

	Date	Reference	Page
Eva Emanuelsson Forskare Kemisk och biologisk säkerhet Kemi, biomaterial och textil RISE Research Institutes of Sweden Borås	2020-09-04	2F009782	1 (8)
		Villaägarnas Riksförbund Solna	

Ozonbehandling av luft

Innehåll

Sammanfattning	2
Uppdrag	2
Luften omkring oss	3
Ozon O ₃	3
Ozonreaktioner	4
Luftbehandling	4
Ozonbehandling	5
Jonisation	6
Fogging	6
Vaportek	7
Att åtgärda luftkvalitet inomhus	7
Referenser	8

RISE Research Institutes of Sweden AB

Postal address	Office location	Phone / Fax / E-mail
Box 857 501 15 Borås	Brinellgatan 4 504 62 BORÅS	+46 10-516 50 00 +46 33-13 55 02 info@ri.se

This document may not be reproduced other than in full,
except with the prior written approval of RISE.

Sammanfattning

Inandning av ozon är farligt för hälsan och ozonaggregat bör inte användas av privatpersoner som en enkel och generell metod för att åtgärda dålig luftkvalitet inomhus. För att undvika återkommande problem med dålig luftkvalitet måste grundorsaken utredas och åtgärdas. Ozon i sig orsakar luftvägsbesvär men är även en potent oxidant som kan bilda hälsofarliga nedbrytningsprodukter.

Orsaken till obehaglig lukt varierar och åtgärden måste anpassas till orsaken¹. Mögellukt i en källare har en annan orsak och åtgärd än röklukt efter en eldsvåda. Att medvetet tillföra ozon och riskera utsätta sig själv och alla material omkring sig för en kemisk cocktail är något vi i alla andra sammanhang gör allt för att undvika.

Den som tror sig åtgärda problem med exempelvis mögel i en sommarstuga med ett ozonaggregat, riskerar att utsätta både sig själv och andra för ozon, en stor mängd oönskade nedbrytningsprodukter och samtidigt förvärra situationen genom att skjuta upp åtgärden för att ta bort ursprungsproblemet. Mögel åtgärdas enklast genom att ta bort fuktkällan och ersätta eller rengöra angripet material. Det finns ingen enkel universell genväg som löser problemet på längre sikt.

Uppdrag

Villaägarna har givit RISE i uppdrag att ta fram ett PM angående luftbehandlingsutrustning med tyngdpunkt på ozonbehandling som vänder sig till privatpersoner för att bekämpa obehaglig doft, mögel, bakterier och liknande.

Luften omkring oss

Luften omkring oss består av en blandning av gaser. Huvuddelen består av kvävgas (N_2 78,08 %), syrgas (O_2 20,90 %) och argon (Ar 0,93 %). Resterande 0,09 % är alla andra gaser som ofta benämns spårgaser. Exempel är ozon (O_3), koldioxid (CO_2), kvävedioxider (NO_x), svaveldioxid (SO_2), ammoniak, (NH_3), metan (CH_4) och olika flyktiga organiska ämnen (volatile organic compounds, VOC).

Förutom gaser innehåller luften även partiklar. Partiklar i luft har många källor men en stor del av de allra minsta partiklarna bildas när organiska gaser bryts ner av exempelvis ozon. Mängden partiklar vi exponeras för bör minimeras då speciellt de minsta partiklarna kan nå långt ner i luftvägarna och påverka vår hälsa negativt på flera sätt.

Det vi uppfattar som lukt eller doft är gaser, ofta flyktiga organiska ämnen. Luktsinnet är individuellt och kan ofta vara kopplat till ett minne vilket kan påverka upplevelsen av en doft. Dofter vi uppfattar som obehagliga behöver inte nödvändigtvis vara farliga och vice versa. Gaser vi inte kan uppfatta med luktsinnet kan vara skadliga eller ofarliga och påverka individer i olika utsträckning.

