

Ventilasjon og luftkvalitet i svømmeanlegg

Therese B. Nitter, Senter for idrettsanlegg og teknologi

2018

Hvorfor skal vi ventilere?

Luften i svømmehallen er fuktig, varm og inneholder flere flyktige desinfiseringsbiprodukter (DBPer). Dette kan gi byggetekniske utfordringer ettersom det øker faren for fukt, råte og korrosjon. Flyktige DBPer og legionella i aerosoler etter avdamping fra vannet er også en helsemessig utfordring for mennesker [1]. I henhold til den norske bassengbadforskriften skal fremvekst av legionella forebygges [2, 3] og er normalt ikke et problem for luftkvaliteten så lenge det ikke er påvist legionellasmitte hos de badende [1, 4]. Dersom klor benyttes som desinfiseringsmiddel kan utilstrekkelig ventilasjon medføre opphopning av bundet klor (først og fremst triklorammin (NCl_3)) og trihalometaner (THM) i luften. Konsentrasjonen vil være høyest i sjiktet over vannflaten [1, 5], og ved høye konsentrasjoner utgjør disse forbindelsene en potensiell helsefare [3]. Dette gjelder særlig ved regelmessig eksponering for NCl_3 , ettersom forbindelsen er funnet å øke sannsynligheten for å utvikle irritasjoner både i hud, øyne og luftveier [6-8]. For å sikre god luftkvalitet i norske svømmeanlegg er det viktig å ta hensyn til både helse og termisk komfort. Vi bygger for mennesker, og ivaretagelse av menneskers helse bør alltid prioriteres først.

Her forklares hva som er ment med luftkvalitet, hvilke retningslinjer vi har for luftmengder i svømmeanlegg i Norge og i utlandet, samt hvilke kunnskapshull vi må dekke for å sikre et godt inneklima. Hensikten med dette er å øke fokus på luftkvalitet i norske svømmeanlegg slik at vi er bedre rustet til å ta gode avgjørelser når vi vet hvilke krav vi har å forholde oss til, men også hvilke utfordringer vi må ta hensyn til.

Arbeidsmiljølovens krav for å ivareta arbeidstaker

Vern mot eksponering for helseskadelige agens og krav til inneklima

Mennesker tilbringer omtrent 90 % av tiden innendørs og god luftkvalitet i de bygg hvor vi oppholder oss er derfor av stor betydning for vår helse. Luftkvaliteten kan påvirkes av byggematerialer, interiør, mennesker, arbeidsaktiviteter og prosesser, renhold, vedlikehold og ventilasjon [9]. Alle arbeidstakere i Norge er beskyttet av arbeidsmiljøloven som gjennom egne forskrifter stiller krav til blant annet kjemiske og biologiske forurensinger, samt til inneklima og luftkvalitet [10]. Av relevans for svømmehallen stilles det i forskrift om tiltaks- og grenseverdi (best. nr. 704) krav til åtte timers maksimal yrkeseksponering for to flyktige DBPer (THM), kalt kloroform og bromoform på henholdsvis 10 mg/m^3 og 5 mg/m^3 [11], men det er ikke satt noen grenseverdi for eksponering for andre DBPer i luften.

Å ventilere innebærer å fjerne eller fortynne konsentrasjonen av forurensinger og erstatte dette med filtrert uteluft. Flere av stoffene i svømmehallen øker effekten av hverandre ettersom de bidrar til samme type plager (som hudirritasjoner og kløende øyne). Av arbeidstilsynets veiledning om inneklima (best.nr 444) skal dette kompenseres for ved å øke luftmengden og luftutskiftningen proporsjonalt med antall stoffer som er i et toksikokinetisk samspill med hverandre. I henholdt til veiledning best.nr 444 skal ventilasjonsbehovet vurderes ut fra følgende tre klasser med forureningsbidrag;

- a) Personbelastning
- b) Bygning, interiør og installasjoner
- c) Arbeid og prosess

Samlet ventilasjonsbehov skal være summen av beregnet behov fra a), b) og c). Dersom c) krever en luftmengde som er vesentlig større enn a) og b) er det kun c) det skal tas hensyn til [9].

