

UTREDNING AV SJÄLVDRAGSSYSTEM I BOSTAD

*BILAGA TILL SWESIAQ-MODELLEN -
SWESIAQ'S RÅD VID INNEMILJÖUTREDNINGAR*

Innehållsförteckning

Syfte och översikt	2
Något om de fysikaliska principer som styr självdragsventilationen	3
Metoder för undersökning av självdragssystem	3
Allmänt om strategin för utredning och mätningar	3
Lämpliga mätinstrument och utrustning.....	4
Allmänna råd för mätningar	4
Använd näsan!.....	4
Väderförhållanden.....	5
Notera första luktintryck och väderförhållanden vid varje besök	5
Mätning av tryckförhållanden - differenstrycksmätningar	5
Teströk och spårgas.....	6
Metoder för att undersöka vanliga brister hos självdragssystem.....	6
1. Inledande loggning av temperatur, luftfuktighet och koldioxidhalt	6
Instruktioner till brukarna och deras dagböcker.....	6
Utvärdering av loggade temperatur-, fukt- och koldioxiddata	7
Hur man kan uppskatta luftflöden utifrån CO ₂ -koncentrationer.....	7
2. Förorenad utomhusluft sugs in via uteluftdonen	8
3. Undertrycket i bostaden medför att förorenad luft sugs in från oönskade platser.....	8
4. Bristfälliga punktutsug i kök, WC, dusch/bad.....	9
Allmänt	9
Krav på punktutsugens effektivitet	9
Risker med punktutsug.....	9
5. Låga luftflöden/Bristfällig allmänventilation.....	10
Krav på luftflöden ur hälsosynpunkt	10
Faktorer som påverkar luftflödet och metoder för mätning och undersökning.....	12
Hinder mot luftflödet - Tryckfall.....	13
Metoder för undersökning av luftflöden och hinder mot bra luftväxling.....	15
6. Bostadens fuktillskott tas inte om hand på ett korrekt sätt.	16
7. Bristfällig placering och utformning av uteluftdonen orsakar kyla, drag och buller.....	17
8. Ombyggnation, underhåll, skötsel	17
Referenser	18
Formulär för mätning och bedömning	19

Syfte och översikt

Det här dokumentet är en komplettering till SWESIAQ-modellen, som är SWESIAQs råd för systematisk utredning av orsakerna till inomhusmiljöproblem, dvs. varför brukarna mår dåligt/har besvär i en viss inomhusmiljö. Eftersom orsakerna ofta kan vara luftföroreningar och eftersom den totala luftföroreningshalten – luftkvaliteten – är starkt påverkad av byggnadens ventilationssystem, så är en utredning av ventilationssystemets funktion en viktig del av en inomhusmiljöutredning. Dokumentet syftar till att ge råd om utredning av hur självdragsventilation påverkar inomhusmiljön.

En ventilationsutredning behöver inte nödvändigtvis utföras av inomhusmiljöutredaren själv, det viktiga är att det är en person som är väl insatt i den komplicerade självdragsproblematiken och hur den ska undersökas. Men en ventilationsutredning ersätter inte en inomhusmiljöutredning. Av en inomhusmiljöutredare krävs en bred kompetens, bl.a. att kunna bedöma olika emissionskällor och även alla övriga faktorer som kan påverka inomhusmiljöproblem. Bedömning och mätvärden måste alltid *sättas i relation till brukarnas besvär* och vad som enligt forskning och erfarenhet anses kunna orsaka besvären.

Dokumentet vänder sig i första hand till inomhusmiljöutredare eller personer som specialiserat sig på utredning av brister hos ventilationsanläggningar. Men vi tror att det även kan komma till nytta för fastighetsägare (bl.a. vid beställning av en utredning), brukare och tillsynsmyndigheter.

Råden gäller i första hand bostäder. I arbetslokaler krävs ofta högre luftflöden än vad ett självdragssystem klarar av. Det finns två typer av självdragssystem:

- I *centraliserade* system förs frånluften ut via don i kök och badrum
- I *decentraliserade* system finns ett frånluftsdon i varje rum.

Dokumentet refererar i första hand till centraliserade system men det mesta går att tillämpa även vid decentraliserade system.

Brister hos självdragssystemet kan försämra inomhusmiljön på olika sätt, direkt eller indirekt:

- **Förorenad utomhusluft** sugas in i bostaden via ventilationssystemet
- Pga. det **undertryck** som ventilationssystemet skapar, sugas förorenad luft in från olika byggnadsdelar: från klimatskalet, från krypgrund, trapphus, garage osv.
- Problem orsakade av **bristfälliga punktutslug** i framförallt kök, WC/dusch/bad/tvätt
- **Låga luftflöden**/Bristfällig allmänventilation ger otillräcklig utspädning av emissioner som alstras i bostaden, t.ex. från människor, värmekällor, byggnadsmaterial, inventarier, verksamheter
- Bostadens **fukttillskott** tas inte hand om på ett korrekt sätt. Olämpliga tryckförhållanden och diffusion medför att kondens och fuktskador uppstår i klimatskal eller andra byggnadsdelar.
- Bristfällig utformning eller placering av uteluftdonen orsakar **kyla, drag och buller**.
- Anläggningen måste **underhållas och skötas** och en eventuell **ombyggnation** av bostaden får inte förstöra anläggningens funktion.

Dokumentet är uppställt på följande sätt:

- Kort om de fysikaliska principer som självdragsventilationen bygger på
- Allmänt om strategier, mätinstrument, utrustning och mätmetoder
- Bakgrund och metoder för att undersöka de olika bristerna ovan
- Referenslista
- Ett *Formulär* för mätningar/undersökningar av självdragssystem.

Beskrivningarna av de olika typiska bristerna ovanför har i huvudsak samma numrering som i formuläret. I texten finns hyperlänkar till undersökningsmoment i formuläret, t.ex. [\(5g\)](#) eller till moment i bakgrund/metoder, t.ex. [Bakdrag](#). Hoppa till olika avsnitt med Ctrl+Klick. Man kan hoppa mellan de numrerade rubrikerna i bakgrund/metoder och motsvarande rubriker i formuläret. Referenser är noterade så här i texten: **(14)**.

Något om de fysikaliska principer som styr självdragsventilationen

Beroendet av utetemperatur och vind

Ett idealiskt självdragssystem har den fördelen att det inte kräver extra energitillförsel och är därför oftast tyst. Luftflödet genom bostaden drivs istället av tryckskillnader inom byggnaden, en kombination [vindens påverkan](#) och det [termiska drivtrycket](#). Lufttrycket är normalt högre utomhus – vid den plats där kall luft sugas in i uteluftdonen – än vid frånluftsdonen inomhus där luften sugas ut. Det är denna tryckdifferens som kallas det termiska drivtrycket. Den orsakas, dels av temperaturskillnaden mellan ute- och innetemperaturerna, dels av höjdskillnaden mellan uteluftdon och skorstensmyrning.

Det termiska drivtrycket, och därmed luftflödet, minskar när temperaturskillnaden inne/ute är liten. Som en tumregel brukar man säga att självdrag fungerar dåligt vid utetemperaturer över +10 °C. Att höjden har betydelse innebär att lägenheter på de nedre planen i ett flerbostadshus får bättre luftväxling än lägenheterna på de översta våningarna. I enplansvillor fungerar självdragsventilationen dåligt.

Vindtrycket har också en stor påverkan på luftväxlingen i självdragshus. När det blåser ute trycks mer luft in genom uteluftventiler och otätheter på vindsidans fasad, samtidigt som mängden luft som sugas in på läsidan minskar. Ofta skapar vinden också ett sug vid skorstensmyrningen (ejektorverkan) som ökar luftväxlingen. Vid lite högre vindstyrkor får vinden större betydelse än det termiska drivtrycket.

Allmänt är självdragssystem mycket beroende av väder och vind och också störningskänsliga. I vissa fall har man i efterhand monterat en fläkt som är i *kontinuerlig drift* för att hjälpa upp luftflödet. I så fall är det inte längre ett självdragssystem och dessa råd är *inte tillämpbara*.

Metoder för undersökning av självdragssystem

Allmänt om strategin för utredning och mätningar

För att bedöma en ventilationsanläggning med självdrag krävs intervjuer med brukarna, olika typer av undersökningar och mätningar. I dokument rekommenderas lämpliga strategier och metoder för utredningen. Vid besöken i bostaden används bilagan [Formulär för mätning och bedömning](#). Formuläret behöver inte fyllas i på plats men kan användas som checklista. När utredningen är färdig kan man i enklare fall skriva in alla uppgifter (förutom planskiss, tabeller mm) direkt i formulärets inmatningsrutor. När det finns mycket data kan det vara mer överskådligt att skriva utredningen i ett fristående dokument, samtidigt som man håller sig till rubrikerna i formuläret. På så sätt får rapporterna ett enhetligt format och utredare, beställare, brukare kan kontrollera att inget är bortglömt.

Utredningen utgår alltid från brukarnas problembeskrivning. Utredningsstrategierna vid olika typer av inomhusmiljöproblem – till exempel inträngande röklukt, drag i sovrummet, ögonirritation och allmän trötthet inomhus – kan därför skilja sig åt ganska mycket. Självdragsanläggningar kan dessutom se ut och fungera på många olika sätt. Skillnaderna beror på hur de är konstruerade, eventuella ombyggnationer, nedsmutsning, oväntade hinder i don och kanaler, hur brukarna ställt in ute- och frånluftsdon. Funktionen är också mycket beroende av vädret.

En allmän princip vid utredningar enligt SWESIAQ-modellen är att utredningen alltid ska starta brett. Man får inte låsa sig fast vid detaljerade utredningar av något som till slut visar sig vara mindre intressant för frågeställningen, dvs. brukarnas inomhusmiljöproblem. Å andra sidan är det inte alltid nödvändigt att utföra alla uppgifterna i *formuläret*. Vilka undersökningar som är relevanta måste utredaren avgöra, bl.a. utgående från brukarnas problembeskrivning. En utgångspunkt bör dock vara att göra många av de enkla utredningsmomenten för att inte missa något.

Mycket hänger på utredarens kunskaper och erfarenheter när det gäller hur utredningen ska bedrivas. Här ska vi allmänt ge förslag på övergripande upplägg för utredningen. Men förslagen bör följas med förnuft, inte slaviskt. Vi föreslår följande övergripande strategi för utredningen:

1. Sätt dig in i problematiken, redan vid första mötet i kontaktgruppen där brukarna beskriver sina besvär – inom miljöproblemen.
2. Ett första besök där du får kompletterande information från brukarna men också ser hur ventilationen fungerar översiktligt.
3. Vid de flesta utredningar är det lämpligt att vid det första besöket inleda en långtidsmätning (loggning ca 2 veckor) av temperatur, luftfuktighet, koldioxidkoncentration ([1g](#), [1h](#)).
4. Långtidsmätningen blir en bra grund för den fortsatta utredningen.