Ozon O_3

Syre (kemisk beteckning O) är ett av de vanligaste av våra grundämnen. Syreatomen finns med som en byggsten i en mängd olika molekyler, men är kanske mest känd som gasen med två syreatomer (O_2) som vi kallar syrgas. Syrgasen bildas från växternas fotosyntes och används i varje andetag vi tar. Syrgas är livsviktigt för oss och vi reagerar snabbt om syrgashalten sjunker. Utan syrgas tappar vi medvetandet efter några minuter.

Ozon är en annan gasmolekyl som innehåller tre syreatomer och är viktig för oss i stratosfärens ozonskikt. Ozonskiktet skyddar jorden genom att absorbera solens skadliga UV-strålning och ozonskiktets uttunning var ett av 1980- och 1990-talets mest uppmärksammade miljöhot. Ozon skapas även marknära från en kombination av luftföroreningar (kväveoxider och flyktiga organiska ämnen) i närvaro av solljus. De högsta nivåerna uppmäts oftast under eftermiddagen under sommarhalvåret. Marknära ozon är en luftförorening som är skadlig både direkt och indirekt för vår hälsa.

Höga ozonhalter påverkar människors hälsa negativt bland annat genom irritation av ögon och slemhinnor. Ozon kan också orsaka inflammation i luftvägarna. Enligt WHO (World Health Organization) orsakar förhöjda halter av ozon tydliga effekter på hälsan genom andningsproblem och försämrad lungfunktion men kan även utlösa astma och orsaka andra lungsjukdomar. Känsliga grupper är barn, ungdomar, personer över 65 år och personer med lung-, hjärt- och kärlsjukdom. Ozon skadar också växtlighet vilket ger stora ekonomiska förluster för såväl jord- som skogsbruket över hela världen.

Eftersom ozon är en så hälsofarlig gas är det ett av de ämnen som WHO sedan länge har ett riktvärde för som luftförorening ($100 \mu g/m^3$, 50 ppb maximalt 8-timmars medel). För ozon i utomhusluft ligger den svenska Miljö kvalitetsnormen² och målvärdet för i EU-direktivet båda på $120 \mu g/m^3$. Det hygieniska gränsvärdet för ett ämne är den högsta godtagbara halten av ämnet i luften på arbetsplatsen. Nivågränsvärden (NGV) är bindande och gäller för exponering under en arbetsdag (8 timmarsdag eller kortare). För ozon är det aktuella gränsvärdet $0,2 \text{ mg}/m^3$ (= 0,1 ppm = 100 ppb). Korttidsgränsvärden gäller för exponering under en referensperiod av 15 minuter eller kortare. För ozon är det bindande till $0,6 \text{ mg}/m^3$ (= 0,3 ppm = 300 ppb).³

Normalt är halterna av ozon inomhus lägre än utomhus som en kombination av att ozon både bildas utomhus och ofta har fler reaktionsmöjligheter inomhus. Undantaget är om det finns någon lokal källa som exempelvis en laserskrivare eller kopieringsmaskin. Tillverkare av utrustning som kan riskera producera ozon måste vidta åtgärder så att utrustningen uppfyller kraven för att få stå i exempelvis en kontorsmiljö.

Ozonreaktioner

En molekyl (ett ämne) kan brytas ned eller byggas upp till en ny molekyl (nytt ämne). En kemisk reaktion mellan molekyler är förenklat beroende av molekylernas reaktivitet, koncentrationer och tid. En ozonmolekyl kommer reagera utifrån den fysiska och kemiska miljö som den befinner sig i och har inget minne från sitt ursprung. Det finns inte olika typer av ozon och ingen ozonmolekyl som är mildare eller mer potent än en annan. Alla ozonaggregat genererar ozon med samma kemiska egenskaper.

