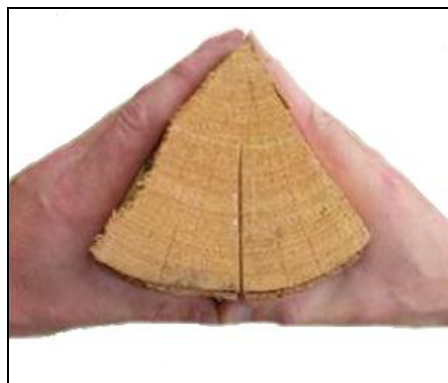
Ker je vlažnost posekanega lesa od ca 40 do 60 %, ga je treba pred kurjenjem posušiti. Cenovno in okolju prijazno je najbolj sprejemljivo naravno sušenje drv. Za hitro in učinkovito sušenje, je treba drva razžagati, razcepiti, zložiti tako, da se prezračujejo, jih pokriti proti dežju, posekati praviloma v decembru ali januarju, ko je vlažnost rastočega lesa najnižja, poleg tega pa je čas sušenja lahko daljši, kot če bi jih posekali v kasnejših mesecih.

Povprečen presek posameznih polen naj bo velikosti, kot je prikazano na sliki. V kolikor gre za kurišča večjih toplotnih moči, so lahko polena tudi nekoliko večja, v kolikor pa gre za kurjenje v manjših kuriščih, kot so štedilniki, kaminske in ločene peči, pa je lahko povprečna velikost polen tudi nekoliko manjša.

Če je treba toplotno moč kurilne naprave povečati, se velikost polen zmanjšuje, enak zaključek velja tudi za kurjenje drv s povečano vlažnostjo. Dolžina polen pa se prilagodi kurišču. Na trgu se najbolj pogosto prodajajo polena dolžine 33 cm, 50 cm in 100 cm. Polena naj ne bodo natančno prilagojena dolžini ali širni kurišča, krajša naj bodo za toliko, da jih je možno dodati v kurišče z vsaj minimalno toleranco upoštevajoč telesno diagonalo polena.



Slika 47; Polena naj bodo nasekana, okrogla polena so manj primerna za sušenje in kurjenje



Slika 48; Približno merilo primerne velikosti polen za enostavna manjša kurišča, če proizvajalec ne določi drugače



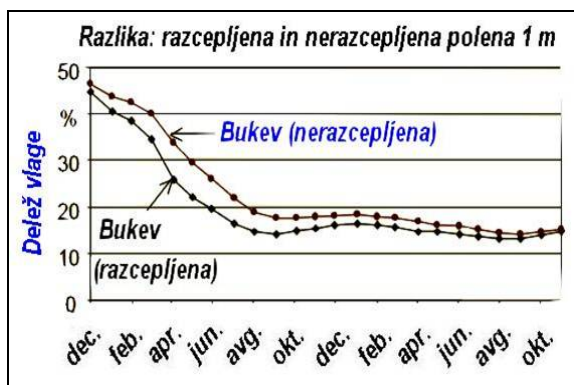
Slika 49; Nasekana drva za malo večja kurišča, kot so v kotlih, kaminih itd.



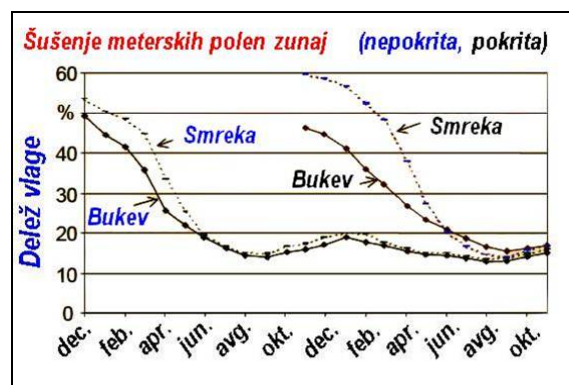
Slika 50; Nasekana drva za manjša kurišča kot so štedilniki, manjše peči itd.

V idealnih pogojih se lahko posamezne vrste drv dosežejo zračno suhost že v obdobju enega leta ali celo prej, vendar je iz praktičnih razlogov in zaradi odstopanj od primernih pogojev sušenja bolj zanesljivo, da se drva sušijo dlje časa, zato se na osnovi izkušenj priporoča sušenje drv najmanj:

- 1 leto za topol in smreko,
- 1,5 leta za lipo, jelšo, brezo,
- 2 leti za bukev, jesen, sadno drevje,
- 2 do 3 leta hrast.

