

Osrednja tema

# Več svežega zraka v poslovne prostore

Vsi prostori v novo zgrajenih stavbah so zelo zatesnjeni in tudi v starejših stavbah, kjer zamenjajo okna, se prostori zatesnijo. Če takih prostorov ne prezračujemo dovolj, je v njih slab zrak. Redno in pogosto odpiranje in zapiranje oken v poslovnih prostorih ljudi preveč ovira pri delu, zato ga ne moremo pričakovati. Pri današnjih oknih in vratih je nujno samodejno delujoče prezračevanje. Najboljše je mehansko z vračanjem toplote odvedenega zraka. Obstajajo tudi okna z mehanizmom za večstopenjsko ročno nastavitev širine prezračevalne reže z nagibanjem okenskega krila.

**Avtor:**

**Robert Sever, dipl. inž. str., inž. el.**

nadaljevanje s prejšnje strani

## DELO V MANJŠIH POSLOVNIH PROSTORIH

Zaradi spremenjenega načina dela vedno več ljudi opravlja delo doma ali pa so zaposleni v malih podjetjih. Mala podjetja imajo manjše poslovne prostore bodisi v stanovanjskih prostorih podjetnikov ali pa v lastnih oziroma najetih prostorih znotraj drugih stavb. Podobno tudi samozaposleni pogosto delajo doma v lastnih prostorih. Pri takem načinu dela ni več jasne meje med manjšimi poslovnimi prostori in bivalnimi prostori.

## TESNENJE STAVB IN PROSTOROV

V zadnjih desetletjih narašča okoljska osveščenost, k čemur nas silijo podnebne spremembe z vse hujšimi ujmani. Da bi zmanjšali rabo energije za ogrevanje, se stavbe gradijo z vedno boljšo toplotno zaščito. Za obstoječe stavbe država daje subvencije za njihovo naknadno energetska sanacijo. Za zmanjšanje izhajanja toplega zraka iz ogrevanih prostorov se že vrsto let izdelujejo samo še takšna okna in vrata, ki skoraj popolno tesnijo. V kratkem bodo morale biti vse novogradnje »skoraj nič energijske«, kar med drugim pomeni še manjše toplotne izgube in še boljše tesnjenje s preizkusom zrakotesnosti.

## PREZRAČEVANJE POSLOVNIH PROSTOROV

V poslovnih stavbah in večjih poslovnih prostorih sta običajno izvedena klimatizacija ali mehansko prezračevanje. Pri pravilnem načrtovanju, izvedbi, vzdrževanju in ravnanju naj bi prezračevanje ustrezalo. Poleti v režimu hlajenja pa se marsikje ljudje pritožujejo zaradi prepaha. Pomaga lahko že samo nastavitev višje temperature in uravnovešanje pretoka zraka skozi dovodne odprtine.

Drugače je pri manjših poslovnih prostorih, kjer prezračevanje največkrat poteka samo z odpiranjem oken. Marsikje imajo sicer vgrajeno stensko klimatsko napravo. Opozoriti velja, da taka naprava zajema zrak iz prostora, ga ohladi ali ogreje ter ga vrne v prostor. Pri tem kroži isti zrak, zato ni nič manj potrebno tudi prezračevanje.



Najmanjša dopustna površina prostora je 8 m<sup>2</sup>, poleg tega mora biti za vsakega zaposlenega zagotovljena tudi prostornina 12 kubičnih metrov.

Manjši poslovni prostori so pogosto visoki le 2,5 m, izjemoma tudi manj, do najmanj 2,25 m. Najmanjša dopustna površina prostora je 8 m<sup>2</sup>, poleg tega mora biti za vsakega zaposlenega zagotovljena tudi prostornina 12 kubičnih metrov. Tako je npr. za pisarniško delo dveh zaposlenih pri višini 2,5 m potrebna površina prostora najmanj 9,6 m<sup>2</sup>.

Prevladuje zmotno mnenje, da v poslovnih prostorih, kjer poteka izključno pisarniško delo, ni zdravstveno škodljivih onesnaževal zraka. Pri starejših oknih se tudi, ko so zaprta, skozi špranje med krilom in podbojem samodejno izmenjuje zrak. Količina je odvisna od vremenskih razmer in stanja oken, praviloma pa ni zadostna. Skozi nova okna pa skoraj ni izmenjave zraka. Beremo lahko o dihanju lesenih oken in celo zidov. Skozi lesene dele oken in celo skozi zidove z difuzijo sicer prehaja zrak, vendar v zanemarljivi količini, ki ne zmanjša potrebe po prezračevanju.