Forureningsbidrag	Anbefalt luftmengde (friskluft)
Personbelastning ¹	7- 10 l/s (25,2 – 36 m ³ /t)
Bygningsmaterialer ²	
Normale byggematerialer uten sterk lukt	2 l/s pr.m ² (7,2 m ³ /t pr.m ²)
Materialer med dokumentert lav emisjon	0,7 l/s pr.m ² (2,52 m ³ /t pr.m ²)
Prosess ³	Beregnes ut fra spesifiserte krav

¹ Ved fysisk hardt arbeid øker luftbehovet, ² Ventilasjonen bør økes i rom uten vindu til å åpne og på steder hvor det holdes høyere lufttemperatur enn 22 ° C om vinteren, ³ Enhver forurensende aktivitet tilsier et tillegg i luftmengde dersom ikke effektive tiltak hindre utslipp til luften. Nødvendig luftmengde må beregnes ut fra spesifiserte krav til forureningskonsentrasjon

Svømmehallens mange brukergrupper stiller ulike krav til lufttemperatur og luftfuktighet. Fuktige badegjester taper varme til omgivelsene ved at fukt på huden fordampes mot luftens våtkuletemperatur, noe som påvirker opplevelsen av termisk komfort. For å redusere avdampingen fra fuktig hud er det, i henhold til SINTEF Byggforsks blad 552.315, anbefalt å holde temperaturen i rommet mellom 1 °C og 3 °C høyere enn i bassengvannet [12, 13].

I en nylig publisert studie ble det konkludert med at luftutskiftningen i pustesonen til brukerne var lav og at mesteparten av frisklufttilførselen sirkulerte i de øvre deler av bygget [14]. Romvolumet i svømmehallen er stort og avtrekksluften inneholder store mengder vann og spesifikk entalpi ettersom vann evaporerer fra bassenget og over til omgivelsene. Varmen fra evaporasjonen er vanskelig å erstatte. For å spare energikostnader knyttet til oppvarming er det i dag nødvendig å resirkulere store mengder luft [15]. Behovet for resirkulert luft avhenger både av brukernes krav til komfort, men også av kostnader knyttet til regulering av temperatur og behov for å redusere fuktigheten i luften [16] [17]. I henhold til SINTEF Byggforsk bør luften i norske svømmeanlegg skiftes ut mellom fire til syv ganger per time. For terapibasseng, hvor vanntemperaturen er høyere, bør luften i rommet skiftes ut mellom åtte og ti ganger per time [15]. Med luftvekslinger per time menes summen av friskluft og omluft. Lufthastigheten ved vannflaten spiller en avgjørende rolle for hvor mye vann som

fordamper fra bassenget og det anbefales at det i praksis benyttes strengeste av følgende forslag for tilført friskluftmengde:

- 1,4 l/s pr.m² grunnflate (vannflate + gulv)
- 2,8 l/s pr.m² vannflate

For å forhindre avdamping anbefaler SINTEF Byggforsk at lufthastigheten over vannflaten ikke overstiger 0,15 m/s [15]. I Sverige er anbefalt lufthastighet over vannflaten på minimum 0,20 m/s ved normal drift [13].

Luften i svømmehallen skal filtreres. Filtrene hindrer partikler og svevestøv i å entre rommet, men stopper vanligvis ikke gasser og damper [9]. Det betyr at, selv om svevestøv og andre større partikler tas bort når omluften passerer filteret, forblir gassene i luften og resirkuleres derfor tilbake til hallen [7]. Luften tilføres som oftest opp langs vindusfasaden, og ikke i sonen hvor brukerne oppholde seg [18]. Dette, sammen med at ventilasjonsbehovet dimensjoneres basert på relativ luftfuktighet, lufttemperatur og normer for friskluft er ikke nødvendigvis forenlig med *luftkvalitet* ettersom luftmengden ikke styres etter konsentrasjonen av flyktige, helseskadelige DBPer.

Har vi kontroll på luftkvaliteten?