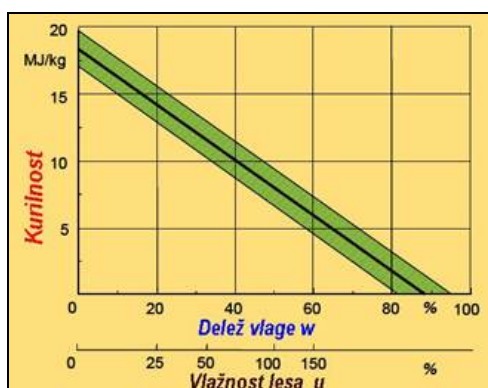


Slika 51; Zniževanje vlažnosti bukovih razcepljenih in nerazcepljenih drv v obdobju dveh let (Vir: TFL Bayern)

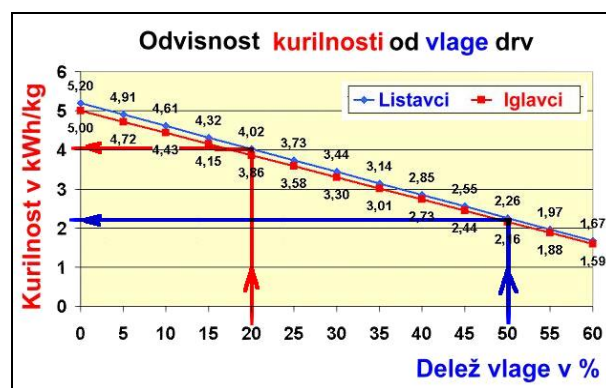


Slika 52; Čas sušenja pokritih in nepokritih bukovih in smrekovih drv (Vir: TFL Bayern)

Višja vlažnost drv ne povzroča samo slabše zgorevanje z visokimi emisijami in nižji izkoristek kurjenja, ampak povzroča tudi bistveno nižjo energijsko vrednost goriva. Razlika je lahko tudi 100 % ali več. Če ima posekan les bukve delež vlage 50 %, to pomeni 100 % vlažnost lesa, imajo drva kurilnost približno 9 MJ/kg ali 2,5 kWh/kg. Zračno suh les z deležem vlage 20 % oziroma vlažnostjo lesa 25 %, pa kurilnost približno 14,8 MJ/kg ali približno 4,1 kWh/kg.



Slika 53; Odvisnost kurilnosti v MJ/kg od deleža vlage v drveh in vlažnosti drv (Vir: TFL Bayern)



Slika 54; Odvisnost kurilnosti v kWh/kg od deleža vlage v drveh (Vir: wikipedia.org)

Če se les suši v naravi, se uparjalna toplota potrebna za uparjanje vlage iz lesa porablja tudi iz okolice. Če pa se drva suši v sušilnicah, je treba energijo za sušenje – izločanje vlage iz drv dovesti iz drugega vira. V primeru kurjenja z vlažnimi drvami, se energija potrebna za uparjanje vlage troši neposredno iz samega lesa, ki gori in s tem se energija lesa zniža za uparjalno toploto izločene vlage iz goriva. Večji del vlage se torej iz drv lahko izloči z naravnim sušenjem, torej z energijo sonca.

7.1 Material za vžiganje drv

Primeren in naravni material za vžiganje polen je lesna volna.



Slika 55; Lesna volna za podžig naloženih drv (Vir: www.manufactum.de)



Slika 56; Vžigalne kocke iz naravnega lesa za kamine peči itd. (Vir: www.anzundershop.de)

Papir z vidika zniževanja emisij dimnih plinov ni primeren material za vžig drv, še manj pa je primeren za kurjenje.

V kurilnih napravah ni primerno kuriti les, ki bi povzročil višje emisije, kot pri kurjenju zračno suhega naravnega lesa primerne granulacije. Omejitve veljajo tudi za kurjenje prebarvanega lesa kot je pohištvo, stavbno pohištvo, embalaža ipd.