V nadaljevanju bomo pozornost posvetili predvsem manjšim poslovnim prostorom.

## NEKATERE OSTALE SNOVI, PRISOTNE V ZRAKU

Zrak vedno vsebuje tudi vodno paro, katere delež se spreminja, odvisno od vremenskih razmer. Pomemben je delež ogljikovega dioksida CO<sub>2</sub>, ki ga običajno podajamo v prostorninskih milijoninkah – ppm. V predindustrijski dobi je bila njegova koncentracija v zraku 280 ppm. Doslej je njegova povprečna koncentracija narasla na približno 400 ppm in še narašča. V zunanjem zraku so vedno, vsaj v sledovih, prisotna tudi druga plinasta onesnaževala ter drobni mikro in nano prašni delci, drobne saje, npr. PM<sub>10</sub>, ter aerosoli. Drobni delci so lahko naravnega izvora, kot npr. cvetni prah in trosi, ter prah, celo iz afriških puščav. Poleg plinov so v zraku prisotne tudi **hlapne organske spojine – HOS** (angleško VOC, nemško FOV), spojine ogljika, vodika in drugih kemijskih elementov.

## DODATNI VIRI ONESNAŽEVAL ZRAKA V POSLOVNIH PROSTORIH

V prostorih se z izhlapevanjem v zrak sproščajo dodatne HOS. Izvirajo iz človeške presnove in iz barv, lakov, topil, lepil, mehčal, čistil, loščil ter impregnacijskih sredstev proti trohnenju ali gorenju. HOS v večji ali manjši meri vsebujejo gradbeni materiali, toplotna izolacija, stenske barve, lesne obloge tal, sten in stropov, stavbno in pisarniško pohištvo, električni aparati, računalniki, potiskan papir, preproge, zavese itd. HOS nastaja tudi pri počasnem termičnem razkroju prahu na radiatorjih, drugih grelnih telesih in vsakršnih vročih površinah.

V prostorih lahko nastopa nad sto HOS z zelo različnimi lastnostmi. Koncentracija posamezne HOS samo izjemoma presega mejno koncentracijo v zraku. Običajno so v prostorih koncentracije posamezne HOS daleč pod mejno. Zaradi različnih lastnosti posameznih HOS skupnega učinka vseh hkrati nastopajočih HOS ne moremo določiti. Zlasti v novih stavbah je mogoče HOS zaznati z vonjem, ki običajno tekom let postopoma oslabi. Sčasoma se zmanjša izhlapevanje, obenem pa se na vonj navadimo

in ga manj zaznavamo. Koncentracijo HOS omejujemo z izbiro ustreznih materialov in opreme, v že zgrajenem in opremljenem objektu pa lahko samo s prezračevanjem.

Predvsem v kletnih in pritličnih prostorih nepodkletenih stavb je vedno prisoten tudi lahek plin radon. Njegovi kratkoživi izotopi ob razpadanju oddajajo ionizirajoče sevanje. Radon izhaja iz zemlje in prodira skozi tlak in kletne stene, zato so največje koncentracije v kletih in pritličjih stavb s slabšo hidroizolacijo. Radon izhaja tudi iz samega gradbenega materiala, zato je v sledovih prisoten v vseh prostorih. Izhajanje radona iz zemlje se, odvisno od kamenin v globini tal, po krajih zelo razlikuje. Zato se tudi koncentracije radona v zraku znotraj prostorov po krajih zelo razlikujejo. Izmerjene vrednosti so večinoma med nekaj 10 do 100 kBq/m<sup>3</sup> zraka, ponekod pa celo več 1000 kBq/m<sup>3</sup> zraka. Mejna vrednost je 400 kBq/m<sup>3</sup> notranjega zraka.

Zrak znotraj prostorov je torej neizbežno slabši od 24-urnega povprečja zunanjega zraka.

### ZRAČNA VLAGA V POSLOVNIH PROSTORIH

V ogrevalnem obdobju je za poslovne prostore optimalna povprečna relativna zračna vlaga nekje med 45 % in 60 %. Vir vodne pare v poslovnih prostorih so samo ljudje. Paro je treba odvajati z zadostnim prezračevanjem, da relativna zračna vlaga ne doseže vrednosti, pri katerih se prične kondenzacija na najhladnejših površinah v prostoru.