I Arbeidstilsynets best.nr 444 står det at det at det ikke er fastsatt grenseverdier og normer for alle forurensinger som kan befinne seg i luften. Selv om kravene i forskrift til yrkeseksponering overholdes er ikke dette nødvendigvis synonymt med god luftkvalitet [9]. Dette er trolig tilfelle for luftkvaliteten i svømmehallen. I tidligere studier hvor det er foretatt luftmålinger av blant annet kloroform, er det målt konsentrasjoner i intervallet fra 20 µg/m³ til 641 µg/m³ [19-21], noe som er langt under tillatt grenseverdi på 10 000 µg/m³ i best. nr. 704. Likevel ble det, i de samme studiene, målt konsentrasjoner av NCl₃ opp mot 1150 µg/m³, noe som er 2,3 ganger høyere enn anbefalt av WHO og i Nederland, og omtrent fire ganger høyere enn anbefalt i Frankrike [1, 22, 23]. Siden 2013 har det vært jobbet med å revidere den norske bassengbadforskriften fra 1996, og denne planlegges å være publiseringssklar i løpet av 2019. Planen er her å stille krav til øvre tillatte konsentrasjon av THM og bromat i vann, men det er ikke planlagt å sette grenseverdier for andre DBPer hverken i vannet eller i luften.

Ulike land – ulike krav til luftkvalitet

Med unntak av forslagene til friskluft og luftutsiftning angitt av SINTEF Byggforsk og kravene i arbeidsmiljøloven, stilles det ingen nyanserte krav til luftkvalitet i Norske svømmeanlegg. I Norge reguleres konsentrasjonen av bundet klor i vann [2], men dette gir ingen garanti for at konsentrasjonen av NCl₃ i luften forblir under 0,5 mg/m³ som anbefalt av WHO [24]. I tabell 1 er noen anbefalinger vedrørende luftbevegelser i svømmehallen, fra ulike land, listet opp. Frankrike er kanskje det landet i Europa som stiller flest kvantitative krav til luftkvalitet.

Tabell 1: Anbefalinger til kontroll av luftkvalitet i svømmeanlegg

Land / organisasjon	Luft-hastighet ved vannflaten (m/s)	Friskluft per badende (m ³ /t)	Friskluft vannflate (l/s m ²)	Friskluft gulvflate (l/s m ²)	ACH ²	Kilde
Norge (SINTEF Byggforsk) ¹	< 0,15	-	2,8 (10 m ³ /t)	1,4	4-7 (8-10 for terapibad)	[15]
Frankrike		60				
Sverige	> 0,20		2,8 (praksis)			[17, 25]
Quebec			2,5 (9 m ³ /t) (bassengareal)		4-6	[26]
WHO			10 (36 m ³ /t)			[1]
ASHRAE			0,5 cfm/ft ² (pool deck area)			[24]

¹SINTEF Byggforsk lager forslag til beste praksis. Det er ikke lovpålagt å følge disse, ²Med ACH menes hvor mange ganger luften skiftes ut i rommet, per time.

Hvorfor mester ikke dagens teknologier og strategier å sikre et godt innelima?

Ventilasjon og luftkvalitet i svømmeanlegg behandles ofte som to uavhengige variabler. Ingeniører og forskere som har kjennskap til ventilasjon, har lite kjennskap til DBPer og fokuserer ofte utelukkende på lufttemperatur, luftfuktighet og energikostnader [27, 28]. Forskere som er opptatt av DBPer og helsen til de eksponerte kommenterer/konkluderer ofte med at det er utilstrekkelig ventilasjon som er årsaken til høye luftforurensinger [29-32] uten å oppgi informasjon om ventilasjonsstrategi, luftbevegelser eller lufthastighet. I flere artikler står det at hvilke ventilasjonsstrategi som er nødvendig for sikre god luftkvalitet bør studeres nærmere [18, 33]. Selv om det i flere studier konkluderes med at inhalasjon er den viktigste eksponeringsveien ved opphold i svømmeanlegg [34, 35], finnes det begrenset litteratur om hvilke lufthastigheter, ventilasjonsstrategier og luftutskiftninger som er nødvendig for å fortynne og fjerne konsentrasjonen av forurensinger i pustesonen til de badende.