Slika 57; Pohištvo, iverka, stavbno pohištvo itd. ni dovoljeno kuriti (Vir: www.schmid.st)



Slika 58; Papir, karton itd. ni dovoljeno kuriti (Vir: www.schmid.st)

8 Kurišča za kurjenje z drvmi v kurilnih napravah brez medija za prenos toplote

Tudi v kurilnih napravah s kuriščem za ročno dodajanje drv, ki kot tipski proizvod sicer dosegajo pričakovane emisije dimnih plinov in izkoristek, je treba v njih kuriti le zračno suha drva s priporočljivo velikostjo polen. Poleg tega mora uporabnik za doseganje pričakovanih emisij in izkoristkov pravilno zakuriti in dodajati drva v kurišče. Uporabnik je zadolžen tudi za odstranjevanje pepela iz kurišča in pepelišča, zagotavljanja čistih površin za prenos toplote v kurilni napravi in čiste površine dimovodnih naprav. Kurilne, dimovodne in prezračevalne naprave pa je treba tudi redno vzdrževati.

Iz navedenega sledi, da ima uporabnik v primeru enostavnih kurišč pomembno vlogo pri zagotavljanju nizkih emisij dimnih plinov in visokih izkoristkov tako s pripravo drv, kot tudi s samim kurjenjem in vzdrževanjem.

Kurilne naprave s takimi enostavnimi kurišči so predvsem kurilne naprave za lokalno ogrevanje prostorov, ki so brez medija za prenos toplote, s toplotnimi močmi do ca 15 (30) kW kot so razne peči, štedilniki, kamini. V zadnjem desetletju pa so vse pogosteje izjeme peči, ki imajo sodobna kurišča na pelete.



Slika 59; Štedilnik in lončena peč na drva s kuriščem na pregorevanje (Vir: www.richtigheizen.at)



Slika 60; Kamin in kaminska peč na drva s kuriščem na pregorevanje (Vir: www.richtigheizen.at)

8.1 Zakuritev v kuriščih za kurjenje z drvmi

V preteklosti, predvsem pred letom 1980, so bile v praksi vgrajene predvsem kurilne naprave s kurišči s pregrevanjem goriva. Tudi danes se ta praksa v primeru kurilnih naprav manjših toplotnih moči brez medija za prenos toplote ni dosti spremenila, so pa taka na novo vgrajena kurišča bolj izpopolnjena in podana boljša navodila za kurjenje.

Pričakovanja uporabnika ob zakuritvi kurilne naprave z drvmi so:

- zakuritev naj bo čim bolj enostavna in s čim manj pripomočki
- zakuritev in čas vžiganja goriva naj bo čim krajši,
- emisije dimnih plinov naj bodo tudi v fazi vžiganja goriva čim nižje.

8.2 Kako zakuriti peči in kamine?

Za zakuritev kurilnih naprav brez medija za prenos toplote na drva s kuriščem na pregorevanje, kot so v pečeh in štedilnikih je treba za učinkovito zakuritev z niskimi emisijami imeti na razpolago:

- suha drva - polena,
- drobna polena za zakuritev,
- vžigalni material npr. lesno volno in
- velike vžigalice ali plinski vžigalnik.



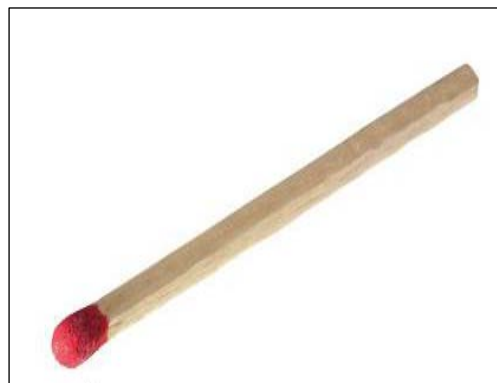
Slika 61; Suha drva za kurjenje (Vir: www.kurjava.si)



Slika 62; Drobno nasekana drva za zakuritev (Vir: www.kurjava.si)



Slika 63; Lesna volna zvita v valjčke za zakuritev (Vir: www.manufactum.de)



Slika 64; Vžigalice za vžig lesne volne (Vir: www.beta.meinstreichholz.de)

Za izvedbo zgornjega odgorevanja se na rešetko naloži polena, na katera se doda drobna polena za vžiganje drv, med ta drobna polena se doda lesna volna. Tako pripravljeno naložitev se podkuri s prižigom lesne volne z vžigalico ali plinskim gorilnikom.