V stavbah, kjer so zamenjali stara okna z novimi in ohranili stare navade preredkega odpiranja oken, imajo v prostorih previsoko relativno zračno vlago. Tako se npr. pri temperaturi zraka 21 °C in 80 % relativni vlažnosti zraka pojavi kondenzacija na površinah s temperaturo pod 17,5 °C. Ponekod v prostoru, kot npr. na t. i. toplotnih mostovih, na okenskem steklu, v kotih in vogalih, je temperatura zraka nižja in tam prihaja do kondenzacije. Na stalno ali pogosto mokrih površinah se prej ali slej pojavi plesen.



V ogrevalnem obdobju zadostno prezračevanje več kot zadošča tudi za omejevanje vlažnosti zraka. Pri nižjih zunanjih temperaturah je lahko relativna zračna vlaga celo prenizka. Bolj občutljivi ljudje že 40 % relativno vlažnost zraka zaznavajo kot »presuh zrak«. Presuh zrak pospešuje elektrostatične pojave, nastajanje lebdečega prahu, izsušuje kožo in zlasti sluznico v nosu in grlu ter posledično poveča obolevnost.

### OGLJIKOV DIOKSID V POSLOVNIH PROSTORIH

V poslovnih prostorih so edini pomemben vir CO<sub>2</sub> ljudje s svojim dihanjem. Pri sedenju človek z dihanjem odda približno 18 litrov CO<sub>2</sub> na uro.

Ob osemurnem delavniku v celotni delovni dobi 40 let glede na današnje znanje o škodljivosti izpostavljenost povprečni mejni koncentraciji ne povzroči zaznavne zdravstvene škode. Za CO<sub>2</sub> je mejna koncentracija 5000 ppm. V manjših poslovnih prostorih, ki se nahajajo poleg bivalnih, je človek trajno izpostavljen, zato je za take primere navedena mejna koncentracija CO<sub>2</sub> previsoka.

Opisan je primer iz tujine, ko je v veliki poslovni stavbi pri koncentraciji samo 2800 ppm imel znaten delež zaposlenih netipične zdravstvene težave. Navedena koncentracija CO<sub>2</sub> sama po sebi ni kaj dosti škodljiva, vendar jo praviloma spremlja povečana koncentracija HOS. Zdravstvene težave, poimenovane sindrom bolnih stavb, so odpravili s povečanjem izmenjave zraka, ob tem pa se je zmanjšala tudi koncentracija CO<sub>2</sub>.

Vpliv povečanih koncentracij CO<sub>2</sub> v zraku na človeka je že dolgo znan. Od sredine 19. stoletja velja priporočilo o največji dopustni povprečni koncentraciji 1000 ppm, t. i. Pettenkoferjevo število. Novejši standard SIST - DIN 1946-6 dopušča koncentracijo 1500 ppm. Izmenjavo zraka za vzdrževanje koncentracije v prostoru, če je edini vir CO<sub>2</sub> ena sedeča oseba, lahko izračunamo:

$$\text{Izmenjava zraka (m}^3\text{/h)} = \frac{18 \times 10^3}{\text{priporočena koncentracija CO}_2 - \text{začetna koncentracija CO}_2}$$

- » 18 je količina izdihanega CO<sub>2</sub> v litrih ene osebe v eni uri ob predpostavljenem sedenju ali lahkem sedečem delu;
- » kot priporočeno koncentracijo v prostoru izberemo npr. 1000 ppm;
- » upoštevamo začetno koncentracijo v zunanjem zraku 400 ppm.

Za vzdrževanje koncentracije 1000 ppm v prostoru je potrebna izmenjava zraka 30 m<sup>3</sup>/uro in osebo. Če se v prostoru trajno ali dlje časa zadržuje več oseb, je treba navedeno količino pomnožiti s številom oseb.

### OBČUTENA KAKOVOST ZRAKA

Za počutje ljudi je bolj kot koncentracija CO<sub>2</sub> pomemben vonj v prostoru. Uvedena je posebna enota Olf, ki naj bi zajela prisotnost HOS iz vseh virov, vključno človeškega.