Inomhus reagerar ozon huvudsakligen med omättade organiska ämnen i luften men även med material och tillgängliga ytor så som golv, tak, väggar, textilier och möbler. Den helt dominerande processen som får ozonhalten att sjunka är kemiska reaktioner där ozonet förbrukas. Ozon reagerar lätt med omättade (en eller flera dubbelbindningar) flyktiga organiska kolväten (VOCer). Då bildas en ostabil molekyl som faller sönder till mycket reaktiva radikaler som reagerar vidare och startar nya reaktionskedjor. Omättade kolväten finns exempelvis i matolja, isopren (i t.ex. gummi och ekträ), limonen (i t.ex. citrusfrukter, rengöringsmedel), pinen (barrträprodukter) och styren (vissa plaster och gummi). Dessa reaktionskedjor skapar produkter som inte behöver lukta starkt men är irriterande, exempelvis aldehyder (t.ex. formaldehyd), ketoner och organiska syror. Ozonreaktionerna innebär också att speciellt gummi- och plastmaterial bleks, åldras och blir sprödare. Med VOCer utan dubbelbindning reagerar ozon långsamt.

Ozonreaktionerna kan också initiera partikelbildning när molekyler i gasfas bryts ner till produkter med lägre ångtryck. Små partiklar kan nå långt ner i lungorna och har negativa hälsoeffekter.

Förenklat kan man säga att ozon omvandlar en del illaluktande ämnen till irriterande ämnen. Ozon kan användas effektivt i vattenrening men detta ska inte förväxlas med luftrening då det är en helt annan process.

Luftbehandling

Många tillbringar huvuddelen av sin tid inomhus. Luftbehandling är en stor industri och används bland annat i bostäder, skolor, arbetsplatser, kollektivtrafik, vårdinrättningar och affärer.

Boverket skriver i byggreglerna ⁴

6:22 Egenskaper hos luft som tillförs rum

Byggnader ska utformas och deras installationer ska utformas och placeras så att halten av föroreningar i tilluften inte är högre än gällande gränsvärden för uteluft. Luft som tillförs rum får inte behandlas på ett sätt som medför att luften efter behandlingen är av sämre kvalitet än den uteluft som tillförs ventilationssystemet. (BFS2014:3).

Ozonbehandling

Mot privatpersoner i tidningar och online marknadsförs ozon hårt som en universalmetod för att ta bort obehaglig lukt, mögelsporer, mikroorganismer och även som en metod för att behandla och ta bort orsaken till luktproblem. En eller upprepade ozonbehandlingar i ett tillslutet utrymme skall oxidera organiska föreningar, luktämnen, bakterier, mögel, virus osv. men även permanent behandla de obehagliga lukternas källa.

Olika tillverkare har namngett och saluför ozonaggregaten under olika namn. Ordet ozon undviks ofta i marknadsföringen, istället används exempelvis aktivt syre eller syreplattor. Reklamen kan misstas för redaktionellt material och ofta har annonserna nöjda användare som beskriver sina upplevelser av produkten efter en kort tids användning.

Ozonaggregaten skall enligt reklamen användas av lekmän i exempelvis kök, badrum, källare, garage, vind, kryppgrunder och fordon. Instruktionerna hur en ozonbehandling ska gå till är ofta bristfälliga. På ozonaggregatet är det ofta endast storleken på utrymmet som ska behandlas som kan ställas in, alternativt en odefinierad effektskala utan återkoppling av halt eller exponering. Efter ozonbehandlingen manar tillverkare till ordentlig ventilerings av utrymmet. Kvarvarande ozon och bildade nedbrytningsprodukter minskar med tid och ventilationens omfattning, men det är svårt att få en uppfattning om när halterna är nere på en acceptabel nivå utan att mäta detta. Efter ozonbehandling kan utrymmet upplevas "rent" men det betyder inte att det nödvändigtvis blir en hälsosam miljö att vistas i.