Lämpliga mätinstrument och utrustning

Här följer en lista över lämpliga mätinstrument och övrig utrustning samt vilka krav som bör ställas (*instrument/utrustning som inte alltid är nödvändiga inom parentes*).

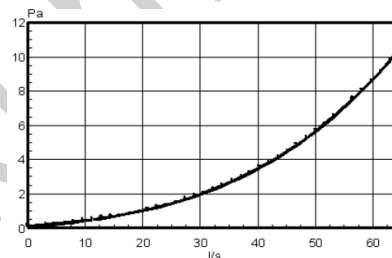
- Flera loggrar för temperatur, luftfuktighet, koldioxid för mätning på olika platser parallellt, helst utan störande pump. Absolut luftfuktighet beräknas automatiskt av loggern eller tas fram ur Mollier-diagram.
- (*Direktvisande luftfuktighetsmätare eller slungpsykrometer*)
- Termoanemometer för mätning av temperatur o lufthastighet, noggrannhet minst 0,05 m/s.
- Frånluftsmätare med mätstos. OBS! Kontrollera att tryckfallet över stosen är försumbart jämfört med tryckfallet över uppmätt don/kanal.



Teströk titantetraklorid



Luftflödesmätare med mätstos



Exempel på tryckfallskurva för mätstos

- Tryckdifferensmätare (elektronisk). Noggrannhet minst 0,5 Pa, helst möjlighet till loggning.
- Ljudnivåmätare för mätning av dBA momentant
- (*Boroskop för filmning av ventilationskanaler invändigt*)
- (*Elektronisk avståndsmätare för uppskattning av takhöjd*)
- Teströk: Rökampuller med titantetraklorid fungerar bra tekniskt sett men röken är irriterande. Ett mildare alternativ är rök alstrad ur glycerin. Ofta är brukarna känsliga för luftföroreningar, så använd om möjligt rök som inte irriterar eller varna i förväg.
- Tejp för att täta springor vid tryckmätning
- Ficklampa
- Tumstock + Skjutmått för mätning av dimensioner hos uteluftdon

I utredningsrapporten ska anges för alla mätinstrument: typ, fabrikat, kalibreringsdatum, känslighet. För eventuell stos för frånluftslöden ska anges angivet tryckfall vid uppmätta luftflöden.

Allmänna råd för mätningar

Använd näsan!

Näsan är ett känsligt mätinstrument och ett luktintryck kan säga mycket om vad som är fel i bostaden. Lukter kan förändras, både beroende på ändrade luftströmmar, ändrad luftfuktighet, temperatur mm. Men också beroende på vem som luktar och hur bra näsans "dagsform" är. Därför bör det första luktintrycket – när man öppnar entrédörren – anges vid varje besök i bostaden. Ibland kan man behöva gå ut och hämta frisk luft och upplever då kanske andra lukter än första gången.



Näsan kan också användas för att detektera inläckage av förorenad luft via uteluftdonen eller andra ställen. Man kan också sniffa mot misstänkta luftföroreningskällor inomhus. Men var försiktig – t.ex. vid material som är kraftigt mikrobiellt skadade.



Väderförhållanden

Vädret (vindstyrka, -riktning, temperatur, luftfuktighet, nederbörd) påverkar starkt hur självdragsanläggningen fungerar. Därför bör vädret registreras vid varje besök i bostaden. Om möjligt kan man vid första besöket montera en logger på bra plats utomhus, parallellt med övriga loggrar ([1g](#)). Annars får man förlita sig på meteorologiska data från SMHI vid närmaste väderstation (finns på nätet). Vid de följande endagsbesöken kan man mäta temperatur och fukthalt, antingen genom att ställa ut en logger under några minuter så den stabiliserar sig, eller genom att mäta med direktvisande luftfuktighetsmätare eller slungpsykrometer. Vindhastighet och -riktning uppskattas subjektivt, liksom eventuell nederbörd.

Notera första luktintryck och väderförhållanden vid varje besök

I *Formulärets* punkter [1a](#), [1b](#) och [1c](#) ska anges datum, första luktintryck och väderförhållanden. Dessa uppgifter ska alltid noteras, dvs. vid varje nytt besök i bostaden.

Mätning av tryckförhållanden - differenstrycksmätningar

Tryckförhållandena kan leda till spridning av luftföroreningar

Om det finns tryckskillnader mellan olika rum/utrymmen/konstruktionsdelar vill luften röra sig så att trycket utjämnas – från högre tryck till lägre. På så sätt kan luft spridas till vistelsezonen från förorenade platser. Så fort det finns hål/springor/öppningar så kommer luften att röra sig. Tryckförhållandena ändras lätt i en byggnad och en ändring på en plats ändrar tryckförhållandena i hela byggnaden. Öppnar du takluckan på vinden så ändras tryckförhållandet mellan krypgrund och bottenvåning. Öppnar du ytterdörren så påverkas tryckförhållandena i väggarna. Börjar det regna så ändras tryckförhållandena i hela byggnaden osv. Den nya tryckbilden efter en ändring sprids med ljudets hastighet, 340 m/s. Det innebär att vid en tryckändring ställs hela byggnaden snabbt in i en ny jämvikt. När man ändrar något i byggnaden så kan man alltså direkt mäta hur tryckbilderna förändrats.

Genom att mäta tryckskillnader mellan olika byggnadsdelar, *differenstryckmätningar*, får man en uppfattning om sannolikheten för inläckage av luft från olika platser i byggnader, t.ex. från vinden. Man kan också studera effekten av ändrade ventilationsinställningar, t.ex. när man ändrar ett don, forcerar flöden eller öppnar fönster. Vid flera våningsplan är det intressant att se om termiska drivkrafter skapat övertryck mot uteluften i de övre planen. Differenstryckmätningar används också för att undersöka tryckfallen över ventilationsdon ([5e](#)).

Differenstrycksmätningar

Tryckskillnaderna är normalt mycket små vid självdrag, så det är viktigt att ha tillräckligt känslig *mätutrustning*. Normalt mäts det statiska trycket. För att mäta tryckskillnaden över ute- och överluftdon kan man ofta dra ut en mätslang genom själva donet. För att inte det dynamiska trycket ska påverka mätningen, bör då de båda slangarnas mynningar vara så långt från donet att lufthastigheterna är låga. Om det inte är möjligt att dra en slang genom donet kan man öppna ett fönster eller dörr på glänt. Men i så fall är det mycket viktigt att täta ordentligt i springan runt slangen, annars får man en kraftig förändring av tryckdifferensen. Man kan använda tejp som är mjuk och går lätt att få bort. Kom ihåg att täta ordentligt om du t.ex. öppnar brevinkast för att mäta mot trapphus.

För att mäta tryckfallet över ett frånluftdon eller en skorstenschuv är det också möjligt att dra mätsonden rakt genom donet. Men då kommer den del som är inne i frånluftkanalen/nedanför skorstenschuven att befinna sig i ett område med relativt hög lufthastighet, dvs. det finns ett dynamiskt tryck som stör mätningen. Detta undviks om man mäter med en s.k. *mätkrok* (se bilden). Vid mätningarna bör man studera tryckvariationerna under så lång tid att man får en uppfattning om bland annat vindens byghet.



Teströk och spårgas

Ett alternativ till tryckmätning är att använda *teströk* som är en ytterst känslig metod. Mycket små tryckdifferenser kan påvisas. Med hjälp av en ficklampa lyser man på den rök som släpps ut och använder synen för att se åt vilket håll röken rör sig. Detta fungerar bäst vid mindre öppningar eller springor. Men om otätheterna är utbredda över många små läckageställen kan det vara svårt att spåra inläckaget med teströk, trots att det totala inläckaget är stort. Då kan man använda spårgas (se nedan) eller metoden i [F5h](#). Teströk är annars en enkel metod för att snabbt få en grov uppfattning om hur luften rör sig: både inne i vistelsezonen (risk för drag, dålig omblandning/stagnationszoner), vid donen (visar både flödesriktning och lufthastighet/luftflöde) och för att se hur luft rör sig in i och ut ur konstruktionen. Röken bör vara kall och släppas ut sakta.

I besvärliga situationer när det är viktigt att verkligen veta hur luften rör sig i byggnaden kan man använda sig av *spårgas*. Den är specifik, alstras alltså inte någon annanstans och den kan detekteras i mycket låga koncentrationer. Man tillför spårgas i något utrymme där man misstänker att en luftförorening alstras och mäter med känsliga instrument om spårgasen når vistelsezonen. Mätningarna kan göras momentant med direktvisande instrument eller loggas över längre tid med passiva provtagare.

Metoder för att undersöka vanliga brister hos självdragssystem

1. Inledande loggning av temperatur, luftfuktighet och koldioxidhalt



Ventilationen har ju bl.a. till uppgift att vädra ut olika emissioner, t.ex. fukt, koldioxid och värme. Hur väl ventilationen fungerar kan man därför få en god uppfattning om genom att under en längre tid, gärna två veckor, följa hur luftfuktighet, koldioxidhalt och temperatur varierar i olika rum. Människor avger både fukt, koldioxid och värme. Det kan dessutom finnas andra emissionskällor, t.ex. tvättmaskiner, braskaminer, gasspisar, värmeljus osv. Om man vet var och när de olika emissionerna uppkommer, kan man sedan genom de loggade kurvorna följa hur de sprids mellan olika rum och hur fort de vädras ut. Den koldioxid som alstras av människor är ett mått på [bioeffluenter](#) och upplevs också av brukarna själva, i form av en känsla av dålig/instängd luft. Temperaturen upplevs också av brukarna. De bör därför under loggningen föra dagbok över både sina upplevelser och olika emissioner. Det är också viktigt att ha kontroll över förhållandena [utomhus](#) under hela mätperioden, dvs. lufttemperatur, absolut luftfuktighet, nederbörd, vindstyrka och vindriktning, ev. molnighet.

Det finns bra och billiga loggrar att använda för registreringen av i första hand luftfuktighet, temperatur och koldioxid. De bör placeras ut redan vid första besöket för parallell registrering i alla rum som är intressanta, i första hand i sovrummen och vardagsrummet. De ska placeras inne i vistelsezonen, inte för nära värmekällor eller ytterväggar eller i drag (undersök med teströk i förväg). De bör gärna ställas ganska nära från- eller överluftdon men på ungefär halva takhöjden (på en byrå går bra). Då kommer de att ge ungefärliga medelvärden av rumsluften.