Težava je v tem, da so nekatere HOS z nizko mejno koncentracijo brez vonja. Druge HOS z visoko mejno koncentracijo imajo lahko izrazito moteč vonj. Občutena kakovost zraka se ocenjuje z osebnimi mnenji večjega števila ocenjevalcev in deležem nezadovoljnih. Za okrog 15 % najbolj občutljivih ljudi zrak v prostorih ni nikoli dovolj dober, ne glede na izmenjavo zraka. V splošnem velja, da je zaznan vonj približno sorazmeren s koncentracijo CO<sub>2</sub>.

## CO<sub>2</sub> KOT INDIKATOR KAKOVOSTI ZRAKA

Merilo količine dejansko izmenjanega zraka ob znanem viru CO<sub>2</sub> v poslovnem prostoru je koncentracija CO<sub>2</sub>. Iz koncentracije CO<sub>2</sub> ob znanem številu ljudi v poslovnem prostoru sklepamo na dejansko izmenjavo zraka. Če je npr. v manjšem poslovnem prostoru nekaj ur prisotna ena sedeča oseba in se koncentracija v tem času stabilizira pri 1000 ppm, to pomeni, da se izmenjuje 30 m<sup>3</sup> zraka na uro. Obstajajo že ceneni namizni merilniki koncentracije CO<sub>2</sub>. Vedeti pa moramo, da takšni ceneni merilniki niso kalibrirani in jih delodajalec ne more uporabiti kot veljaven dokaz kakovosti zraka v delovnih prostorih. So pa lahko koristno pomagalo za grobo oceno kakovosti zraka.



**Slika: Namizni merilnik za zasebno rabo v gospodinjstvih z izmeničnim kazanjem koncentracije CO<sub>2</sub> in temperature na zaslonu ter tremi »semaforskimi« signalnimi opozorilnimi lučkami**

O tem, ali je lahko koncentracija CO<sub>2</sub> merilo kakovosti zraka, so v strokovnih krogih deljena mnenja. Nasprotniki navajajo primere premajhne medsebojne povezanosti koncentracije CO<sub>2</sub> s koncentracijo HOS. Tako so v nekaterih novih stavbah ob samo 800 ppm CO<sub>2</sub> izmerili koncentracijo posamezne HOS nad mejno vrednostjo. Ker je zdravju škodljiva šele dokaj visoka koncentracija CO<sub>2</sub>, naj bi bilo bolj prav meriti koncentracijo HOS. Težava pa je, kako hkrati izmeriti veliko število različnih HOS v prostorih. Zagovorniki navajajo, da je pri sedanjem stanju merilne tehnike najbolj enostaven in uporaben način ugotavljanja kakovosti zraka z merjenjem koncentracije CO<sub>2</sub>. Izhajajo, da bo ob koncentraciji 1000 ppm CO<sub>2</sub> tudi koncentracija HOS in radona dovolj omejena. To je sicer največkrat res, ne moremo pa tega jemati kot gotovo dejstvo. Potrebna je strokovna presoja z ogledom, ob upoštevanju številnih dejavnikov.

## VELJAVNI PRAVILNIKI

Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih se sklicuje na Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb, ki zajema vse

stavbe in prostore. V prilogi in tabelah so tudi dopustne koncentracije za nekatere najpogostejše nastopajoče HOS in za CO<sub>2</sub>.

Če določbe smiselno strnemo in nekoliko poenostavimo, velja za manjše poslovne prostore naslednje:

Med delovnim časom naj bo izmenjava zraka vsaj 0,5 h<sup>-1</sup>, v ostalem času pa vsaj 0,2 h<sup>-1</sup>. Zrak se mora torej zamenjati najmanj vsaki dve uri, izven delovnega časa pa, zaradi HOS in radona, najmanj vsakih pet ur.

Če je poslovni prostor majhen ali je v njem več oseb, je treba zagotoviti izmenjavo zraka najmanj 30 m<sup>3</sup> na uro in osebo, s čimer hkrati omejimo tudi koncentracijo CO<sub>2</sub> na 1000 ppm.

Razen v posebnih primerih novejših stavb, kjer je lahko prisotna visoka koncentracija ene ali več HOS, lahko sklepamo, da smo z navedeno izmenjavo zraka dovolj omejili tudi koncentracijo HOS. Podobno lahko sklepamo, da smo izven območij, kjer je zaradi geoloških razmer več radona, hkrati dovolj omejili tudi koncentracijo radona.