Drva se v kurišče zloži enostavno tako kot bi jih zlagali v manjši kup - skladovnico. Če pa kurišče nima posebej urejenega dovoda sekundarnega zraka, je priporočljivo, da se drva na rešetko naložijo križno, oziroma tako, da zgorevalni zrak lažje prehaja skozi naložena drva v področje plamena, kjer je tudi potreben kisik za zgorevanje hlapnih gorljivih snovi.

Če proizvajalec kurilne naprave ne poda navodila za kurjenje, je težje ugotoviti in zagotoviti primerno zakuritev, kurjenje in dodajanje zgorevalnega zraka. V tem primeru se upošteva splošna navodila za kurjenje. Na osnovi vizualnega opazovanja plamena in poizkusi vsaj delno določi pravilno zgorevanje predvsem po dolžini, barvi plamena, barvi in sestavi pepela, morebitnih sajastih površinah kurilne

naprave ipd. V kolikor je plamen daljši, je svetle barve ali celo modrikast, je sklepati, da zgorevanje ni slabo.



Slika 65; Polena zložena vzporedno v kurišče drug poleg drugega (Vir: www.manufactum.de)



Slika 66; Polena naložena križno v kurišče za večji dovod zraka v odgorevalno cono hlapnih snovi (Vir: www.energie-umwelt.ch in www.kellenfamily.de)

Če je plamen krajši in temnejši ali na »robvih« celo črn, to pomeni zelo slabo zgorevanje. Velika verjetnost je, da gre za pomanjkanje kisika pri zgorevanju hlapnih sestavin, lahko pa tudi za prenizke temperature, ki bi omogočale zgorevanje ali celo oboje. V tem primeru je slabo zgorevanje prepozna tudi s prostim očesom po temnem dimu na ustju dimnika. V takem primeru je vsekakor možno bistveno vplivati na boljše zgorevanje s primernim gorivom, več dovedenega zraka v zgorevalno cono, povečanjem toplotne moči ipd. Ukrepi za zagotavljanje boljšega zgorevanja so povečanje sekundarnega zraka, po potrebi tudi večje količine zraka v kurišče, polena za kurjenje naj bodo večja in naložena križno, dodaja pa se bistveno manjše količine drv v kurišče ipd.



Slika 67; Primerno zgorevanje polen, plamen je svetel, v nekaterih delih celo modrikast



Slika 68; Neprimerno zgorevanje, plamen je temno-rdeč, gre za pregorevanje, karton preprečuje dovod zraka skozi rešetko itd.

8.3 Primer zakuritve v kaminski peči z manjšim kuriščem

Po odstranitvi pepela iz kurišča se doda nekaj polen v kurišče in sicer do višine v kurišču ali v količini, kot priporoča proizvajalec. Če je kurišče manjše se doda malo manjša polena in tudi manjšo količino drv, praviloma le nekaj polen.

Na polena se doda drobna polena namenjena vžiganju polen za kurjenje. Najbolje je, da se doda drobna zelo suha polena iglavcev, ki se nekoliko hitreje in lažje vžgejo, kot polena listavcev. Pod drobna polena za vžiganje se doda prižigalni material, kot npr. zvrta lesna volna v valjčke ali druge naravne vžigalne materiale. Za zakuritev se ne uporablja papir ali kak drug predelan material.

Tako pripravljena naložitev je pripravljena za odgorevanje goriva od vrha proti rešetki oziroma dnu kurišča. Gre za zgornje odgorevanje, ki je bolj primernem načinu kurjenja od pregorevanja.



Slika 69; V kurišče so najprej naložena polena za zgorevanje prve naložitve (Vir: www.heimwerkerlexikon.selbermachen.de)



Slika 70; Na polena so dodana drobna polena za vžig goriva (Vir: www.heimwerkerlexikon.selbermachen.de)

Pred vžigom goriva, se odpre loputa ali regulator dovoda zraka in odpre morebitna loputa na dimniškem nastavku ali dimniškem priključku.

Tako pripravljeno naložitev polena - drobna polena - vžigalni material se prižge npr. z večjo vžigalico ali plinskim gorilnikom. Po ca petih do osmih minutah se gorivo vžge, prične intenzivno goreti in po tem času, naj bi se zmanjšale tudi emisije prahu iz dimnika tako, da ni več opaziti temnega dima s prostim očesom. Kot ustrezno vžiganje se prepozna tudi po svetlem plamenu.

