

Spårgasmätning i kalla vindsutrymmen

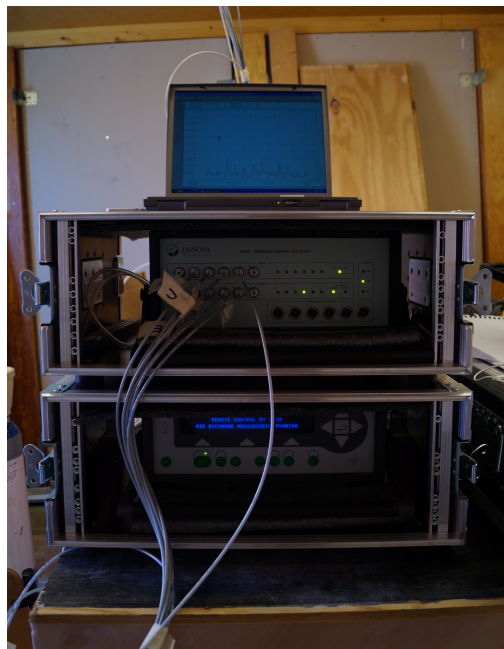
Då kalla vindar i många fall får problem med mögel och fuktskador, särskilt i nya hus med tjock isolering i mellanbjälklaget, behövs metoder och åtgärder för att hantera detta. En av dessa är att mäta luftomsättningen på kalla vindar med hjälp av spårgasteknik, varför en metod för detta har arbetats fram.

Det som kallas kall vind, eller kallt tak, är en vanlig konstruktionslösning i framförallt småhus. En kall vind innebär att takets värmeisolering placeras i mellanbjälklaget medan själva yttertakets endast består av vanligtvis takpannor, papp och råspont. Detta i kombination alltså högre lufttäthet innebär att väldigt lite värme tillåts läcka upp till vinden, varför klimatet där blir kallt. Ett kallare klimat innebär högre relativ fuktighet vilket ökar risken för mögelpåväxt på framförallt råsponten. För att få bort den fuktiga luften och minska risken för mögel är ventilation önskvärd, men för att kunna ventileras i rätt omfattning krävs kunskap om hur stor luftomsättningen faktiskt är i den här typen av konstruktion, varför en metod för att mäta luftomsättningen blir intressant. För att ta reda på luftomsättningen görs en så kallad spårgasmätning. Detta innebär att en känd mängd gas av någon typ som ej finns naturligt i luften doseras ut i ett utrymme, varför koncentrationen gas mäts i förhållande till tiden. När koncentrationen når noll har ett luftutbyte skett, och det tillsammans med tiden det tagit bildar måttet på luftomsättning; antal omsättningar per timme.

Utrustning och testvind

Mätutrustningen som använts består av tre enheter enligt figur 1. Överst syns en PC där programmet 7620 styr inställningar för mätningarna och genererar grafer av mätresultatet. Härifrån kan även mätdata exporteras för vidare analys. I mitten syns en så kallad multiplexor med sex kanaler, varav fyra har använts. I denna del

kopplas dels tuben med spårgas samt slangar för mätning och dosering via de olika kanalerna. Nederst står en monitor som hanterar och lagrar mätdata, samt kommunicerar med den PC som används.



Figur 1. Mätutrustningens tre delar.

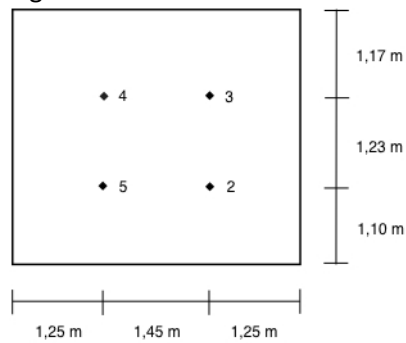
Mätmetoder

För att ta fram en lämplig metod att mäta luftomsättningen i en kall vind har ett antal försöksmätningar utförts som ett första steg. Försöksmätningarna har dels en nödvändig kunskap om hur mätutrustningen fungerar och dels genererat tre mätmetoder valts ut för vidare utvärdering och analys. De tre metoderna som valts är:

- Dosering i samtliga fyra kanaler simultant och kontinuerlig mätning i samtliga kanaler.
- Dosering i en kanal i taget men kontinuerlig mätning i samtliga kanaler.
- Dosering via en kanal till ett t-stycke som fördelar dosen till fyra punkter och kontinuerlig mätning i samtliga kanaler.