Ibland kan mätningarna behöva kompletteras med loggning i ytterligare utrymmen, t.ex. kök eller badrum. Utvärderingen av loggade data – i kombination med iakttagelser vid det första besöket, samtal med brukarna och brukarnas dagböcker – blir en bra grund att utgå från när man fortsätter med detaljerade undersökningar.

Instruktioner till brukarna och deras dagböcker

Mätresultaten vid långtidsmätningen påverkas i hög grad av brukarnas närvaro och aktiviteter. I brukarnas dagböcker bör man kunna följa (allra helst timme för timme!) hur de rör sig mellan olika rum och deras aktiviteter. Fönster bör så långt möjligt vara stängda under mätningen och vädring bör antecknas. Sovrumsdörrar bör helst vara stängda nattetid när någon sover där. På det sättet får man en bra uppfattning om luftflöden genom sovrummen. Om sovrumsdörren saknar överluftdon bör en liten springa ställas upp i dörren med lämplig anordning. Eventuella ändringar i radiatorer (mer/mindre

värme) och i fuktalstring (tvätt, långkok, ...) anges i dagboken. Verksamheter som alstrar koldioxid (stearinljus, värmeljus, rökning, kakelugn, braskamin mm) bör undvikas under mätperioden (eller antecknas). Notera i dagboken olika aktiviteter när kroppen får jobba, t.ex. städning, träning. Brukarna noterar också hur de mår, främmande lukter och andra observationer som kan vara intressanta, t.ex. kondens på fönster och badrumsspegel.

Utvärdering av loggade temperatur-, fukt- och koldioxiddata

Om brukarna besvärar av [kyla, drag](#) eller att det är *för varmt* är bör loggningen av temperaturer i vistelsezonen ge bra information. Motsatsen förekommer också, nämligen att det är för varmt, särskilt under den varma årstiden med fönster mot söder. I sovrum, samt i vardagsrum när många personer samlas, skapar människor ett värmeöverskott och temperaturkurvan visar hur bra ventilationen klarar att transportera bort detta. Utvärderingen bör i första hand ske enligt Folkhälsomyndighetens *Allmänna råd om temperatur inomhus* (14).

[Högt fuktillskott](#) är kanske inte något som upplevs av brukarna själva. Men höga fuktillskott är ändå viktigt att ha kontroll över pga. risken för fuktskador. Loggade fuktkurvor kan visa hur punktutsugen fungerar och även brukarbeteendet (om man t.ex. öppnar badrumsdörren efteråt för att vädra ut). Brukarnas noteringar om kondens kan kopplas till fukttoppar i fuktkurvan.

[Koldioxid](#) är en bra indikator på de luftföroreningar (bioeffluenter) som produceras av människor och som konstaterats ha flera hälsoeffekter.

Hur man kan uppskatta luftflöden utifrån CO₂-koncentrationer

Under vissa förutsättningar kan loggade CO₂-data ge en grov uppfattning av luftflöden i rum där människor vistas. Dessa förutsättningar är:

- Den koldioxid som mäts får endast ha producerats av människor, alltså ingen typ av förbränning (se ovan) eller större husdjur (hudar, katter).
- Beräkningarna blir säkrast för vuxna, stillasittande eller liggande människor.
- Luftomblandningen (luftutbyteseffektiviteten) bör vara god så att det inte förekommer [stagnationszoner](#). I annat fall kan detta avhjälpas med (tystgående) bordsfläkt.
- Loggern bör ha placerats förnuftigt, gärna nära över- eller frånluftdon.

Ett sätt att uppskatta luftflödet genom ett sovrum är genom att låta en eller två vuxna personer sova i rummet med stängd dörr. Om det saknas överluftdon bör man under hela natten ha en liten springa (ca 1 cm, ställ upp med tidning). Efter några timmar, om det är någorlunda vindstilla hela tiden, och förhållanden är stabila i övrigt, kommer koldioxidhalten att stabiliseras.

Vi antar att förhållanden är stabila och koldioxidkoncentrationen har stabiliserats vid ett C_i [ppm CO₂ inomhus]. Utomhusvärdet antas vara C_u [ppm CO₂ utomhus]. C_u bör ligga något över 400 ppm. Jämviktskoncentrationen av den koldioxid som alstrats av människor är då $C_j = C_i - C_u$ [ppm].

Under stabila förhållanden med bra luftomblandning, gäller formeln: $Q = m / C_j$, där Q [l/s] är det uppskattade luftflödet genom rummet och m är CO₂-emissionen från människorna [l/s].

För vuxna människor gäller ungefär:

$$m \approx 0,0056 \text{ l/s (sittande)} \text{ respektive } m \approx 0,0042 \text{ l/s (liggande)}$$

$C_j = C_i - C_u$ är jämviktskoncentrationen av den människoalstrade koldioxiden, *uttryckt i andelar CO₂ i förhållande till andelar luft [liter per liter]*. Om CO₂-halten mäts i ppm ska värdet delas med 10⁶.

Luftflödet kan genom rummet kan då uppskattas ur uppmätt koldioxidhalt:

$$Q = m * 10^6 / (C_i - C_u)$$

Anta som exempel att jämviktskoncentrationen i ett stängt arbetsrum med *en sittande person* har mätts till 1000 ppm. Koncentrationen ute är 400 ppm. Koldioxidemissionen uppskattas till 0,0056 l/s. Då kan luftflödet beräknas till: $Q = 0,0056 * 10^6 / (1000 - 400) = 5600 / 600 \approx 9 \text{ l/s}$. För *en liggande person* räknar man på samma sätt ut att 1000 ppm motsvarar ca *7 l/s per person*.

2. Förorenad utomhusluft sugas in via uteluftdonen

Luftföroreningar i omgivningen runt en bostad påverkar också luftkvaliteten inomhus. De flesta uteluftdon saknar filter och om det finns filter så är de endast av typen grovfilter, ofta tvättbara. Dessa filter stoppar inte gaser, sot eller små partiklar. Omfattande forskning har visat att de minsta partiklarna, s.k. PM_{2,5} (<2,5 µm) är en orsak till överdödlighet i bl.a. hjärt-/kärlsjukdomar (1). Flera tusen personer uppskattas dö i förtid i Sverige av den orsaken. Dessa partiklar alstras vid olika typer av förbränning, bl.a. av fordon med förbränningsmotorer och vid vedeldning. Det finns filter som filtrerar bort dessa partiklar men filtren har för högt tryckfall för att kunna användas i självdragsventilation. Vid tätbebyggelse och i allmänt förorenade miljöer kan det därför ifrågasättas om självdragsystem är en lämplig ventilationslösning. Vid en innemiljöutredning handlar det dock i första hand om uteluftens akuta, övergående hälsoeffekter, t.ex. obehaglig lukt, astmaattacker osv. Det som bedöms blir då sådant som risken för inläckage av luktande/irriterande avgaser från bilar/bussar, närhet till industrier, djurhållning, restauranger, grannars rökning eller vedeldning osv. Ibland är även uteluftdonen, eventuella kanaler eller filter för tilluften förorenade och kan påverka innemiljön.



Metod för undersökning av föroreningar i utemiljön

Eftersom luftfilter med hög kvalitet inte går att använda är det nödvändigt att utemiljön runt bostaden är fri från luftföroreningar i tillräckligt hög grad. Vissa typer av luftföroreningar går att mäta (partiklar, sot, ozon, kväveoxider t.ex.) men i många andra fall måste man nöja sig med en allmän bedömning av typ av verksamhet i omgivningen och använda näsan och brukarnas kommentarer.

3. Undertrycket i bostaden medför att förorenad luft sugas in från oönskade platser

Fasaden/klimatskärmen i en byggnad är aldrig helt tät. Detta gäller även innerväggar, golv och tak. Bostaden får alltså inte bara luft via uteluftdonen. Byggnadsmaterialens täthet och tryckskillnaderna mellan olika platser i byggnaden avgör hur luften rör sig mellan olika byggnadsdelar. Tryckförhållandena är därför viktiga att känna till.

I nya byggnader ställs krav på hur mycket luft som får läcka in per m² fasadyta vid testtrycket 50 Pa. I äldre byggnader kan givetvis [läckflödet/infiltrationen](#) ibland vara mycket större. Med stora läckflöden blir det svårt att reglera bostadens luftväxling: om man stryker uteluftdonen, ökar undertrycket och mer luft infiltreras. Å andra sidan – med stor tvärsnittsyta hos uteluftdonen minskar mängden oönskat inläckage. I många självdragshus är det nödvändigt med visst inläckage för att de ventilerande luftflödena ska bli tillräckligt stora. Detta är något som kan behöva accepteras. Det viktiga är att inläckande luft inte är förorenad eller medför drag.

Ofta ligger vistelsezonen i ett visst undertryck jämfört med omgivningen. I olyckliga fall kan då förorenad luft sugas in från andra platser i byggnaden. Det kan handla om otätheter i byggnadsskalet där uteluft sugas in via smutsigt eller fuktskadat isoleringsmaterial. Men det finns också andra risker: inläckage via golvbjälklaget från fuktskadad kryppgrund, från bjälklagsisolering under "skurgolv" i gamla flerbostadshus, via brevinkast i trapphus. Otäta genomföringar eller otätt golvbjälklag kan leda upp röklukt eller matos från grannen eller avgaslukt från garage i källarplan. Vid kraftigt undertryck kan luft dras in från ett fuktskadat vindsutrymme. Det kan finnas förorenande verksamheter i samma byggnad, t.ex. frisersalong eller restaurang. På motsvarande sätt lämnar en del av den egna bostadens luft inte huset via frånluften, utan tränger upp till grannen ovanför i flerbostadshus eller upp på vinden i enfamiljshus.

Metod för att undersöka oönskat inläckage av förorenad luft

Det första steget i undersökningen är att försöka [lokalisera misstänkta platser](#)/utrymmen i byggnaden där föroreningar kan finnas. Steg två är att försöka tvinga fram inläckage genom att sätta bostaden i

[maximalt undertryck](#) och systematiskt gå igenom bostaden för att med hjälp av näsan och rök försöka lokalisera platser (springor, vägguttag, golvvinklar mm) där förorenad luft läcker in. Genom att mäta förändringar av frånluftsflöden med stängda uteluftdon kan man få en uppfattning om hur tätt huset är, dvs. [infiltrationen genom klimatskalet](#). Ibland är det svårt att lokalisera inläckaget med hjälp av näsan eller teströk. Då kan man använda sig av [differenstryckmätning](#) eller [spårgas](#) istället.