IVL Svenska Miljöinstitutet har tillsammans med Lunds Universitet undersökt olika saneringsmetoder för att bli kvitt mögel på byggnadsmaterial⁵. Ozonbehandling var en av de metoder som undersöktes och ingen av de undersökta metoderna kunde ta bort mögelväxt på byggmaterialen eller de toxiner som bildats av mögel.

Det finns ett flertal saneringsfirmor som använder ozon för att exempelvis reducera obehaglig lukt från lösöre. Behandlingen utförs då i ett väl tillslutet specialutrymme. För att kunna dosera lämplig ozonmängd krävs grundliga kunskaper om olika material och behandling.

Ozon accelererar åldrandet av material så som plast och textilier. Riksantikvarieämbetet⁶ konstaterar att konserveringslitteraturen är överens om att ozon är ett starkt oxiderande medel och därmed en luftförorening som inte bör komma i kontakt med konst- och kulturhistoriskt material.

Ozon används industriellt som brandskydd för att behandla exempelvis stekos i ventilationen i storkök och restauranger, eller för att minska störande lukt från exempelvis fodertillverkning och rengöringsprocesser. En behandling är då att oxidera VOCer (flyktiga organiska ämnen) till partiklar i en frånluftskanal eller separat anläggning som behandlar frånluften och där partiklarna sedan fälls ur luften elektrostatiskt.

Det finns även luftbehandlingsaggregat med ozon att placera i tilluftskanaler eller som kontinuerlig luftbehandling. Även om ozonhalterna är lägre innebär det istället en ständig förhöjd exponering av ozon och nedbrytningsprodukter för allt och alla som vistas i lokalerna.

Efter flera patientärenden där hög ozonexponering misstänkts orsaka skadorna, sammanställde nyligen Arbets- och miljömedicin på Sahlgrenska Universitetssjukhuset en rapport angående hälsoeffekter av ozon i inomhusmiljö.⁷ Rapporten fokuserade speciellt på sotare som i sin yrkesroll kan exponeras för höga koncentrationer i samband med sitt arbete med ventilationsanläggningar i exempelvis storkök. Två slutsatser är att riskerna för ozonexponering i många miljöer måste minska och att ozonanläggningar har fallit mellan

stolarna för olika regelverk och tillsynsmyndigheter. Giftinformationscentralen fick mer än en fördubbling av frågor om ozon 2019 jämfört med 2018.

Jonisation

En annan teknik som används i luftrenare är jonisation av luft. Tekniken är energisnål och kan påverka stora luftvolymmer och används i tilluften till lokaler som skolor, kontor och affärslokaler. Även om det är en välanvänd teknik finns det fortfarande frågor om effektivitet på gaser och risken att det bildas ozon som biprodukt.⁸

En jon är en positivt eller negativt laddad atom eller molekyl. Joner i luft definieras ofta som alla atomer, molekyler och molekylkluster i luften vars rörelse påverkas av elektriska fält på grund av sin laddning. Jonen neutraliseras när den kommer i kontakt med ytor som har motsatt laddning eller är jordade. Inomhus finns ofta en stor mängd yta i förhållande till luftvolym.

Luftrenare använder ofta koronaurtladdning för att skapa negativa alternativt positiva joner (unipolär jonisering) eller samtidigt både negativa och positiva (bipolär jonisering). I processen för att ladda luften finns även risk att skapa ozon. Genom att ladda partiklar i luften som sedan drar sig mot och deponeras på ytor kan i vissa fall mängden partiklar i luften minskas, men luftrenare med jonisation har en liten effekt på att bryta ner organiska ämnen i luft. Det finns luftrenare som använder jonisation både utan och ibland även med kolfilter nedströms som då kan skydda mot ozon.