## TOPLOTNE IZGUBE ZARADI PREZRAČEVANJA

Pri povprečnem temperaturnem primanjkljaju v pomembnem delu Slovenije, ki znaša 3300 K dni, in 240 dni trajajočem ogrevalnem obdobju dobimo temperaturno razliko okrog 14 K. Ob predpostavljeni temperaturi 21 °C v poslovnih prostorih je povprečna temperatura zunanjega zraka v ogrevalnem obdobju 7 °C. Za približen izračun upoštevamo razliko entalpij odvedenega in dovedenega zraka 16 kJ/m<sup>3</sup>. Tako npr. v manjšem poslovnem prostoru s površino 16 m<sup>2</sup> in prostornino 40 m<sup>3</sup> ob predpostavljeni 0,5-kratni izmenjavi zraka med osemurnim delavnikom samo z izmenjanim zrakom izgubimo 0,7 kWh. V bodočih skoraj nič energijskih stavbah bo neizbežno mehansko prezračevanje z vračanjem toplote odvedenega zraka.

## MEHANSKI PROSTORSKI PREZRAČEVALNIKI

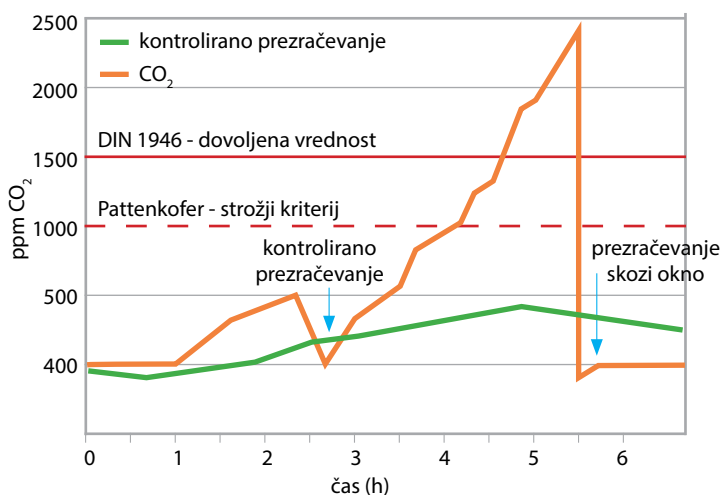
Prezračevalniki za prezračevanje posameznega prostora so lahko skriti v oknih ali vgrajeni v zunanji steni. V njih sta vgrajena en ali dva majhna električna ventilatorja. Krmiljenje prezračevalnikov je lahko tudi brezžično s t. i. daljincem. Pri stenskih prezračevalnikih zadošča okrogla odprtina premera okrog 16 cm v zunanji steni, zato je mogoča naknadna vgradnja. Vsi bistveni deli so v cevi, ki je skrita v steni, v prostoru je le rozeta za usmerjenje zraka. Toplota odvedenega zraka ogreva keramični element, ki nato vrača toploto, ko skozenj teče dovodni zrak. Boljše izvedbe delujejo skoraj neslišno, lahko so opremljene tudi s filtrom za cvetni prah. Poleti omogočajo tudi pasivno hlajenje z nočnim oz. jutranjim zrakom.

## PREZRAČEVANJE Z ODPIRANJEM OKEN

O tem, kako pogosto odpirati okna in za koliko časa, je v medijih in na spletu mnogo zelo različnih in celo zmotnih nasvetov. Če je to sploh mogoče, je seveda najbolje ustvariti preprič, ki naj traja samo toliko, da se izmenja zrak.

V odvisnosti od zunanje temperature in morebitnega vetra potrebujemo za to najmanj nekaj minut.