4. Bristfälliga punktutsug i kök, WC, dusch/bad

Allmänt

Luftföroreningar som skapas lokalt i bostaden bör ventileras bort innan de når vistelsezonen. I en bostad handlar detta mest om matos och vattenånga i köket samt vattenånga/luft i bad-/dusch-/tvätttrum och toalett. Ibland kan det förekomma att brukaren bedriver någon speciell verksamhet som alstrar luftföroreningar, t.ex. hemmakontor med laserskrivare, hobby med lödning osv. Då bör man planera så att verksamheten bedrivs nära ett frånluftsdon eller med särskilt punktutsug.

Självdagsventilation fungerar tack vare en komplicerad balans mellan storlek och placering av olika ute- och frånluftdon. Donens placering, utformning, underhåll och reglering, öppnade fönster/dörrar samt vädret kan störa den känsliga balansen. På punktutsug ställs krav på effektivitet, något som ofta innebär stora luftflöden. Det finns därför en stor risk att de skapar störningar i självdagssystemet.

Krav på punktutsugens effektivitet

Vid punktutsug *utan fläktassistans* får inte finnas backspjäll, eftersom de hindrar luftflödet för mycket. I kök utan mekanisk fläkt är det extra viktigt med en spiskåpa med stor volym och som går långt ner så att matos och vattenånga fångas upp. Dessutom krävs en rejält tilltagen frånluftskanal ovanför spisen och att motsvarande frånluftsdon kan öppnas ordentligt så att luftflödet forceras vid matlagning. Allmänna rekommendationer för spiskåpor finns i referensen [Ducted Range Hoods \(2\)](#).

I bad-/dusch-/tvätttrum är det viktigt att den alstrade fukten tas om hand snabbt så inte fuktskador uppstår. För att allmänt minska fuktbelastningen är det naturligtvis bra med vädringsfönster och att vatten på golvet torkas bort efteråt. En bra investering som inte stör självdagsystemet, kan också vara att skaffa en luftavfuktare – ett effektivt sätt att ta hand om fukten.

Metod för kontroll av effektivitet hos punktutsug

Brukarna kan ofta ge bra information om effektiviteten hos de olika punktutsugen. Uppfångningsförmågan hos en spiskåpa kan undersökas med teströk, eller visuellt med kokande vatten. Imma på en badrumsspegel efter dusch, bör försvinna efter högst 15-30 min. Luftfuktigheten [loggas normalt](#) inledningsvis i flera rum men kan också [loggas specifikt](#) i badrum och kök för att ge en uppfattning om hur punktutsugen fungerar efter dusch eller långkok.

Risker med punktutsug

Punktutsug medför en forcering/kraftig ökning av frånluftflödet på en viss plats så att luftföroreningar sugs bort. Bostadens undertryck kommer då att öka och risken för *bakdrag* blir uppenbar.

Bakdrag, dubbelcirkulation

Bakdrag, dvs. att uteluft kommer in genom frånluftskanaler, kan uppstå av flera orsaker:

- Vindens påverkan vid skorstensmyningen – luft trycks ner genom en frånluftskanal
- Inställning av ute- och frånluftsdon – otillräcklig uteluft gör en frånluftskanal till tilluftskanal
- Punktvis forcering av frånluft (t.ex. i kök) – ökat undertryck gör att uteluften blir otillräcklig
- Tätning av klimatskalet i efterhand – minskat läckageflöde kräver större area i uteluftdonen

Det kan också hända att en del av en stor frånluftskanal börjar fungera som tilluftskanal, samtidigt som en annan del av samma kanal fungerar som frånluftskanal, s.k. *dubbelcirkulation*. Under den kalla årstiden uppstår *kallras*, kall luft kommer in via frånluftskanalen. Vid både bakdrag och dubbelcirkulation minskar bostadens luftväxling kraftigt, särskilt om brukare stänger av en frånluftskanal pga. kallras. Den

låga luftväxlingen ökar risken för fuktskador och de ändrade luftriktningarna riskerar att sprida lukter både inom bostaden och till grannar i flerfamiljshus.

Vid bakdrag kan dålig lukt uppstå när tilluft kommer via en frånlufts kanal. I allvarliga fall kan till och med en rökkanal (t.ex. från en kakelugn) bli tilluftskanal, kanske när elden håller på att slockna. Då kommer rökgaser in i bostaden och det finns risk för kolmonoxidförgiftning.

Andra risker med punktutsug

Vid forcerat luftflöde bör man därför [öppna ett fönster](#) för möjliggöra ökat inflöde av uteluft. Dessutom bör man kontrollera för eventuellt bakdrag. Med god kontroll över eventuellt bakdrag, och om forceringen inte orsakar olägenheter i omgivningen, kan tillfälliga punktutsug fungera. Men forceringen måste stängas av efter användning och det kan vara lämpligt att installera en [timer](#).

I kök är det vanligt att man monterat en fläkt med fettfilter ovanför spisen för att förbättra utsug av matoset. Men en stor risk i flerfamiljshus är då att den extra fläkten över spisen skapar ett övertryck i frånluftskanalen. Då kan matoset strömma in i de lägenheter som är anslutna till samma kanal eller – om kanalen är otät – medföra att matos läcker ut på vinden eller andra ställen. En s.k. [kolfilterfläkt](#) med recirkulerande filtrering av matoset är inte någon perfekt lösning, eftersom kolfiltret inte tar hand om den fukt som bildas vid t.ex. långkok.

Motsvarande problem som i kök, finns när luftflödet forceras i *bad-/dusch-/tvätt-rum*, antingen genom att frånluftsventilen öppnas helt eller genom en elektrisk fläkt. Även här är det viktigt med tillräcklig uteluft. Om vädringsfönster saknas måste överluftdonet ha tillräcklig tvärsnittsarea och ett fönster bör öppnas på annan plats. En forceringsfläkt innebär samma risk för störningar som i köket, därför bör tryckfallet över fläkten inte vara för stort när den är igång. Bilden visar en fläkt med stor tvärsnittsytta mellan fläktbladen som inte hindrar luftflödet nämnvärt när den står stilla.



[Metod för att undersöka om punktutsugen stör självdragsanläggningen](#)

För att undersöka om punktutsugen stör självdragsanläggningen startas de olika forceringsmöjligheterna, en i taget och med både stängt och öppet fönster för tryckutjämning. Eventuella bakdrag och ändringar i flödet undersöks med teströk.

[5. Låga luftflöden/Bristfällig allmänventilation](#)

Krav på luftflöden ur hälsosynpunkt

Syftet med att ha en utspädande allmänventilation är att sänka koncentrationerna av luftföroreningar som bildas (emitteras) i *bostaden*. Vid stabila förhållanden och bra luftomblandning är luftföroreningskoncentrationerna omvänt proportionella mot luftflödet genom ett rum. Hur mycket utspädande luftflöde som behövs beror helt på vilken emissionskälla/luftförorening man intresserar sig för. I en bostad finns i princip tre intressanta typer av emissionskällor som behandlas separat nedan:

- Brukarna själva
- Kända irriterande/luktande emissionskällor, t.ex. luktande golvbeläggning, en speciell möbel
- Övriga emissionskällor: övriga byggmaterial, möbler, husdjur, alla produkter vi omges av

Brukarna – koldioxid och bioeffluenter

Brukarnas/De boendes emissioner är ofrånkomliga i en bostad. De kallas med ett gemensamt namn [bioeffluenter](#) och utgörs av de organiska ämnen som avges av människokroppen. I bioeffluenter ingår bl.a. koldioxid, aldehyder, organiska syror, olika alkoholer, merkaptaner, ammoniak samt hudflagor. Koldioxid bildas vid all förbränning men även vid ämnesomsättningen hos djur och människor. En vuxen, stillasittande människa producerar ca 0,0056 l/s CO₂, en sovande människa ca 0,0042 l/s CO₂. Vid aktivitet kan produktionen bli betydligt högre, 0,03 l/s CO₂ eller mer.

Koncentrationerna av bioeffluenter bör hållas på en rimlig nivå genom att spädas ut av allmänventilationen. Under lång tid har forskare försökt fastställa vad som är rimlig nivå. Det finns mycket forskning sedan 1800-talet och framåt, som tyder på att vid en koldioxidhalt över ca 1000 ppm upplevs luften som tung/instängd, särskilt av oadapterade personer som kommer in utifrån (3). Vissa forskare har funnit att ren koldioxidgas har en viss, svag kognitiv påverkan på människan (svårt att ta rätt beslut i svåra situationer), kanske vid så låg nivå som 1000 ppm CO₂ (4, 5). Men resultaten är omdiskuterade och normalt går det inte att skilja effekterna av ren koldioxidgas från effekterna av övriga bioeffluenter. *Koldioxid* är i alla händelser en *bra indikator* på de luftföroreningar som avges av människor.

1000 ppm koldioxid innebär att koldioxidkoncentrationen ligger ca 600 ppm över uteluftens koldioxidkoncentration. Eftersom man vet ungefär hur mycket koldioxid en människa producerar kan man *räkna ut* att detta motsvarar ett luftflöde på ca 9 l/s för en sittande och 7 l/s för en liggande person. Detta luftflöde är alltså önskvärt för att undvika komfortproblem (instängd/dålig luft). I det europeiska samarbetsprojektet *HealthVent* har man istället – utgående från mer påtagliga hälsoeffekter – kommit överens om att sätta en gräns vid ca 1500 ppm koldioxid, alltså 1100 ppm över uteluftens koncentration (6). De mer påtagliga hälsoeffekter som HealthVent tar upp är kognitiva problem, självupplevd sömninghet, ökad koldioxidkoncentration i lungorna, påverkan på hjärtrytmvariabiliteten och förhöjd stressnivå. På senare tid har man även intresserat sig för och sett effekter på sömnkvaliteten (7). HealthVent har beräknat att för att – i genomsnitt – understiga 1500 ppm CO₂ krävs ett luftflöde på *minst 4 l/s per person*. Detta är alltså ett hälsobaserat riktvärde för det lägsta acceptabla luftflödet med hänsyn till emissioner från människor. Det är också det lägsta acceptabla luftflödet enligt Folkhälsomyndighetens ventilationsråd (8). Vid utredningen bör man därför att försöka uppskatta luftflödet i relation till personbelastningen, både för bostaden som helhet men också i t.ex. sovrummen. Luftflödena varierar kraftigt med vädret i självdragshus och kan vara svårsmätta. Men i det här fallet är man egentligen intresserad av koldioxidkoncentrationen som också är enklare att mäta.