Arbetsmiljöverket har nyligen tagit fram en kunskapssammanställning om mobila luftrenare för att reducera dammhalten i luften vid byggnadsarbeten. De summerar sitt arbete i sex punkter.⁹

1. Det är viktigt att sätta in åtgärden så nära källan som möjligt.
2. Under vissa förutsättningar minskar mobila luftrenare mängden partiklar i luften men det är viktigt att vara medveten om att de sällan skyddar mot gaser.
3. Bipolär jonisering påverkar inte partikelkoncentrationen mer än effekten av apparatens inbyggda filter.
4. Unipolär jonisering kan minska partikelkoncentrationen i luften om ytorna rengöras ofta.
5. Det är viktigt att inte ozon bildas.
6. Själva användningen av olika luftrenare på en arbetsplats kan göra att luftens kvalitet upplevs bättre och därför bör även objektiva mätningar göras. Luftföroreningar kan vara skadliga utan att man kan bedöma det med sina sinnen.

Fogging

En metod att åtgärda dålig lukt med mera kallas fogging. Metoden innebär att en portabel eller stationär rökmaskin skapar en dimma av små droppar från en vätska. Vätskan är ofta en alkohol eller annat lösningsmedel. De små vätskedropparna kan lösa in gaser och partiklar och därefter falla ner på tillgängliga ytor, avdunsta till gas och ventileras ut. Fogging utförs typiskt av en saneringsfirma där operatören behandlar ett utrymme iklädd skyddsutrustning.

Fogging med desinficeringsmedel har utvärderats som metod att desinficera exempelvis operationsalar eller andra utrymmen inom vården, men har brister då den inte är effektiv för områden som inte exponeras direkt och samtidigt har negativa hälsoeffekter på de som sedan ska vistas i lokalerna. I känsliga utrymmen är det viktigt att följa etablerade rengöringsrutiner och mekaniskt torka av ytor med desinficeringsmedel.

En utförare av fogging beskriver att de ”använder oxiderande kemikalier, vilket betyder att de förångas”. En molekyls oxiderande egenskaper kan beskrivas som dess förmåga att bryta ner andra ämnen men om ett ämne förångas eller inte beror på molekylens ångtryck relativt sin omgivning. En annan utförare hävdar att ”glykolen kommer att omvandlas till alkohol”. Glykol är dock en alkohol.

Vaportek

Vaportek® behandlingen består av en blandning av oljor från växtriket och marknadsförs som en ozon- och aerosolfri metod för att neutralisera obehaglig doft. Enligt säkerhetsdatabladet är huvudingrediensen limonen som är en välanvänd tillsats i många hushållsprodukter som vi känner igen som citrusdoft. Andra flyktiga organiska ämnen i produkten är olika andra terpenener som vi förknippar med doften av växtlighet som till exempel doften när man sågar i en furubräda. Den obehagliga doften kommer kamoufleras av vad som uppfattas som en behagligare doft. Tillverkaren poängterar att metoden inte ska användas tillsammans med ozonalstrande utrustning. Orsaken till detta är att ozon är en stark oxidant för dubbelbindningar i de gasformiga terpenmolekylerna och kommer att starta en kraftig och oönskad partikelbildning.

Att åtgärda luftkvalitet inomhus

Att använda ozon för hemmabruk mot dålig luftkvalitet inomhus rekommenderas inte. Orsaken till obehaglig lukt varierar och åtgärden måste anpassas till orsaken¹. Mögellukt i en källare har en annan orsak och åtgärd än röklukt efter en eldsvåda. Att medvetet tillföra ozon och riskera utsätta sig själv och alla material omkring sig för en kemisk cocktail är något vi i alla andra sammanhang gör allt för att undvika.

Den som tror sig åtgärda problem med exempelvis mögel i en sommarstuga med ett ozonaggregat, riskerar att utsätta både sig själva och andra för ozon, en stor mängd oönskade nedbrytningsprodukter och samtidigt förvärra situationen genom att skjuta upp åtgärden för att ta bort ursprungsproblemet. Mögel åtgärdas enklast genom att ta bort fuktkällan och ersätta eller rengöra angripet material. Det finns ingen enkel universell genväg som löser problemet på längre sikt.