Primerno je, da se faza vžiganja goriva, čim prej zaključi vključno s segrevanjem kurišča na tako temperaturo, da plamena ne hladi tako intenzivno, da bi prihajalo do nepopolnega zgorevanja in nastanka nezgorelega CO, saj - prahu.



Slika 71; Prižiganje vžigalnega materiala - lesne volne ipd. (Vir: www.heimwerkerlexikon.selbermachen.de)



Slika 72; Začetek zgorevanja prve naložitve (Vir: www.heimwerkerlexikon.selbermachen.de)

Ko naložena količina drv dogori in v kurišču ostane samo še žerjavica, se za nadaljnje kurjenje v kurišče lahko ponovno doda drva. Ker se v tem primeru drva doda na žerjavico, bo ta naslednja naložitev drv odgorela s pregorevanjem. Da se zagotovi sprejemljivo zgorevanje, se pri ponovni naložitvi doda manjšo količino drv prvi naložitvi za zgornje odgorevanje, v primeru manjših kurišč tudi samo eno ali dva polena, posebno še, če se zaradi že ogrete peči zmanjša tudi dovod zgorevalnega zraka. V kurišče se doda praviloma samo toliko drv, da peč lahko pokriva pričakovano toplotno moč, je pa treba drva zato dodajati bolj pogosto. Na ta način se bistveno zmanjša izpuste CO, nezgorelih ogljikovodikov in prahu v okolico. Iz prevelike dodane količine drv, bi se hlapne gorljive snovi samo uplinile iz drva in z dimnimi plini odšle v okolico in nebi zgorele.



Slika 73; Po pogorelih drveh prve naložitve se za naslednjo naložitev doda le nekaj polen na žerjavico (Vir: www.heimwerkerlexikon.selbermachen.de)



Slika 74; Nastavitev toplotne moči kaminske peči, oziroma dovoda zraka (Vir: www.heimwerkerlexikon.selbermachen.de)

V kolikor je kurilna naprava dosegla pričakovano toplotno moč oziroma temperaturo, se intenziteta zgorevanja v kurišču omeji z zmanjšanjem dovoda zraka. Če je dovod zraka urejen z regulatorjem v odvisnosti od temperature, pa to zmanjšanje dovoda zraka opravi regulator.

9 Storitve javne dimnikarske službe

Za pregledovanje, nadzorovanje in čiščenje malih kurilnih naprav, dimnih vodov in zračnikov je organizirana obvezna javna dimnikarska služba zaradi zagotavljanja varstva okolja in racionalne rabe goriv, varstva pred požarom in varovanja zdravja ljudi. Dimnikarska služba izvaja obvezne storitve kot so prvi, redni in izredni pregledi, prve in občasne meritve, vodi evidence tako kurilnih naprav, emisij dimnih plinov in storitev te javne službe. Uporabnikom lahko tudi svetuje glede izbire, vzdrževanja in uporabe kurilnih naprav, jim predlaga rešitve glede odprave morebitnih nepravilnosti in pomanjkljivosti na napravah, preveri vlažnost drv ipd.

V skladu z »uredbo in pravilnikom o dimnikarski službi« mora uporabnik za na novo vgrajene in rekonstruirane kurilne naprave pridobiti pozitivno poročilo o prvem pregledu. Namen prvega pregleda je preveriti ali so kurilne, dimovodne in prezračevalne naprave vgrajene v skladu s projektno oziroma tehnično dokumentacijo.

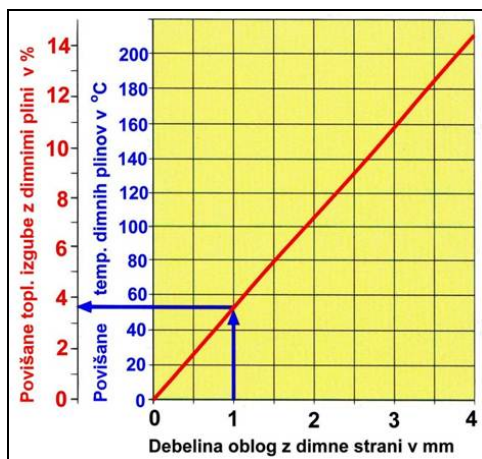
Namen rednih pregledov je preveriti obstoječe naprave, ki so v uporabi, glede morebitnih pomanjkljivosti, ki bi ogrožale okolje, racionalno rabo goriv, požarno varnost ali zdravje ljudi.