Koldioxidhalterna bör inte under längre tider ligga över 1500 ppm och helst ligga under 1000 ppm

Kända irriterande/luktande emissionskällor

Det är sällan praktiskt möjligt att späda ut luftföroreningar från en känd, irriterande/luktande emissionskälla så mycket att koncentrationerna av emissioner blir acceptabla, särskilt inte med självdragsventilation där luftflödena är oregelbundna och ofta låga. Man bör därför istället ta bort den misstänkta emissionskällan eller förse den med punktutsug: En möbel kan bytas ut. Ett luktande golv kan bytas ut, byggas om till ventilerat golv eller förse med emissionsspärr. En nödvändig kopianator kan placeras i rum med enbart frånluft eller kopplas till punktutsug.

Övriga emissionskällor

Från de flesta material vi omges av, avges/emitteras hela tiden olika ämnen, både i gas- och partikelform. Två viktiga uppgifter för ventilationssystemet är att också vädra bort *värme* och *fukt* trots att de inte är några egentliga luftföroreningar. Många av ämnena som avges har lukt och kan vara direkt hälsoskadliga om koncentrationen blir för hög. Normalt är halterna inomhus dock mycket låga. Men ibland kan de ändå vara så höga att en känslig näsa kan känna lukter, kanske kan de också vara en källa till omedveten irritation hos vissa människor. För att hålla halterna vid rimliga nivåer krävs en viss grundventilation. Om grundventilationen inte fanns, t.ex. om man lät bygga en helsvetsad stålbur som helt omslöt bostaden, skulle koncentrationerna öka – även om man bortser från det som alstras av brukarna själva. Efter en viss tid skulle de ha ökat så mycket att en vistelse där antagligen skulle vara obehaglig, kanske t.o.m. akut hälsovådlig. Hur obehaglig/hälsovådlig den skulle vara beror naturligtvis på vilka material/produkter som fanns i bostaden.

Om vi bortser från bortventilering av värme, fukt och emissioner från människor: Hur stor bör då grundventilationen vara? Det är självklart att den måste vara så hög att koncentrationen underskrids för ämnen där hälsobaserade riktvärden har fastställts (6, *table 1*). Men för de flesta ämnen saknas sådana riktvärden och när de finns, kanske de inte är tillräckligt låga för känsliga personer. Vi vet alltså inte. Sedan länge har man i Sverige bestämt att luftomsättningen i bostäder bör vara minst 0,5 oms/h.

Omräknat till luftflöde vid normal takhöjd blir det 0,35 l/s per kvadratmeter golvyta. Båda dessa värden gäller f.n. som FHM:s riktvärden. Inget av dem är dock grundat på bra vetenskap. Luftomsättningskravet kan dessutom ifrågasättas. Det är kvoten mellan emissionen (ng/s) i rummet och *luftflödet* genom rummet (l/s) som avgör koncentrationen av en luftförorening (ng/l) = ($\mu\text{g}/\text{m}^3$).

Vid Betsi-undersökningen (9, 10) uppmättes luftomsättning för ett stort antal bostäder. Medianvärdet för enfamiljsbostäder var ca 0,35 oms/h och för flerfamiljsbostäder ca 0,47 oms/h. Om man antar att takhöjden för de flesta bostäderna var ca 2,5 m, kan luftflödenas medianvärden uppskattas till ca 0,25 l/s/m² i enfamiljsbostäder och ca 0,35 l/s/m² i flerfamiljsbostäder. Jämfört med FHM:s riktvärde var alltså hälften av flerfamiljsbostäderna "underkända" och hela 75 % av enfamiljsbostäderna. Men man fann inga samband mellan hur brukarna mådde och luftomsättningen. Däremot mådde man allmänt bättre i enfamiljsbostäderna än i flerfamiljsbostäderna. Betsi-undersökningen gav alltså inget stöd för att FHM:s riktvärde 0,35 l/s/m² skulle ha någon relevans för hur brukarna mådde.

Vid en ventilationsutredning kanske det ibland finns önskemål om att känna till bostadens totala luftflöde för att jämföra med FHM:s riktvärde. Men detta innebär två problem:

- Man kan uttala sig om värdet är högre eller lägre än FHM:s riktvärde och vad som är vanligt i svenska hem (Betsi). Men det är svårt att relatera värdet till ohälsa.
- Som nämnts är det svårt att mäta luftflödet i självdragshus på ett pålitligt sätt.

Faktorer som påverkar luftflödet och metoder för mätning och undersökning

Tryckdifferenserna driver luften genom bostaden. Att ventilationen fungerar – att luften rör sig – beror i första hand på *det termiska drivtrycket*, ΔP_{temp} [Pa], tryckskillnaden mellan luften utanför uteluftdonen och luften vid frånluftdonen. Tryckskillnaden är beroende av både temperaturskillnaden ute/inne, $(T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}})$ [°C] och lyfthöjden h [m], det vertikala avståndet mellan uteluftdonen och frånluftskanalens mynning på taket (11). *Det totala drivtrycket* (det termiska drivtrycket + vindpåverkan) varierar hela tiden men går inte att påverka. Samtidigt utgör det grunden för hur bra anläggningen fungerar.

Det termiska drivtrycket

Det termiska drivtrycket beräknas ur formeln:

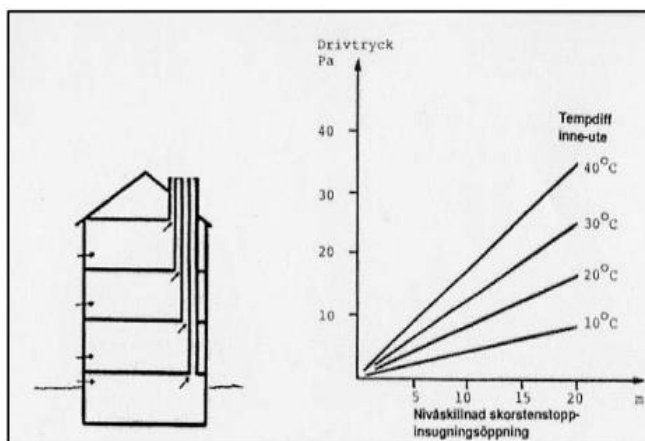
$$\Delta P_{\text{temp}} = 0,043 * (T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}}) * h \quad (1)$$

Som exempel kan vi tänka oss två ytterligheter. I båda fallen är temperaturen inomhus + 20 °C:

- A. Lägenhet i bottenplanet på höghus; -20 °C ute; skorstenshöjd $h = 16$ m
- B. Enplansvilla; + 10 °C ute; skorstenshöjd $h = 4$ m.

I fall A blir termiska drivtrycket $\Delta P_{\text{temp}}^A = 0,043 * 40 * 16 \approx 27,5$ Pa; I fall B: $\Delta P_{\text{temp}}^B = 0,043 * 10 * 4 \approx 1,7$ Pa. Termiska drivtrycket blir alltså 16 gånger högre i fall A jämfört med fall B. Fig. 1 visar en tabell och ett diagram över det termiska drivtrycket som funktion av temperaturdifferensen och lyfthöjden. Eftersom luftflödena genom bostaden är ungefär proportionella mot roten ur ΔP_{temp} , (formel 4), kan alltså luftflödet i fall A uppskattas vara $\sqrt{16} = 4$ gånger högre än luftflödet i fall B. Man ska alltså inte bli förvånad om luftflödet blir lågt i en enplansvilla under vår och höst. Undersökningen bör alltid inledas med en [beräkning av det termiska drivtrycket](#). Formlerna 1-4 kan användas för att uppskatta luftflödena under andra temperatur- och (möjligen) vindförhållanden än de som rådde vid en mätning.

I tvåvåningshus med öppet mellan våningsplanen kan termiska stigkrafter medföra att luft *tränger ut* genom otätheter i fasaden eller *ut* via uteluftdonen på övervåningen. Ventilationen i bostäder med öppet mellan planen blir svårare att bedöma eftersom lufttryck och drivtryck varierar inom bostaden.



Våning	Drivtryck vid temperaturskillnad [Pa]		
	$\Delta T = 10^\circ\text{C}$	$\Delta T = 20^\circ\text{C}$	$\Delta T = 40^\circ\text{C}$
1	8	15	30
2	6	13	25
3	5	10	19
4	4	7	14
5	2	5	9

Figur 1. Termiska drivtryckets beroende av skorstenhöjd och utetemperatur

Vindens betydelse

Vindtrycket har stor påverkan på luftväxlingen i självdragshus. När det blåser ute trycks mer luft in genom uteluftventiler och otätheter på vindsidans fasad, samtidigt som mängden luft som sugts in på läsidan minskar. Om bostaden har fasader på både vind- och läsida motverkar dessa båda effekter varandra så att totaleffekten på luftväxlingen inte blir så stor (om inte vinden är mycket kraftig). Däremot ökar luftflödet genom rum på vindsidan och minskar i motsvarande grad i rum på läsidan. Om en lägenhet bara har uteluftdon i ett väderstreck, påverkas också *det totala* luftflödet.

På *läsidan* kommer istället vinden att skapa ett ungefär lika stort undertryck. Dessutom, vid skorstensmynningen skapar vinden ofta ett *undertryck genom ejektorverkan*. Ejektoreffekten är bl.a. beroende av hur skorstensmynningen/skorstenshuv är utformad. Vid olämplig utformning och vid kraftig vind kan effekten istället bli den motsatta – luft pressas ner genom skorstenen. Det går att minimera vindens inverkan vid skorstensmynningen genom att montera en särskild typ av skorstenshuv (11, 12). Om en huv saknas kan man i många fall räkna med ejektorverkan och undertryck.

Om bostaden enbart har uteluftdon mot *vindsidan*, får vinden dubbel inverkan, dels genom att trycka in mer luft vid uteluftdonen, dels genom att samtidigt skapa ett extra sug vid skorstensmynningen. Om å andra sidan uteluftdonen enbart vetter mot *läsidan* kommer de båda vindkrafterna att motverka varandra. I en genomgående lägenhet med uteluftdon på både vind- och läsida, blir som nämnts nettoeffekten vid fasaden låg och enbart vindens ejektorverkan får betydelse. Som en grov uppskattning av vindtrycket mot en fasad (*vindsidan*), undertrycket på *läsidan* samt vindens *ejektorverkan*, kan man använda denna formel, där U [m/s] är vindhastigheten (13):

$$\Delta P_{\text{vindfasad}} \approx \Delta P_{\text{ejektorverkan}} \approx 0,3 * U^2 \quad (2)$$

Observera att formeln bara gäller i enkla fall, men den kan ge en antydning om storleksordningen. Ett exempel: Vid en vindstyrka på 10 m/s blir $\Delta P_{\text{vindfasad}} = 0,3 * 10 * 10 = 30$ Pa. Om man jämför med fig. 1 ser man att vinden ofta får större betydelse än det termiska drivtrycket.