RISE Research Institutes of Sweden AB

Kemi, biomaterial och textil – Kemisk och biologisk säkerhet

Dokument skrivit av

Granskat av

Eva Emanuelsson

Marcus Gjertz

Referenser

Nedan listas ett antal lättillgängliga svenska källor. Eftersom ozon är en så välkänd och potent luftförorening finns det en stor mängd granskad främst engelskspråkig vetenskaplig litteratur och publikationer, exempel ^{10–15}. Länk även till EPA United States Environmental Protection Agency som har en bra sammanställning om ozonaggregat som säljs som luftrenare <https://www.epa.gov/indoor-air-quality-iaq/ozone-generators-are-sold-air-cleaners>

1. Lundin, A. Ozonbehandling mot lukter? Swesiaqs Nyhetsbrev nr 71. SWESIAQ - Swedish Chapter of International Society of Indoor Air Quality and Climate, 2020.
2. Luftguiden - Handbok om miljö kvalitetsnormer för utomhusluft. 2019:1 Version 4. Naturvårdsverket, 2019.
3. *Hygieniska gränsvärden. AFS 2018:1* (2018).
4. Boverkets byggregler (2011:6) –föreskrifter och allmänna råd, BBR. Boverket, 2011.
5. Bloom, E., Must, A., Åmand, L., Peitzsch, M. & Larsson, L. Sanering av mögelskador. IVL Rapport B1898. IVL Svenska Miljöinstitutet AB, 2010.
6. Bergstrand, M., Thuresson, K. & Nilén, L. Ozonsanering som behandlingsmetod för konst- och kulturhistoriskt material. En förstudie. Riksantikvarieämbetet, 2013.
7. Almerud, P., Andersson, E., Brisman, J., Tinnerberg, H. & Wramdemark, Å. Ozon i ventilationskanaler, inomhusmiljö och hälsoeffekter. Rapport från Arbets- och miljömedicin nr 165. Arbets- och miljömedicin, Sahlgrenska Universitetssjukhuset, 2020.
8. Kempe, M. Jonisering av inomhusluft. En intressant luftreningsteknik med många frågetecken. Yrkeshögskolan Novia, 2012.
9. Pagels, J. *et al.* Airborne Dust Removal using Mobile Air Cleaners in the Construction Sector. Kunskapssammanställning 2019:5. Arbetsmiljöverket, Sweden, 2019.
10. Boeniger, M. F. Use of ozone generating devices to improve indoor air quality. *American Industrial Hygiene Association journal* **56**, 590–598; 10.1080/15428119591016827 (1995).
11. Foarde, K. K., Vanosdell, D. W. & Steiber, R. S. Investigation of Gas-Phase Ozone as a Potential Biocide. *Applied Occupational and Environmental Hygiene* **12**, 535–542; 10.1080/1047322X.1997.10390043 (1997).
12. Guo, C., Gao, Z. & Shen, J. Emission rates of indoor ozone emission devices: A literature review. *Building and Environment* **158**, 302–318; 10.1016/j.buildenv.2019.05.024 (2019).
13. Kruza, M., Lewis, A. C., Morrison, G. C. & Carslaw, N. Impact of surface ozone interactions on indoor air chemistry: A modeling study. *Indoor Air* **27**, 1001–1011; 10.1111/ina.12381 (2017).
14. Poppendieck, D., Hubbard, H., Ward, M., Weschler, C. & Corsi, R. L. Ozone reactions with indoor materials during building disinfection. *Atmospheric Environment* **41**, 3166–3176; 10.1016/j.atmosenv.2006.06.060 (2007).
15. Weschler, C. J. Ozone in indoor environments: concentration and chemistry. *Indoor Air* **10**, 269–288; 10.1034/j.1600-0668.2000.010004269.x (2000).