Ob prisotnosti človeka v zatesnjenem prostoru koncentracija CO<sub>2</sub> narašča nad začetnimi 400 ppm približno sorazmerno s pretečenim časom od zadnjega prezračevanja. Vzemimo primer zelo dobro tesnjenega prostora površine 16 m<sup>2</sup> in prostornine 40 m<sup>3</sup>, v katerem sta dve osebi. Prostor je pred vstopom dobro prezračen, začetna koncentracija CO<sub>2</sub> je 400 ppm. Osebi skupno oddajata 36 litrov CO<sub>2</sub> na uro, kar pomeni, če zanemarimo nepopolnost tesnjenja, naraščanje koncentracije okrog 900 ppm na uro. Če bi prostor prezračili čez 8 ur, bi koncentracija dotlej narasla za 7200 ppm. Skupaj z začetnimi 400 ppm bi koncentracija dosegla 7600 ppm, povprečna 8-urna koncentracija pa 4000 ppm, kar bistveno presega priporočeno. Ob tem je seveda tudi koncentracija HOS in mogoče tudi radona previsoka. Če bi prostor prezračili čez 2 uri, bi dotlej koncentracija dosegla 2200 ppm, poprečna 2-urna koncentracija pa 1300 ppm, kar je sprejemljivo.



Slika: Spreminjanje koncentracije CO<sub>2</sub> pri dveh osebah v prostoru s površino 16 m<sup>2</sup> in višino 2,5 m

V majhnih prostorih in/ali ob večjemu številu prisotnih ljudi koncentracija CO<sub>2</sub> narašča še hitreje. Po veljavnem Pravilniku je treba zrak v prostoru, ko so v njem prisotni ljudje, izmenjati vsaki dve uri. Zaposleni v manjših poslovnih prostorih pa enostavno ne utegnejo tako pogosto in redno odpirati ter zapirati okna. Vidimo, da je potrebno neprekinjeno samodejno delujoče prezračevanje.

### PREZRAČEVANJE SKOZI NASTAVLJIVO OKENSKO REŽO

Posebno okensko okovje omogoča, da lahko z okensko kljuko nagibamo krilo navznoter v treh do šestih vmesnih stopnjah. Pri tem se največja širina reže zgoraj spreminja v približnem razponu med 8 mm do največ 40 mm. Mogoč je tudi običajni polni nagib krila, ki pa je v ogrevalnem obdobju prevelik. Hladen zunanji zrak vstopa skozi stranski trikotni reži, topel notranji zrak pa izstopa skozi zgornjo pravokotno režo in skozi zgornji del obeh stranskih rež. Prezračevanje poteka polsamodejno, koncentracija CO<sub>2</sub> v prostoru le malo niha, odvisna pa je od nastavitve reže.

Izvedba ni primerna za prostore v hrupnem okolju, ker skozi režo prodira tudi hrup. Tudi varnost pred vlomom je v nagnjenem položaju okenskega krila manjša. Pravilnik o prezračevanju o takem načinu v členu 17, točka 4, navaja: »Okna za naravno prezračevanje morajo biti opremljena s pripravami, ki delavcem omogočajo, da enostavno uravnavajo velikost prezračevalnih presekov«.

Pri mnogih vgrajenih oknih lahko okovje tudi naknadno nadgradimo za prezračevanje skozi okensko režo. Takšno prezračevanje pride v poštev samo pri obstoječih poslovnih prostorih. Pri novogradnjah se vedno odločimo za mehansko prezračevanje z vračanjem toplote.

### SEDANJE STANJE IN SKLEPNA UGOTOVITEV

Ugotovimo lahko, da je z novimi okni zmanjšana izmenjava zraka. Koncentracije CO<sub>2</sub>, HOS in radona se v družinskih hišah in v malih poslovnih prostorih običajno ne meri, se je pa zagotovo povečala. Zdravstvene posledice se še ne kažejo in bi bilo tudi sicer težko dokazati, da jih povzroča ravno slab zrak. Čedalje večja zatesnjenost vseh stavb in prostorov terja, da posvetimo večjo pozornost prezračevanju, zlasti manjših poslovnih prostorov. ■

### VIRI:

- 1 Pravilnik o zahtevah za zagotavljanje varnosti in zdravja delavcev na delovnih mestih (Ur. l. 89/1999 in 39/2005)
- 2 Pravilnik o prezračevanju in klimatizaciji stavb (Ur. l. 42/2002 in 105/2002)
- 3 SIST-DIN 1946-6 5. 2009
- 4 Recknagel-Sprenger-Schramek: Taschenbuch für Heizung und Klimatechnik 77. Ausgabe 2015

Koncentracije  
CO<sub>2</sub>, HOS in radona  
se v družinskih  
hišah in v malih poslovnih  
prostorih običajno ne meri,  
se je pa zaradi boljšega  
tesnenja stavbnega pohištva  
zagotovo povečala.