V okviru javne dimnikarske službe se izvajajo tudi meritve emisij dimnih plinov tako prvih kot tudi občasnih. S prvimi meritvami se preverja ali na novo vgrajene ali rekonstruirane kurilne naprave presegajo mejne vrednosti emisij z dimnimi plinov, ker bi bila nepravilno vgrajene ali servisirane. Občasne meritve pa se opravijo za obstoječe kurilne naprave, zaradi preverjanja ali presegajo predpisane mejne vrednosti emisij z dimnimi plini. Za kurilne naprave na trdno gorivo do toplotne moči 50 kW se še ne izvajajo redne meritve emisij dimnih plinov in sicer vse do izdaje novega predpisa s strani pristojnega ministrstva.

V kolikor koncesionar javne službe na napravah s pregledi ali meritvami ugotovi pomanjkljivosti ali nepravilnosti zaradi katerih bi bilo ogroženo zdravje ljudi, požarna varnost okolje in racionalna raba goriv, je o tem dolžan uporabnika pisno opozoriti in mu določi rok za odpravo pomanjkljivosti. Po pretečenem roku pa preveriti ali so ugotovljene pomanjkljivosti dejansko odpravljene. V kolikor uporabnik ugotovljene pomanjkljivosti odpravi, koncesionar izda pozitivno poročilo o pregledu ali meritvah, sicer pa negativnega in o pomanjkljivostih in nepravilnostih na napravah v skladu z uredbo seznaniti pristojno inšpekcijo.

V okviru javne dimnikarske službe se izvajajo tudi storitve mehanskega čiščenja, po katerih je ta javna služba znana predvsem iz preteklosti. Mehansko čiščenje kurilnih naprav je treba predvsem zaradi zagotavljanja učinkovitejšega prenosa toplote iz goriva in dimnih plinov v prostor oziroma na nosilec toplote in s tem manjše porabe goriva in nižjih absolutnih emisij z dimnimi plini. To pa je cilj tudi z vidika varstva okolja. Očiščene površine kurilnih in dimovodnih naprav pa pomenijo večjo požarno varnost in večjo zaščito zdravja ljudi.

Naloga koncesionarja dimnikarske javne službe je predvsem, da s storitvami nadzora, kot so pregledi in meritve prepreči nastajanje previsokih emisij dimnih plinov, vključno z nabiranjem oblog v kurilnih in dimovodnih napravah. V kolikor pa obloge nastanejo, pa jih je dolžan odstraniti.



Slika 75; Toplotne izgube z dimnimi plini v odvisnosti od debeline oblog na stenah kurilne naprave



Slika 76; Specialni sodoben merilnik prahu in CO za kurilne naprave na trdno gorivo (Vir: www.Wöhler.de)

10 Vzdrževanje kurilnih naprav

Vzdrževanje kurilnih, dimvodnih in prezračevalnih naprav je za doseganje ciljev tako uporabnika, kot tudi z vidika javnega dobra nujno potrebno. Za izvedbo vzdrževanja je zadolžen uporabnik, katerega interes je v prvi vrsti funkcionalnost naprav, manjša poraba goriva in daljša življenjska doba naprav. Vse več pa je uporabnikov, ki vzporedno z vzdrževanjem zagotavlja tudi cilje varstva okolja, požarne varnosti in zaščite zdravja ljudi tako z vidika lastne ozaveščenosti, kot tudi zaradi izpolnjevanja zahtev predpisov s tega področja.

Žal pa še pri preveliko uporabnikih prevladuje mnenje, da kurilnih naprav ni potrebno vzdrževati oziroma, da to vzdrževanje lahko opravijo sami. Seveda lahko uporabniki marsikaj pri vzdrževanju postorijo sami v odvisnosti od njegovega znanja o kurilni naravi, spretnosti in predvsem volje do teh del, razpolaganja s potrebnim orodjem ipd. in to še posebej velja v primeru klasičnih kurilnih naprav z enostavnimi kurišči so peči, štedilniki, kamini, kotli ipd.