Hinder mot luftflödet - Tryckfall

Det ventilerande luftflödet passerar i tur och ordning flera hinder på sin väg genom bostaden: uteluftdon, eventuella överluftdon, frånluftdon, eventuella hinder i frånluftskanalen och eventuell skorstenshuv. *Det totala drivtrycket* kan alltså delas upp i olika tryckfall/hinder som luften möter på sin väg genom bostaden (11):

$$\Delta P_{\text{total}} = \Delta P_{\text{temp}} + \Delta P_{\text{vind}} = \Delta P_{\text{uteluftdon}} + \Delta P_{\text{överluftdon}} + \Delta P_{\text{frånluftdon}} + \Delta P_{\text{frånluftkanal}} + \Delta P_{\text{skorstenshuv}} \quad (3)$$

Hindren beror ofta på att tvärsnittarean på olika platser är liten. Det finns ett ungefärligt samband mellan luftflöde, tvärsnittsytta och tryckfall:

$$\Delta P \approx C * Q^2 / A^2 = C * u^2 \quad (4)$$

I formeln är ΔP [Pa] tryckfallet över t.ex. ett ute-, över- eller frånluftsdon, Q är luftflödet [l/s], A är tvärsnittsarean [cm^2], u [m/s] är lufthastigheten genom donet och C är en konstant. Det är dock säkrast att använda de tryckfallskurvor som man får från leverantörer av olika ventilationsdon.

Eftersom A ska upphöjas i kvadrat i formeln, kommer även små ökning av A att få stor betydelse för tryckfallet. I den långa kedjan av hinder som luften måste passera, kommer ett don /en kanal med en jämförelsevis liten tvärsnittsarea att få stor betydelse för det totala luftflödet genom bostaden.

Det gäller alltså att uppskatta/mäta upp tvärsnittsytona för att hitta den svagaste länken, den som begränsar luftflödet mest. Ofta är *uteluftdonen för små* och för få. Särskilt stor betydelse får detta om man i efterhand tätat klimatskalet och på så sätt minska läckflödet/infiltrationen, utan att öka den totala tvärsnittsytan hos uteluftdonen i motsvarande grad. Men det gäller också att *kontrollera överluftdonen* till sovrum, kök, bad, dusch, tvätt, WC och förråd. Det är ju förhållandevis enkelt att skapa rejäla överluftdon som inte bromsar luftflödet i onödan (sänka tröskeln/borra hål). Ett teoretiskt sett säkrare (men kanske mättekniskt svårare) sätt att uppskatta var de stora tryckfallen finns längs luftens väg – är att *mäta dem direkt* med en tryckdifferensmätare.

Den totala tvärsnittsarean hos alla uteluftdon i ett visst rum, t.ex. ett sovrum, avgör också hur stor del av den totala uteluften som ventilerar just det rummet. Genom att jämföra areorna i olika rum får man uppfattning om hur uteluften fördelar sig. Ett sovrum för två bör t.ex. ha dubbelt så stor total area hos uteluftdonen jämfört med arean i ett sovrum för en person.

Gamla krav på tillräckliga tvärsnittsareor vid låga drivtryck

1995 gav Boverket ut en handbok som om självdragsventilation (13). Där redovisas bl.a. tidigare byggnormer (före 1980) som grundade sig på gamla erfarenheter, erfarenheter som ofta saknas numera, även bland branschfolk. Där fanns minimikrav på tvärsnittsarea hos uteluftdon och frånluftskanaler:

Uteluftdon	30 cm^2	Skafferiventil	150 cm^2
Frånluftkanaler:	Kök 200 cm^2	Badrum	150 cm^2
		Extra toalett	100 cm^2

Spaltventiler och frånluftsventiler kan ge för låga uteluftflöden

Ofta sätter man numera in spaltventiler med flera små borrarade hål genom översidan av fönster i sov- och vardagsrum och vanliga frånluftsventiler, se nedanför. Båda dessa ventiltypen är avsedda för fläktstyrd ventilation med högre tryckfall, över 10 Pa. I självdragsbostäder kan det *totala drivtrycket* vara lägre än 10 Pa, vilket innebär att *tryckfallet över donen* ofta bara är några enstaka Pa. Därför måste man kontrollera mot ute- och frånluftsdonens tryckfallskurvor om de verkligen klarar att leverera det luftflöde som krävs när det är 10-15 °C ute och lågt drivtryck. I ett sovrum för två personer är *minimikravet 8 l/s* men önskvärt är *ca 14 l/s*. Se exempel på flöden vid olika tryckfall nedanför!

Spaltventil, längd (cm)	30	40	50	60	Uteluftdon	Frånluftsventil
Total hålarea (cm^2)	17	23	28	35	xxx	Läge -5 mm
Luftflöde vid 5 Pa (l/s)	3,5	4	5	6	5,5	2
Luftflöde vid 15 Pa (l/s)	5,5	7	9	10	9,5	6

Ungefärliga luftflöden: Spaltventil med borrarade 10 mm hål utan filter, Uteluftdon m standardfilter, Frånluftsventil



Vanlig typ av spaltventil
Grovfilter reducerar flödet minst 20%



Uteluftdon



Frånluftsventil

Metoder för undersökning av luftflöden och hinder mot bra luftväxling

[5a.](#) Mätning och beräkning av det termiska drivtrycket (se ovan)

[5b.](#) ******Uppskattning av vindens betydelse (det bör vara lite blåsigt ute)

[5c.](#) Inbördes placering av ute-, över- och frånluftdon – luftutbyteseffektivitet

Dålig luftväxling behöver inte bero på att luftflödet är för lågt. Det kan också bero på att de don som för in luft i rummet sitter felplacerade i förhållande till de don som för bort luften. Detta medför att luften kan stå stilla i vissa delar av rummet, *stagnationszoner*, samtidigt som luftväxlingen är mycket god i andra delar av rummet. För en korrekt mätning av luftutbyteseffektivitet krävs spårgas, men normalt är det tillräckligt att okulärt bedöma om de olika donen är bra placerade. I duschrum är det t.ex. lämpligt att överluftdonen är lågt placerade medan frånluftdonen sitter högt så att luften rör sig diagonalt genom rummet.

[5d.](#) Mätning av tvärsnittsarean hos ute- och överluftdon

Använd tumstock eller skjutmått i vissa lägen. Utluftdonen måste granskas kritiskt. Om man borrat hål i fönster: kolla att alla hålen är rena och mät diametern. Kolla också hela vägen att det finns ordentlig öppning i fasaden (mät arean) och att avslutningen in mot rummet också är tillräckligt stor (mät arean). Det är den lägsta arean som räknas. Använd helst tryckfallskurvor. Att mäta tvärsnittsarean hos överluftdon är oftast enklare.

[5e.](#) ******Mätning av tryckdifferenser över don (alternativ till 5d)

[5f.](#) Uppskattning av fördelning av utluftflöden mellan olika rum (se ovan)

[5g.](#) Mätning av frånluftsflyöden med mätstos

Lyckas man göra en pålitlig mätning av samtliga frånluftdon så har man bra kunskap om det totala luftflödet genom bostaden. Men det finns två felkällor som man måste ha kontroll över:

- Tryckfallet över mätstosen måste vara försumbart jämfört med tryckfallet över frånluftsdon och frånluftskanal.
- Mätstosen måste sluta tätt så all luft mäts.

[5h.](#) ******Uppskattning av hur mycket luft som infiltreras vid sidan av utluftsdonen

[5i.](#) Undersökning av frånluftsdon och -kanaler

Demontera och undersök donen. Mät kanalernas dimensioner. Om det finns flera frånluftsdon och -kanaler av samma typ kan man [jämföra flödena med teströk](#) och på det sättet spåra hinder i någon kanal. Hinder mot luftflödet finns vid skarpa krökar / skrovliga ytor i kanalerna, särskilt vid höga luft-hastigheter men det är svårare att inspektera frånluftkanalerna och att mäta deras tryckfall.

[5j.](#) ****** Besök på vind och tak

Helst bör man besöka taket och lysa ned med ficklampa, allra helst undersöka med *boroskop*. I bästa fall är detta gjort vid OVK. Kontrollera huvtypen: motverkar den ejektorverkan eller tvärtom förstärker den? Finns det någon typ av reglering? På vinden kan man känna om det kommer lukter från frånluften, om det syns otätheter eller tecken på fuktskador.

Andra möjligheter att mäta/uppskatta luftflöden genom bostaden

- Mätning av luftflöden i frånluftsdon genom *traversering med termoanemometer*. Dessa mätningar kan lätt blir felaktiga. Om man mäter direkt på galler/don blir mätfelelen stora och om man tar bort gallret ändras luftflödet.
- Långtidsmätning med *spårgas* är sannolikt det säkraste sättet att mäta luftflöden, eftersom spårgasen är helt oberoende av mänskliga aktiviteter. Dessutom mäts bostadens totala luftväxling, även den del som infiltreras genom klimatskalet. Till skillnad mot frånluftsmätningarna ger spårgasen ett utjämnt resultat som är oberoende av tillfälliga väderförändringar.

6. Bostadens fukttillskott tas inte om hand på ett korrekt sätt.

Obs! Problemen med höga fukttillskott har ingen egen rubrik i formuläret

I en bostad bildas alltid en viss mängd fukt. Fuktkällor är dels brukarna själva (utandningsluft, transpiration), dels olika verksamheter: dusch, tvätt, matlagning osv. I olyckliga fall kan också fukt tränga in i bostaden utifrån, t.ex. sugas upp från marken. Genom att mäta luftfuktigheten i inomhusluften kan man jämföra med vad som är normalt. Men eftersom fukt hela tiden tillförs utifrån via uteluften, måste man först dra ifrån uteluftens fukthalt. Skillnaden mellan den *absoluta luftfuktigheten (ånghalten)* i bostaden och den i utomhusluften, kallas *fukttillskott* och är ett mått på koncentrationen av den vattenånga som alstras i bostaden.

Fukttillskott = Ånghalt i bostaden eller i ett utrymme – Ånghalt utomhus [g vattenånga/m³ luft]

Som en tumregel kan man säga att *fukttillskottet inomhus inte bör ligga över 1,5 g/m³ luft (1,5 mg/l)*. Vid ett normenligt luftflöde genom bostaden på 0,35 l/s/m², motsvarar detta en genomsnittlig ångproduktion på 1,5 x 0,35 mg/s/m² = 0,5 mg/s/m². Det betyder 3 liter vatten per dygn i en lägenhet med 70 m² boendearea. Det fukttillskott som skapas inne i bostaden bör ventileras bort, helst genom punktutslug i bad/dusch/kök samt genom allmänventilationen. Om fukttillskottet är högre än 1,5 g/m³ finns det risk för fuktskador; fuktalstringen är för hög och/eller ventilationen är för dålig.