Det er dokumentert at det er nødvendig å tilføre store mengder uteluft for å redusere konsentrasjonen av flyktige DBPer [24], men dette forutsetter da at friskluften tilføres i pustesonen, og ikke bare sirkulerer i øvde del av svømmehallen hvor folk ikke oppholder seg. Svømmeanleggene bør kategoriseres og det bør stilles særskilte krav til luftutskiftninger og tilførsel av friskluftsmengder avhengig av variablene størrelse, brukertetthet og aerosolavgivende aktiviteter (bølgebasseng, stupetårn, rutsjebaner osv). Det finnes i dag ulike filtertyper som mestrer å adsorbere gasser, men disse taper fort sin virkningsgrad i svømmehallens fuktige og varme miljø. Vi må tenke nytt når det kommer til ventilasjonsstrategi og vi må utfordre leverandørene av filter og ventilasjonsanlegg til å

forske på nye filterløsninger slik at vi sikrer at selv sårbare brukere ikke tar skade av eksponering.

Referanser

1. World Health Organization *Guidelines for safe recreational water environments volume 2 swimming pools and similar environments*. 2006.
2. Helse- og omsorgsdepartementet. *Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu m.v.* 1996; Available from: <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1996-06-13-592>.
3. Ministry of Health Australia, *Public Swimming Pool and Spa Pool Advisory Document*. 2013.
4. Socialstyrelsen, *Bassängbad Hälsorisker, regler och skötsel*. 2006.
5. Nitter, T.B., et al., *Comparison of trihalomethanes in the air of two indoor swimming pool facilities using different type of chlorination and different types of water*. *Water Science and Technology: Water Supply*, 2017. **18**(4): p. 1350-1356.
6. N. Massin, A.B., P. Wild, M Hery, JP. Toamain, G. Hubert, *Respiratory symptoms and bronchial responsiveness in lifeguards exposed to nitrogen trichloride in indoor swimming pools*. 1998: p. 258-263.
7. Hery, M., et al., *Exposure to chloramines in the atmosphere of indoor swimming pools*. *The Annals of Occupational Hygiene*, 1995. **39**(4): p. 427-439.
8. Jacobs, J.H., et al., *Exposure to trichloramine and respiratory symptoms in indoor swimming pool workers*. *European Respiratory Journal*, 2007. **29**(4): p. 690.
9. Arbeidstilsynet, *Klima og luftkvalitet på arbeidsplassen*. 2016.
10. Arbeidsmiljøloven, *Lov om arbeidsmiljø, arbeidstid og stillingsvern mv. (arbeidsmiljøloven)*, A.-o. sosialdepartementet, Editor. 2016.
11. Arbeidstilsynet, *Forskrift om Tiltaks- og grenseverdier*. 2016, Arbeidstilsynet.
12. Piotr Koper, B.L., Wojciech Michnol, *Assessment of thermal comfort in an indoor swimming-pool making use of the numerical prediction CFD*. *Architecture Civil Engineering Environment*, 2010. **3**: p. 95-104.
13. Social- och hälsovårdens produkttilsynscentral, *Sanitära anvisningar om inomhusluft och ventilation i simhallar och badanläggningar*. 2008.
14. Lebon, M., et al., *Numerical analysis and field measurements of the airflow patterns and thermal comfort in an indoor swimming pool: a case study*. *Energy Efficiency*, 2017. **10**(3): p. 527-548.
15. SINTEF Byggforsk, *Ventilasjon og avfukting i svømmehaller og rom med svømmebasseng*. 2003.
16. Bessonneau, V., et al., *Determinants of chlorination by-products in indoor swimming pools*. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 2011. **215**(1): p. 76-85.
17. Johansson, L. and L. Westerlund, *Energy savings in indoor swimming-pools: comparison between different heat-recovery systems*. *Applied Energy*, 2001. **70**(4): p. 281-303.
18. Emanuel, B.P., *The relationship between pool water quality and ventilation*. *Journal of Environmental Health*, 1998: p. 17-20.
19. Tardif, R., et al., *Assessment of air and water contamination by disinfection by-products at 41 indoor swimming pools*. *Environmental Research*, 2016. **148**: p. 411-420.
20. Susan D. Richardson, D.M.D., Manolis Kogevinas, Pilar Fernandez, Esther Marco, Carolina Lourencetti, Clara Ballesté, Dick Heederik, Kees Meliefste, A. Bruce McKague, Ricard Marcos, Laia Font-Ribera, Joan O. Grimalt, Cristina M. Villanueva, *What's in the Pool? A Comprehensive Identification of Disinfection By-products and Assessment of Mutagenicity of Chlorinated and Brominated Swimming Pool Water*. *Environmental Health Perspectives*, 2010. **118**(11): p. 1523-1530.