V primeru specialnih sodobnih kurilnih naprav na plena, sekance in pelete, pa so za strokovno vzdrževanje podobno kot pri kurilnih napravah na olje ali plin, potrebna specialna znanja tako splošna kot tudi o posamezni kurilni napravi, zato je potrebno, da servis opravi pooblaščen servisier, ki ima na razpolagalo morebitne nadomestne dele in potrebna orodja. Kako pogosto je potreben servis priporoča proizvajalec posamezne kurilne naprave. Za manjše kurilne naprave do 150 kW je to vsako leto, lahko pa tudi manj pogosto, v kolikor vzdrževalna dela opravi dimnikar in sam uporabnik. Je pa treba angažirati servisierja ob vsaki ugotovljeni nepravilnosti, ki je povezana z zagotavljanjem varnosti uporabe kurilne naprave. Grobi pregled kurišča uporabnik sicer opravi pred vsako zakuritvijo, pregled kurilne naprave bolj natančno pa vsaj enkrat na mesec.

Servisierju se praviloma prepusti, zamenjavo iztrošenih ali poškodovanih delov v kurišču (rešetka, šamotni vložki, morebitni gibljivi deli ipd.), tesnila vrat in pokrovov, nastavitve tečajev vrat, sanacijo morebitnih poškodb kurilne naprave tako s strani dimnik plinov, kot tudi zunanje strani ipd.

Vsekakor pa mora serviser opraviti preverjanje delovanja in nastavitve temperaturnih tipal, delovanje varnostnih naprav, varnostno – regulacijske opreme, opraviti mora servis morebitnega ventilatorja za dovod zraka ali odvod dimnik plinov, nastavitve dovoda zraka itd. Če gre za kurilno napravo z medijem za prenos toplote naj serviser ali inštalater opravi tudi pregled vseh pomembnih elementov centralnega razvodnega sistema, kot so ventili, črpalke ipd. Primerno je, da se vidijo evidence vseh posegov na kurilni napravi in ogrevalnem sistemu.

V Sloveniji sicer nimamo posebnih predpisov glede vzdrževanja kurilnih naprav, razen ko gre za izvajanje obvezne državne javne dimnikarske službe, zato je primerno za izvajanje rednih servisov kurilnih naprav upoštevati proizvajalca kurilnih naprav.

11 Predpisi

11.1 Varstvo okolja

Področje varstva okolja ureja Zakon o varstvu okolja – ZVO-1 (Uradni list RS, št. 39/2006 – uradno prečiščeno besedilo, s spremembami).

Emisije snovi v zrak, ki se smejo spuščati v zrak iz malih kurilnih naprav so določene z:

- Uredbo o emisiji snovi v zrak iz malih in srednjih kurilnih naprav (Uradni list RS, št. 23/2011),
- Pravilnikom o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu emisije snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja ter pogojev za njegovo izvajanje (Uradni list RS, št. 70/1996, 71/2000, 99/2001, 17/2003), ki določa predvsem število meritev in način izvajanja meritev emisij dimnih plinov.

11.2 Organiziranje in izvajanje javne dimnikarske službe je urejeno z:

- Uredbo o načinu, predmetu in pogojih izvajanja obvezne državne gospodarske javne službe izvajanja meritev, pregledovanja in čiščenja kurilnih naprav, dimnih vodov in zračnikov zaradi varstva okolja in učinkovite rabe energije, varstva človekovega zdravja in varstva pred požarom (Uradni list RS, št. 129/2004, 57/2006, 105/2007 in 102/2008) in
- Pravilnikom o oskrbi malih kurilnih naprav, dimnih vodov in zračnikov pri opravljanju javne službe izvajanja meritev, pregledovanja in čiščenja kurilnih naprav, dimnih vodov in zračnikov (Uradni list RS, št. 128/04 in 18/05).

11.3 Graditev objektov

Področje graditev objektov in s tem tudi vgradnja kurilnih, dimovodnih in prezračevalnih naprav je opredeljena:

- Zakon o graditvi objektov (Uradni list RS, št. 102/2004-UPB1 (14/2005 popr.), s spremembami),
- Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah (Uradni list RS, št. 52/2010),
- Tehnična smernica za graditev TSG-1-004: Učinkovita raba energije,
- Pravilnik o požarni varnosti (Uradni list RS, št. 31/2004, 10/2005, 83/2005, 14/2007),
- Tehnična smernica za graditev TSG-1-001: 2010, Požarna varnost v stavbah,
- Pravilnik o minimalnih zahtevah za graditev stanovanjskih stavb in stanovanj (Uradni list RS, št. 125/2003, 10/2005 – popr., 01/2011),
- Smernica SZPV-407:2012; Požarna varnost pri načrtovanju, vgradnji in rabi kurilnih in dimovodnih naprav