Om fukttillskottet inte ventileras bort tillräckligt snabbt kommer det att vandra/förflytta sig inom byggnaden. Hur fukten rör sig beror bl.a. på den absoluta luftfuktigheten i olika delar av en byggnad. Fukten rör sig genom *diffusion* från hög till låg luftfuktighet. Fukten kan bl.a. diffundera genom ett otätt klimatskal (utan diffusionsspärr) och kondensera i isoleringen så att det uppstår fuktskador.

Variationer i *tryckförhållanden* medför att luft strömmar mellan olika byggnadsdelar – *konvektion*. Den strömmande luften kan också föra med sig fukt. Övertryck relativt uteluften kan uppstå i de övre delarna i en byggnad med självdragsventilation, t.ex. i en tvåvåningsbostad med öppen genomgång mellan våningarna. Övertrycket kan leda till att fuktig inneluft rör sig ut genom klimatskalet eller t.ex. upp på en kall vind. Fukten kan sedan kondensera i isoleringen/på vinden och orsaka fuktskador. När tryckförhållandena ändras (vid annan väderlek/när punktutslug startas), kan emissioner från fuktskadorna tränga in i bostaden. Därför bör man utreda olika tryckskillnader (över- och undertryck) gentemot omgivningen: mot uteluften, kryppgrund, vind, trapphus osv.

Kanal av	Ungefärlig läckning ggr klass A
murade betongblock	3-10
gjuten betong	1
murad lättbetong	10-25
murat tegel	10-15
asbestcement	10-15
plåt (före 1962)	2-10
plåt, cirkulärt tvärsnitt	0,25-2
plåt, rektangulärt tvärsnitt	0,5-3

Figur 3. Läckage genom olika typer av frånluftskanaler

Fig. 3 visar att det har betydelse vilka material frånluftskanalerna byggda av. Med en otätt frånlufts kanal hamnar en del av frånluften på oönskade platser. Fuktig frånluft kan läcka ut på en kall vind och orsaka fuktskador (5j). Samtidigt minskar drivtrycket.

Fukttillskott som indikator på hur ventilationen fungerar

Fukttillskottet går också att använda som indikator på hur bra ventilationen i bostaden tar hand om emissioner och föroreningar generellt. Vattenånga sprids, som alla gaser, relativt snabbt i ett utrymme. Förenklat kan man säga vattenångan sprids med en hastighet av ca 1 m/s. Det innebär att ånghalten snabbt kommer i jämvikt i ett öppet utrymme. Det kan ta betydligt längre tid för temperaturen att ställa sig i jämvikt. Detta är bra att känna till vid mätning av fukttillskott.

Det tar ju alltid tid för ventilationen att späda ut emissioner. Därför finns risker med att mäta momentanvärden av fukttillskottet i utrymmen som har periodvis kraftig fukttillförsel, t.ex. i duschrum. I denna typ av miljöer är det bättre att logga fukttillskottet över minst ett dygn för att se hur det varierar och även få ett medelvärde. För att kunna bedöma hur bostadens ventilation fungerar via mätningar av fukttillskottet, krävs alltså kunskap om hur utrymmet har nyttjats före och under mätningarna. Momentanvärdet är mer stabilt i utrymmen som själva inte producerar fukt, utan där tillförseln kommer via otätheter, t.ex. i vindsutrymmen.

Metod för att undersöka riskerna med höga fuktillskott

En god grund för att bedöma riskerna för att höga fuktillskott orsakar fuktproblem får man vid den inledande loggningen av bl.a. luftfuktighet ([1h](#)). I bostäder med flera plan – eller i de övre planen i flerbostadshus – är det också lämpligt att med rök konstatera om uteluftdon på de övre planen fungerar som frånluftdon ([1f](#), [1j](#)). I så fall finns även risk för fuktinträngning i klimatskalet om hindren mot konvektion och diffusion är otillräckliga.

7. Bristfällig placering och utformning av uteluftdonen orsakar kyla, drag och buller.

Uteluftdonens huvuduppgift är att släppa in tillräckliga mängder uteluft med lågt tryckfall. Luftflödet bör kunna regleras och det bör helst även finnas enklare uteluftfilter. Det låga tryckfallet kräver att filtren bör vara av typ grovfilter. Filtren bör enkelt kunna bytas eller tvättas av brukaren själv. I händelse av tillfälliga luftföroreningar utomhus, t.ex. brand, bör donen tillfälligt kunna stängas av helt.

Kravet på att kunna släppa in stora mängder uteluft med lågt tryckfall kan komma i konflikt med andra innemiljökrav, nämligen kraven på temperatur, dragfrihet och låga bullernivåer. För dessa tre miljöfaktorer finns tydliga riktlinjer från Folkhälsomyndigheten: Allmänna råd om temperatur inomhus ([14](#)) och Allmänna råd om buller inomhus ([15](#)).

För att minska risken för kyla och drag, kan luftintaget placeras bakom en radiator så att uteluften förvärms. Denna möjlighet saknas vid golvvärme. Om det inte är möjligt att förvärma uteluften, är det viktigt att luftströmningen blir diffus så att drag undviks. Inom tätbebyggda områden och nära biltrafik och andra bullerkällor bör uteluftdonen ha invändig ljudisolering för att skydda mot utomhusbuller.

Metod för att undersöka olämplig placering och utformning av uteluftdonen

Om brukarna har eller misstänks ha besvär av kyla/värme/drag/buller bör mätningar ske för att i första hand jämföra med Folkhälsomyndighetens allmänna råd och riktvärden ([7a](#), [7b](#)). Förekomst av störande drag kontrolleras med teströk eller mäts med termoanemometer.

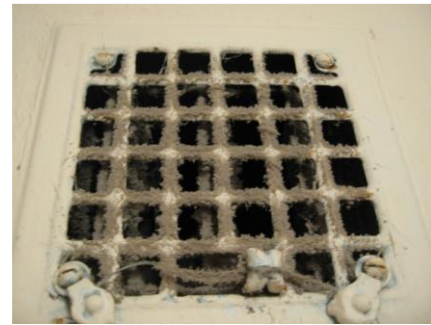
8. Ombyggnation, underhåll, skötsel

För några decennier sedan var självdragsventilerade bostäder vanliga och det fanns kunskaper om hur de skulle utformas för att fungera bra. Det termiska drivtrycket var ofta högre genom att frånluftkanalerna låg i anslutning till en rökkanal där man eldade i pannor, kakelugn, kamin eller vedspis. Om förbränningsluften till värmekällan dessutom togs via rumsluften blev det ordentlig fart på ventilationen vintertid, det termiska drivtryckets $T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}}$ var flera hundra grader! På den tiden var självdrags-systemen inte lika känsliga och fungerade bättre.

I takt med att dessa värmekällor försvinner blir det svårare att åstadkomma tillräckligt drivtryck för självdraget. Dessutom har okunnig ombyggnation ofta medfört att kanaler och don satts igen. Skafferi-ventiler har tagits bort och klaffventiler för ersättningsluft till kakelugnar har tapetserats över. Decentraliserade system kan ha byggts om till centraliserade utan att man skapat nödvändiga överluftdon. Överluftdon i form av en springa under dörren har förstörts när man lagt på nytt golv över det gamla. Man har mycket ofta bytt till nya uteluftdon med små tvärsnittareor/höga tryckfall som bromsar flödet. Klimatskalet har tätats så att läckflödet minskats, samtidigt som arean på uteluftdonen inte ökats i motsvarande grad.

En annan typ av ombyggnation är att många bostäder försetts med fjärrvärme, vilket medfört att temperaturen har blivit lägre än tidigare i radiatorer med vattenburen värme. För att kompensera för detta kan det därför krävas byte till större radiatorer. I annat fall blir den avgivna värmeeffekten för låg, något som i sin tur medför att brukarna stänger uteluftdon för att slippa frysa.

Alla ventilationssystem är beroende av bra underhåll. Olika hinder kan ha bildats i frånluftkanaler. En bit av en murad kanal har lossnat, en död fågel har ramlat ner och hindrar flödet. Kanaler, uteluftdon och frånluftdon måste därför inspekteras och rengöras regelbundet så inte tvärsnittsytan minskar och luftmotståndet ökar. Om allt fungerar som det ska, bör dessa olika typer av problem kunna upptäckas och åtgärdas genom fastighetsägarens egenkontroll och OVK, den obligatoriska ventilationskontrollen (8a). Funkis – Funktionskontrollanterna i Sverige förening har gett ut råd – Faro-S – för hur kontrollen av självdragsanläggningar bör gå till (16).



Frånluftsgaller. Foto från Faro-S

Att förstå hur självdragssystem fungerar är inte helt enkelt och det är inte självklart hur de ska skötas. Alla ute- och frånluftdon bör kunna regleras, helst steglöst. För att undvika bakdrag bör donen aldrig vara helt stängda, med undantag vid t.ex. tillfällig brandrök utomhus. Det är viktigt att brukare som köper eller hyr en bostad får lättfattliga instruktioner om självdrag fungerar och hur anläggningen ska skötas. Det är annars vanligt att brukare stryper/stänger uteluftdon som det drar ifrån. Då ökar läckflödena, det kan börja dra från andra don istället eller det kan bli bakdrag. Om det finns forceringsmöjlighet i kök/bad är det därför bra att samtidigt öppna fönster/vädringslucka. Och det är givetvis viktigt med regelbunden rengöring av don och eventuella filter.

I alla utredningar bör utredaren kontrollera att anläggningen underhålls och sköts som den ska. Brukarna bör få lättbegripliga instruktioner som grundar sig i vad utredaren kommit fram till (8b). Förslag kan också ges till fastighetsägare om förbättrat underhåll och ombyggnation av anläggningen.