21. Chloé Le Cossec, A.-M.L., Alain Person, Isabelle Rouvié-Laurie, Claude Beaubestre, *Trichloramine and trihalomethanes concentrations in air or water of Paris indoor swimming pools and impact of different water treatment methods*. Pollution Atmospherique 2016. **228**.
22. Milieu, R.v.V.e., *Normen en methoden voor kwaliteitsparameters in het te wijzigen Besluit hygiëne badinrichtingen en zwemgelegenheden*. 2014.
23. French Agency for Food, E.a.O.H.S., *Évaluation des risques sanitaires liés aux piscines, in Partiel: piscines réglementées*. 2010, Anses: AVIS de l'Afsset.
24. Cavastri, R.C., *Chemical Off-Gassing from Indoor Swimming Pools*. ASHRAE Transactions 2009. **115**: p. 502-512.
25. STTV, *Sanitära anvisningar om inomhusluft och ventilation i simhallar och badanläggningar*. 2008.
26. Dyck, R., et al., *Trihalomethane exposures in indoor swimming pools: A level III fugacity model*. Water Research, 2011. **45**(16): p. 5084-5098.
27. Asdrubali, F., *A scale model to evaluate water evaporation from indoor swimming pools*. Energy and Buildings, 2009. **41**(3): p. 311-319.
28. Sun, P., et al., *Analysis of indoor environmental conditions and heat pump energy supply systems in indoor swimming pools*. Energy and Buildings, 2011. **43**(5): p. 1071-1080.
29. Thickett, K.M., et al., *Occupational asthma caused by chloramines in indoor swimming-pool air*. European Respiratory Journal, 2002. **19**(5): p. 827.
30. Kaydos-Daniels, S.C., et al., *Health effects associated with indoor swimming pools: A suspected toxic chloramine exposure*. Public Health, 2008. **122**(2): p. 195-200.
31. L. B. Bacharier, A.B., K.-H. Carlsen, P. A. Eigenmann, T. Frischer, M. Gçtz, P. J. Helms, J. Hunt, A. Liu, N. Papadopoulos, T. Platts-Mills, P. Pohunek, F. E. R. Simons, E. Valovirta, U. Wahn, J. Wildhabe, *Diagnosis and treatment of asthma in childhood: a PRACTALL consensus report*. Allergy, 2008. **63**: p. 5-34.
32. Anna B. Bowen, J.C.K., Charles Otto, Neely Kazerouni, Connie Austin, Benjamin C. Blount, Hong-Nei Wong, Michael J. Beach, Alicia M. Fry, *Outbreaks of Short-Incubation Ocular and Respiratory Illness Following Exposure to Indoor Swimming Pools*. Environ Health Perspectives, 2006. **115**(2): p. 267-271.
33. Levesque, B., et al., *Investigation of Air Quality Problems in an Indoor Swimming Pool: A Case Study*. The Annals of occupational hygiene, 2015. **59**(8): p. 1085-9.
34. Erdinger, L., et al., *Pathways of trihalomethane uptake in swimming pools*. International Journal of Hygiene and Environmental Health, 2004. **207**(6): p. 571-575.
35. Lévesque, B., et al., *Evaluation of dermal and respiratory chloroform exposure in humans*. Environmental Health Perspectives, 1994. **102**(12): p. 1082-1087.