För samtliga tre metoder har mätningen pågått i strax över två och ett halvt dygn där dosering har skett i 3 minuter, varpå avklingningen har pågått i 18 minuter.

Mätningen har genomförts med dikväveoxid, ofta benämnt lustgas, som spårgas för samtliga tre metoder. Mätmetod två har även genomförts med svavelhexafluorid som spårgas för att undersöka om några tydliga skillnader föreligger mellan olika gaser. Placering av mät- och doseringspunkterna framgår av Figur 2 nedan.

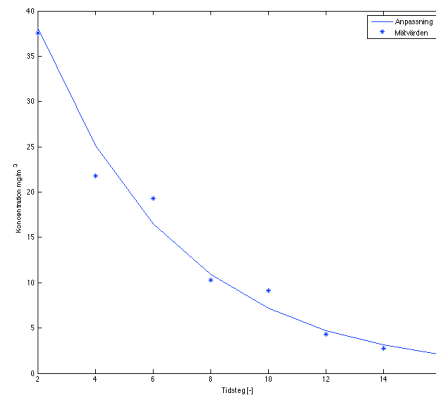


Figur 2. Mät- och dosplacering.

Analys av mätresultat

Då de avklingningskurvor som genereras vid mätningarna är exponentiella till utseendet krävs en matematisk hantering av dessa för att en givande tolkning ska vara möjlig. Kurvornas utseende ges av uttrycket $y = C \cdot e^{-n \cdot t}$ där y anger spårgaskoncentrationen, C är en konstant, n anger luftomsättningen och t anger tiden i antal timmar sedan spårgaskoncentrationen var som högst för den aktuella avklingningskurvan. Anpassningen av mätresultatet görs genom en linjär regressionsanalys, vilket innebär att uttrycket ovan logaritmeras vilket ger en rät linje. En anpassning av denna görs sedan med hjälp av minsta kvadratmetoden, vilket innebär att summan av de residualerna i kvadrat, det vill säga avståndet mellan mätvärden och anpassning, ska bli så litet som möjligt. Hanteringen av det fel som uppstår, då anpassningen är just en anpassning och ingen perfekt modell, blir sedan avgörande för att bedöma mätningens kvalitet. Därför beräknas förklaringsgraden R^2 och korrelationskoefficienten r som både ger ett mått på hur väl anpassningen stämmer överens med mätvärdena. Vidare beräknas det kvadratiske medelfelet, variansen för C och n samt

konfidensintervall för C och n , samtliga för att bedöma anpassningens kvalitet.

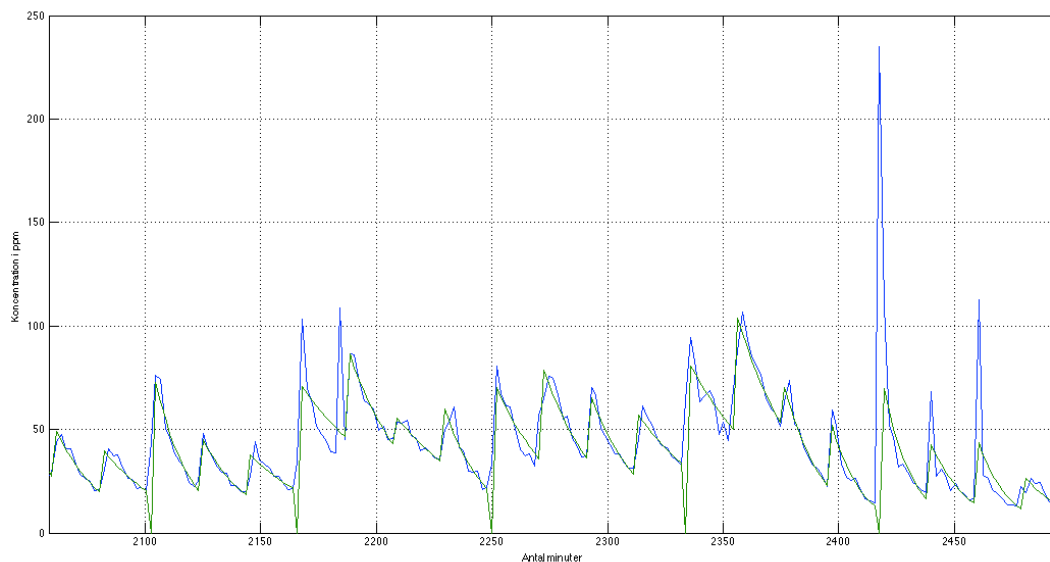


Figur 3. Anpassning med minsta kvadratmetoden. Prickarna anger mätvärden och den heldragna linjen visar anpassningen.

Då mätningen görs med fyra kanaler men syftar till att ge ett värde som representerar hela vindsutrymmet har ett medelvärde bildats av de fyra aktiva kanalerna. Detta medför förvisso en viss utslätning av eventuella avvikelser kanalerna emellan, men anses ge en bättre och mer lätthanterlig bild av hela utrymmet. För att hantera både den stora mängden avklingningskurvor och hanteringen av felet har matlabprogrammet VindAnalys1 tagits fram. Programmet genererar utöver ovanstående även ett antal grafer med förändringen av de olika parametrarna över tid för att lättare kunna utvärdera resultatet.

Resultat

Efter att mätningar med de tre metoderna genomförts och utvärderats kan ett antal slutsatser dras. Först och främst är det tydligt att samtliga tre metoder fungerar och ger rimliga resultat. Det är även uppenbart att en grafisk granskning av resultatet är nödvändig som komplement till de beräknade felparametrarna, då dessa inte alltid ger en korrekt bild av vad som är en bra kurvanpassning och inte. Vid flera tillfällen visar sig till exempel förklaringsgraden, som med ett värde mellan 0 och 1 ska beskriva hur andel av variationen som beskrivs av modellen, få värden långt under 0 samtidigt som en



Figur 4. Detaljvy ifrån mätmetod 2 där den blå kurvan visar det medelvärdesbildade mätresultatet och den gröna visar anpassningen som gjorts i VindAnalys1.

grafisk granskning visar en utmärkt anpassning. Ett exempel på hur anpassningen ser ut visas i Figur 4 ovan.

Efter att ha granskat samtliga mätningar förefaller dock mätmetod 3, med dosering via t-stycken, vara den metod som ger bäst resultat. Denna slutsats baseras på att metod 3 ger ett större antal n med rimliga värden och med ett tätare konfidensintervall. Resultatet är även jämnare med färre avvikande värden än för övriga mätmetoder, samt att korrelationskoefficienter med positivt tecken förekommer i mindre utsträckning i denna metod vilket pekar på en större mängd pålitliga anpassningar. Det bör dock poängteras att resultatet från de olika metoderna inte skiljer sig markant åt utan samtliga tre ger relevanta och rimliga resultat. Jämförelsen mellan spårgaser som gjorts i och med mätmetod 2 visar dikväveoxid förefaller fungera bättre än svavelhexafluorid. Detta då den senare tenderar att ge ett större antal anpassningar med avvikande värden, samt ett stort antal kurvor med väldigt höga startvärden för enstaka mätkanaler. Dessa förekommer utan ett tydligt mönster vilket gör att medelvärdesbildningen ofta ger en något snedvriden bild av mätningen, vilket även ger sämre anpassningar än för övriga mätmetoder.

Slutsatser

Även om samtliga mätmetoder är fungerande, där mätmetod 3 står ut som lite skarpare än övriga, finns det stor potential till förbättring och utveckling för att ta fram en fullt fungerande och pålitlig mätmetod. Framförallt bör yttre parametrar beaktas mer utförligt och utvärderas i förhållande till de övriga resultaten, då detta inte gjorts i samband med de utförda mätningarna. De parametrar som då är intressanta att ta hänsyn till är främst klimatrelaterade så som vindhastighet och vindriktning, temperatur samt tryckfördelning i vindsutrymmet. Ytterligare vidareutveckling kan göras genom att utvärdera fler och annorlunda inställningar av mätutrustningen samt placering av doserings- respektive mätpunkter.

Björn Pettersson
Malmö, juli 2014