Referenser

1. [Air quality in Europe 2020 report](#); European Environment Agency; 2020
2. [Ducted Range Hoods](#); ROCIS; 2019
3. [Guidelines för Ventilation Requirements in Buildings](#); Europakommissionen; 1992
4. [Berkley Lab – Building Ventilation – Supporting info – Direct impact of carbon dioxide](#); 2021
5. [Effects of low-level inhalation exposure to carbon dioxide in indoor environments: A short review on human health and psychomotor performance](#); Azuma K. m.fl.; Environment International; 2018
6. [On the Development of Health-Based Ventilation Guidelines Principles and Framework](#); Carrer P.; Int J Environ Res Public Health; 2018
7. [Bedroom ventilation: Review of existing evidence and current standards](#); Sekhar C. m.fl.; Science direct; 2020
8. [Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation](#); FoHMS 2014:18
9. [Så mår våra hus](#); Boverket; 2009
10. [Teknisk status i den svenska bebyggelsen](#); Boverket; 2010
11. [Självdragsventilation i flerbostadshus](#); Faraguna C.; Rapport TVIT--12/5039; Lunds tekniska högskola, Lunds universitet; 2012
12. [Flerbostadshus med styrd självdragsventilation och värmeåtervinning](#); Byggeforskningsrådet; Rapport R67:1986
13. [Självdragsventilation, Handbok](#); Boverket; 1995
14. [Folkhälsomyndighetens allmänna råd om temperatur inomhus](#); FoHMS 2014:17
15. [Folkhälsomyndighetens allmänna råd om buller inomhus](#); FoHMS 2014:13
16. Faro-S, Allmänna råd för tolkning av brister och fel vid OVK av självdragssystem; Funkis; 2020

Formulär för mätning och bedömning

Vilka mätningar/undersökningar som bör utföras är beroende dels av problembilden, dels av hur detaljerad undersökning som krävs. Formuläret samlar de olika undersökningsmomenten under numrerade rubriker som är kopplade till huvuddokumentets numrering av problemtyper. Fördjupade undersökningar (kanske inte alltid nödvändiga) är markerade med asterisker**. Oftast krävs flera besök i bostaden. I redovisningen bör då för varje besök anges datum, första luktintryck och väderförhållanden (pkt 1a-1c). Varje punkt avslutas med inmatningsfält för mätresultat och kommentarer.

Allmänna uppgifter

Innemiljöutredare:

Objekt (bostadens adress, lägenhetsnr etc.):

Antal boende:

Typ av bostad (lägenhet/villa, etc.):

Byggår:

Antal rum:

Total golvyta:

m²

Takhöjd:

m

Typ av inomhusproblem/Problembeskrivning:

Uppgifter om mätinstrumenten:

1. Första besöket samt inledande loggning av temperatur, luftfuktighet och koldioxidhalt

a) Datum för besök:

b) Hur upplevs luften när du stiger in i bostaden?

c) Väderförhållanden vid besöket

Temperatur ute: °C inne: °C

Nederbörd? Vindriktning (varifrån blåser det):

Vindstyrka (svag, medel, stark, ...): Vindbyar (inga, måttliga, starka, ...):

d) Rundvandring i bostaden för att få en överblick och höra brukarnas tankar om problemen. När är problemen värst? Var, i vilka rum? Hur yttrar de sig? Brukarnas teorier? Fråga om fukt i badrum, kondens på fönster, lukter utifrån, lukter i bostaden (hur luktar det och var? Drag från fönster/ uteluftdon? Bakdrag? Förstår brukarna hur systemet fungerar? OVK?

e) På en planritning/skalenlig skiss: Markera och numrera **U**teluftdon, **Ö**verluftdon och **F**rånluftdon. Markera **N**orr med pil. Gör en tabell över alla ute-, över- och frånluftsdon ([tabell 1](#)). OBS! Överluftdon kan vara springor över och under innerdörrar. Finns det äldre, igensatta don, uteluftdon i skafferi mm? Markera även don för forcerat luftflöde:

f) Kontrollera luftflöde och -riktning vid alla U-, Ö- och F-don med rök. OBS! Ändra inte donens inställning. Notera i [tabell 1](#): Allmänt tillstånd, nedsmutsning, lufthastighet (bra/ok/svagt/fel riktning). Markera verklig flödesriktning på skissen:

g) Montera och starta loggrarna och ange deras placeringar på skissen. Instruera brukarna om att de ska föra noggrann dagbok under loggningen och hur det ska gå till:

h) Efter utvärdering av logger- och väderdata: Vad säger kurvorna i relation till inomhusproblemen? Låga luftflöden? Höga CO₂-halter? Höga fukt tillskott? Önskad fuktvandring? Höga/Låga temperaturer? Behövs kompletterande loggning?

i) **Kompletterande mätningar/loggning: Mät/logga i ytterligare rum/utrymmen, t.ex. kök, dusch- o tvätttrum, andra våningsplan, källare, vind, kryprum, andra angränsande utrymmen. Komplettera

med väderdata. Gör en sammanfattande bedömning i relation till problematiken om risken för önskad fuktvandring/diffusion i bostadens klimatskal:

2. Förorenad utomhusluft sugas in via uteluftdonen

Beskriv utemiljön med hänsyn till luftföroreningar, t.ex. biltrafik, djurhållning, vedeldning, industrier. Lukta vid uteluftdonen i olika väderstreck. Vad säger brukarna? Är det intressant att mäta/logga luftföroreningar ute och inne parallellt? Finns risk för inläckage av luftföroreningar utifrån?

3. Undertrycket i bostaden medför att förorenad luft sugas in från oönskade platser

- Beskriv vilka utrymmen som finns i anslutning till bostaden och varifrån man kan misstänka inläckage av förorenad uteluft, t.ex. från trapphus, kryppgrund, vind, garage, grannar, restaurang osv. Är det intressant att mäta/logga luftföroreningar i något av dessa utrymmen parallellt med inomhusmätningar?
- Stäng så långt möjligt alla uteluftdon (täta ev. med tejp) och öppna maximalt alla frånluftdon. Forcera alla punktutsug där detta är möjligt. Gå runt i bostaden och undersök systematiskt med näsan och med rök alla tecken på förorenad eller ren luft som läcker in. Undersök bl.a. fönsterlister, takvinklar, golvvinklar, genomföringar etc. Undersök även alla frånluftdon för att se tecken på bakdrag. Ange punkter för inläckage (**I1**, **I2** osv.) med pilar på planskissen:

4. Bristfälliga punktutsug i kök, WC, dusch/bad

Starta de olika möjligheterna till forcering i kök/bad/dusch/tvätt/WC - en i taget och med både stängt och öppet fönster för tryckutjämning. Notera med rök eventuella förändringar i alla från- och uteluftdon när det gäller flödesriktning (bakdrag) och -styrka. Gör en sammanställning av de olika punktutsugen i bostaden i relation till problematiken (kök/bad/dusch/tvätt/WC mm). Är de effektiva för att föra bort föroreningar (matos, fukt mm)? Stör de ventilationssystemet i övrigt (med stängda/öppna fönster)? Finns det risk för bakdrag/dubbelcirkulation?

5. Låga luftflöden/Bristfällig allmänventilation

- Mät eller uppskatta lyfthöjden h , dvs. det vertikala avståndet mellan uteluftdonen och frånluftskanalernas mynning på taket. $h =$ m
Beräkna det teoretiska termiska drivtrycket: $[\Delta P_{\text{temp}} = 0,043 (T_{\text{inne}} - T_{\text{ute}}) * h]:$ Pa
- **Mätning av vindpåverkan: Mät tryckskillnaden mellan ute och inne i två motstående väderstreck, vid normala inställningar på donen och öppna innerdörrar. Ange även flödesvariationer (vindbyar), t.ex. $\Delta P_{\text{vindsida}}: 5 \pm 3$ Pa; $\Delta P_{\text{läsida}}: 2 \pm 1$ Pa. Mät på flera våningsplan:
- Är ute- och överluftdon resp. över- och frånluftdon placerade i förhållande till varandra så att rummen blir effektivt genomluftade?
- Gå igenom alla **U**-, **Ö**- och **F**-don och ange uppgifterna i **tabell 1**. Är de reglerbara? För uteluftdon: Finns det luftfilter, kondition? Är luftens väg utifrån och in inspekterbar? Föroreningar? För alla U-, Ö- och F-don: Mät/Uppskatta tvärsnittsarean (cm^2) där den är som lägst (öppna don). Var finns de viktigaste flödesbegränsningarna?
- **Alternativ till punkt d): Stäng alla dörrar med överluftdon och mät tryckfallen över alla U-, Ö- och F-don. Redovisa i **tabell 2**. Var finns de stora tryckfallen?

- f) Vid centraliserade system: Utgå från tvärsnittsytor för uteluftdonen och uppskatta den procentuella fördelningen av uteluftflödena mellan olika rum. Är det en bra fördelning med hänsyn till personbelastningen i t.ex. sovrummen?
- g) Om möjligt, mät frånluftsflödena i samtliga frånluftsdon med mätstos med under normala förhållanden. OBS! Mätstosen måste sluta tätt och tryckfallet över stosen måste vara försumbart:
- h) **Uppskattning av infiltrationens storlek, kräver mätning med mätstos: Jämför de totala frånluftsflödena med öppna resp. helt stängda (övertejpade) uteluftdon:
- i) Demontera F-donen och inspektera motsvarande frånluftskanaler. Ge **K**kanalen samma nummer som motsvarande F-don och för in uppgifter om kanalerna i **tabell 3**: material (cirkulär plåt, murad osv), tvärsnittsarea, nedsmutsning (ficklampa), ombyggnation? Flödesbegränsningar?
- j) **Besök på vind och tak (tänk på fallrisken, ev. kan drönare användas): På vinden: Undersök frånluftskanalerna utvändigt (tillverkningsmaterial, läckage, fuktskador,). På taket: Undersök frånluftskanalerna invändigt (tillverkningsmaterial, tvärsnittsarea, nedsmutsning och flödesbegränsningar/hinder [ficklampa/boroskop]) samt ev. skorstenshuv (typ, tvärsnittsarea):

7. Bristfällig utformning av uteluftdonen

- a) Förekommer besvärande kyla och drag? Mät lufttemperaturer och lufthastigheter i vistelsezonen nära uteluftdonen och jämför med riktlinjer:
- b) Störs brukarna av störande utomhusbuller? Bullerkällor utomhus? Är donen bullerisolerade? Mät utomhusbuller i vistelsezonen nära uteluftdonen. Jämför med riktlinjer:

8. Ombyggnation, underhåll, skötsel

- a) Har förhållandena förändrats sedan huset byggdes, så att förutsättningarna för självdrag förändrats (ombyggda/igensatta don, eldning som upphört, ombyggda kanaler, fjärrvärme ...)? Finns OVK-krav, vilka intervall? Vad noterades vid senaste OVK?
- b) Vilka instruktioner har brukarna fått om hur självdragsanläggningen ska skötas?

Sammanfattning

Sammanfattande bedömning av självdragsanläggningens påverkan på brukarnas besvär/innemiljöproblemen:

Förslag på åtgärder i prioritetsordning:

Datum:

Underskrift: