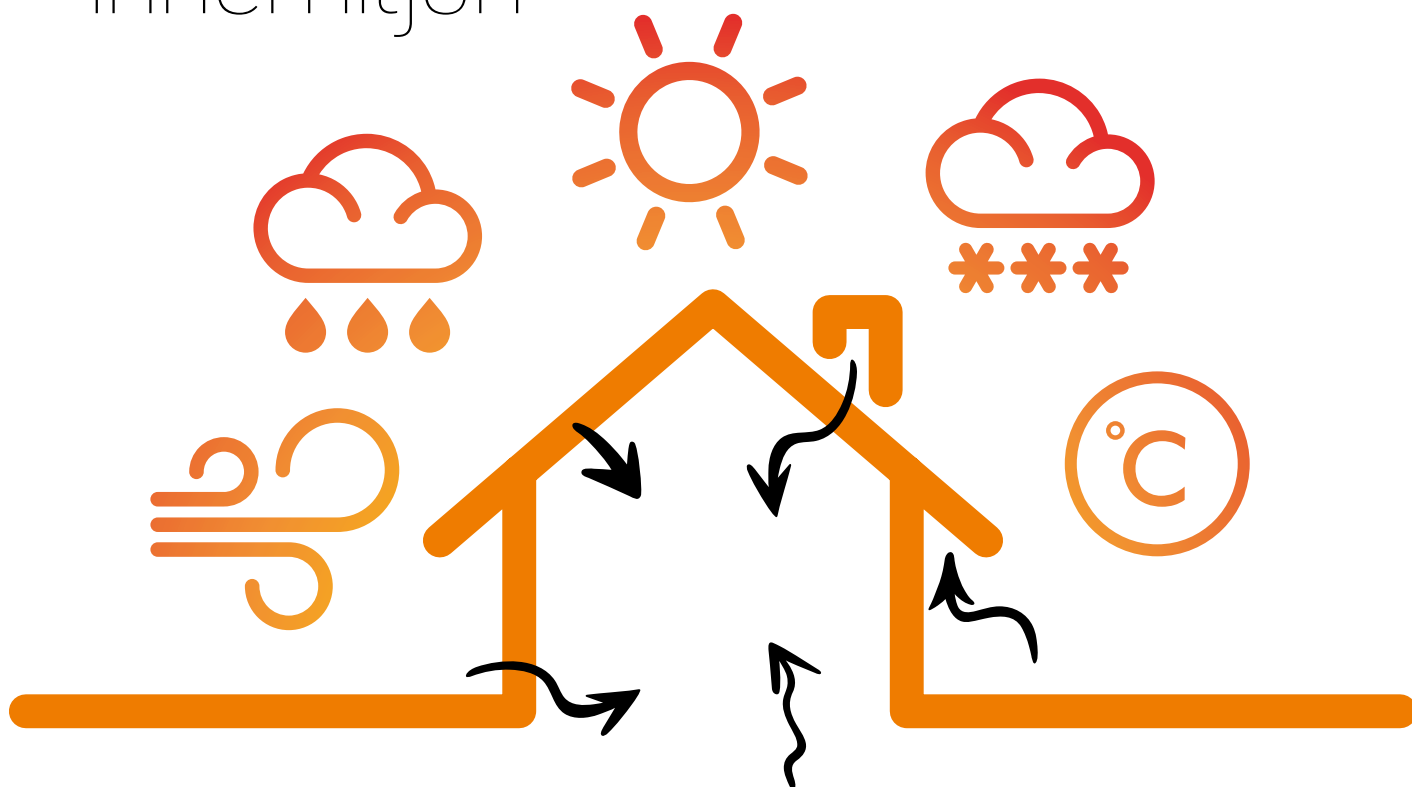


PRAKTISKA TILLÄMPNINGAR

Hur transport av luft och föroreningar från krypgrund och klimatskalet påverkar innemiljön



Hur vi mår i våra hus påverkas av vad vi har för luftkvalitet inomhus och eftersom vi tillbringar mycket tid inomhus är det viktigt att minimera föroreningar i luften.

TEXT: PAULA WAHLGREN, FREDRIK DOMHAGEN

Föroreningar, eller sådant som kan upplevas som olägenheter, som finns i inomhusluften kan komma både från utomhusluften och produceras inne i husen, såsom emissioner från byggnadsmaterial (särskilt

fuktiga sådana), partiklar från förbränning (t.ex. levande ljus eller tobak), och emissioner från rengöringsprodukter eller hygienprodukter. Ytterligare en möjlighet är att föroreningarna kommer ifrån själva byggnadsskalet, det så kallade klimatskalet. Exempel på föroreningar från klimatskalet är mögelsporer från fuktskadat virke, radon

från blåbetong, lukt från jordbakterier i krypgrund eller från tryckimpregnerat trä. Dessa föroreningar följer oftast med luftströmmar till inomhusmiljön via otätheter. För att hindra dessa luftströmmar kan man antingen tätat eller påverka tryckbildningen över byggnaden så att drivkraften för luftströmmarna minskar.

Figur 1. Illustration av vanliga otätheter och luftströmmar i en byggnad vid undertryck.

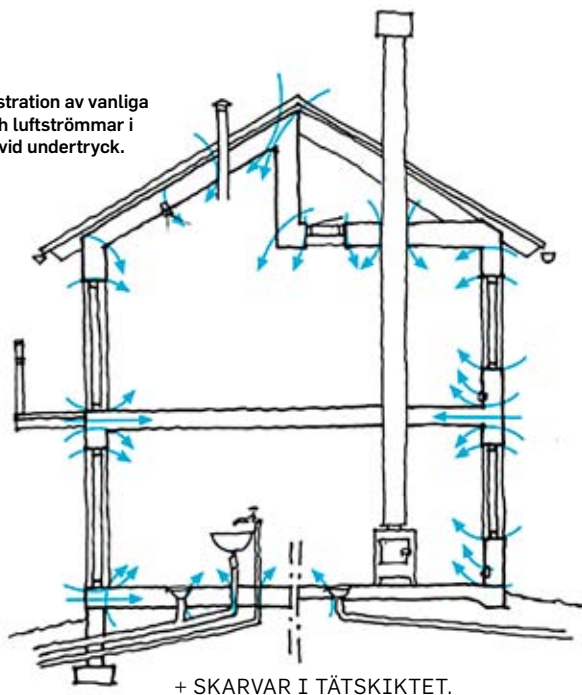


Illustration: Eric Werner



Figur 2. I taket på en trevånings 70-talsvilla har damm deponerats under många år vilket givit en tydlig indikation på hur luften har rört sig.

LUFTENS VÄG I KLIMATSKALET

Otätheter i klimatskalet finns främst vid anslutningar mellan byggnadsdelar samt runt genomföringar, se figur 1. Inte minst i äldre byggnader är detta ett problem. Ombyggnad, tillbyggnad och nya installationer bidrar till problemet. Om man undviker otätheter hindrar man inte bara föroreningstransport, man kan även få ett bättre termiskt klimat och undviker de extra värmeförluster som drag medför.

Luftströmmarnas riktning påverkas av hur tryckbilderna är kring och i byggnaden, tryckbilderna i sin tur påverkas av ventilationssystemet och de olika driftsfall man har, hur vinden blåser och av skorstenseffekten. Skorstenseffekten uppkommer eftersom varm luft är lättare än kall, vilket under den kallare årstiden medför att varm luft i byggnaden stiger uppåt och skapar övertryck i de övre delarna av byggnaden. I byggnadens nedre del skapas istället undertryck vilket medför att kall luft strömmar in i byggnaden genom otätheter. I figur 2 kan man se hur takisolering har smutsats ner av inomhusluften efter över 30 vintrar av övertryck och luftläckage.

Tryckbilderna som skapas över byggnadens klimatskal skapas även av ventilationssystemet där ett frånluftssystem skapar ett avsevärt undertryck i byggnaden och där ett balanserat system designas för att skapa ett betydligt mindre undertryck på bara

några pascal. Även vinden har stor påverkan på byggnaden. Vid mycket vind och ett vindutsatt läge kan tryckskillnaden bli över 100 pascal över klimatskalet, där luften trycks in på den anblåsta sidan och suges ut på läsidan. En ökad vindpåverkan ger oftast ett ökat undertryck i byggnaden, vilket medför att eventuell underliggande kryppgrund kan få högre tryck än byggnaden

och medföra att luften transporteras från kryppgrunden till inomhusmiljön.

Eftersom skorstenseffekten, ventilationssystemet och vinden alla bidrar till tryckbilderna runt och i byggnaden, och eftersom dessa inte är konstanta i tid (eller rum), kommer trycket vara olika vid olika tillfällen. Det betyder även att luftströmmarna har olika riktningar vid olika tillfällen. Vid

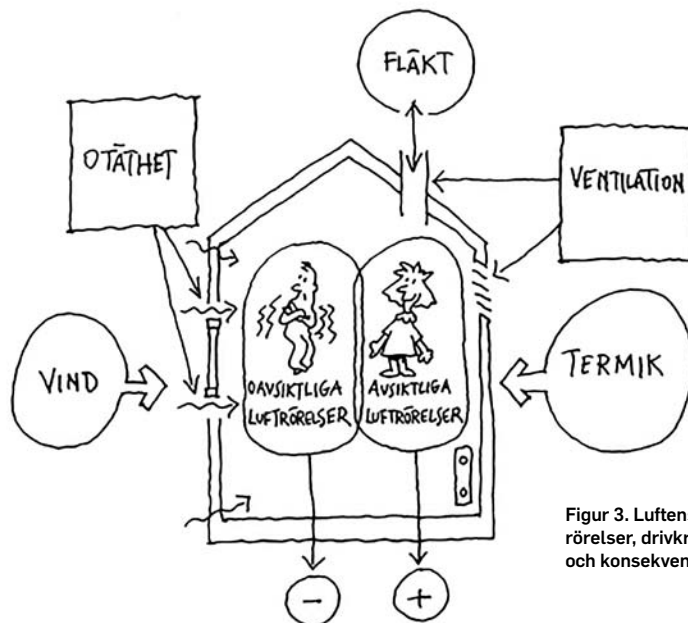
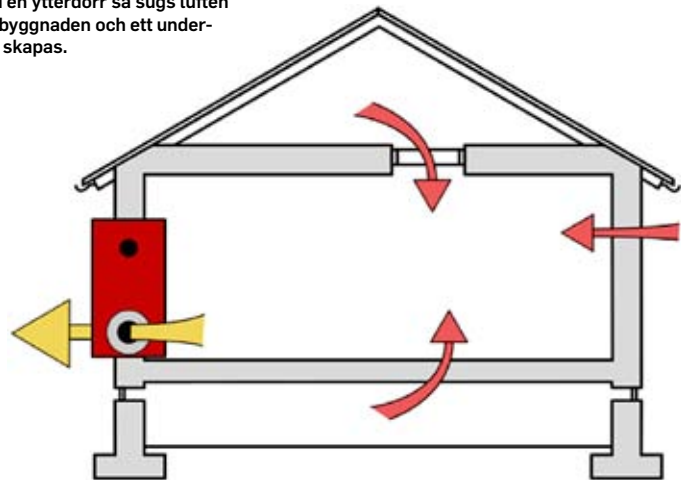


Illustration: Eric Werner

Figur 3. Luftens rörelser, drivkrafter och konsekvenser.



Figur 4. Med hjälp av en Blower door i en ytterdörr så sugts luften ut ur byggnaden och ett undertryck skapas.



>> ett tillfälle kan tryckbilden vara sådan att mögelsporer transporteras från vindsutrymmet till inomhusmiljön och vid ett annat tillfälle är det lukter från kryppgrunden som kommer in till inomhusluften. I de fall då man har upplevt problem med inomhusluften krävs ofta mycket arbete för att ta reda på orsakerna till problemen. De första stegen innebär kartläggning av problemen, byggnaden och verksamheten. I vissa fall krävs även mätningar i byggnaden (se exempelvis Swesiaq, 2017). Ifall man misstänker att föroreningar från klimatskalet är en av orsakerna till problemen och om man vill verifiera detta med mätningar så behöver man mäta vid ett tillfälle

då tryckbilden medför luftströmmar via klimatskalet till inomhusmiljön.

ATT DETEKTERA LUFTSTRÖMMAR

Ett första steg brukar vara att identifiera var det finns otätheter. Då skapar man ett undertryck i byggnaden med hjälp av en s.k. Blower Door, se figur 4, så att luft sugts in i byggnaden genom otätheter.

Luften kan detekteras med flera olika metoder (se exempelvis Sikander, 2008). Luftströmmar, särskilt kalla, kan detekteras med bara handen, annars med rökpenna. Ett effektivt sätt att hitta luftströmmar, ifall det finns en temperaturskillnad över klimatskalet, är att använda en termografe-

ringskamera när byggnaden har undertryck. Då syns luftströmmarna som kallare delar av klimatskalet, men det krävs en viss erfarenhet för att tolka bilderna och särskilja köldbryggor från luftläckage. I figur 5 syns ett läckage i en dörröppning mitt i en byggnad. Kall luft transporteras här från kryppgrunden under byggnaden, in till den varmare inomhusmiljön, vilket syns som ett blått parti på termograferingskamerans skärm. Man kan också använda sig av rök eller spårgas, t.ex. koldioxid, som tillförs ett specifikt utrymme för att hitta läckagen.

EXEMPEL PÅ UNDERSÖKNING I EN UTDÖMD SKOLA
Tyvärr finns det många exempel på skolor



Figur 5. Termograferingsutrustning vid läckagesökning.



Figur 6. Exempel på utblås från kryppgrund.

som har problem med inomhusmiljön. Elever och lärare klagar på lukter, ont i huvudet, för varmt/kallt, torr luft, smuts och damm med mera. Detta påverkar elever och lärares välmående och prestationer, det är därför viktigt att det finns fungerande metoder att använda för att utreda orsakerna till besvären. Vi har använt en skola med dokumenterade inomhusmiljöproblem som studieobjekt för att förbättra utredningsmetodiken, inklusive att hitta luftläckage genom klimatskalet. En orsak till problemen med inomhusmiljön i skolan misstänks vara att luft kommer upp ifrån kryppgrunden till inomhusluften genom en stor mängd otätheter. Kryppgrunden är fuktig och där finns också trä som är tryckimpregnerat med pentaklorfenol. Kombinationen tryckimpregnerat trä och fukt kan medföra att klorisanol emitteras, vilket är ett ämne som luktar illa och som kan misstas för mögellukt. För att undvika att kryppgrundsluften transporteras uppåt har man installerat en fläkt i kryppgrunden som skapar ett undertryck i kryppgrunden genom att dra ut luften utomhus, se figur 6.

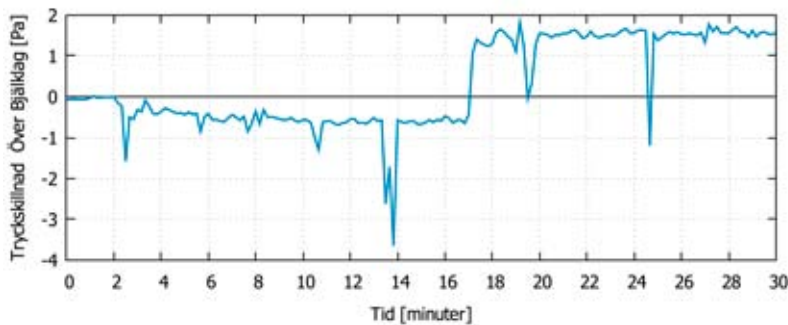
För att en sådan här lösning skall fungera behöver kryppgrunden hela tiden ha ett undertryck gentemot inomhusmiljön. Frågan är om detta undertryck finns där oavsett det yttre klimatet. Är det kvar om det blåser mycket (vilket sänker trycket inomhus), är det kvar under riktigt kalla perioder (vilket sänker trycket vid golvnivå inomhus) och är det kvar oavsett vilken ventilation som är igång?

För att kunna svara på detta har vi, i ett pågående forskningsprojekt, undersökt den aktuella skolan under olika tryckförhållanden som skapats av klimat och mekanisk ventilation. Vi har även studerat var läckagen i byggnaden finns med olika metoder. Informationen hjälper oss att koppla samman klimat och ventilation med läckagevägar och läckageriktningar. Med hjälp av resultaten från mätningarna har vi kunnat konstatera att det finns flera läckagevägar mellan kryppgrunden och inomhusmiljön. Ett av de större läckagen finns i ett skåp, där exempelvis el och tele kommer upp ifrån kryppgrunden, men det finns också läckage i skarvar mellan byggnadsdelar.

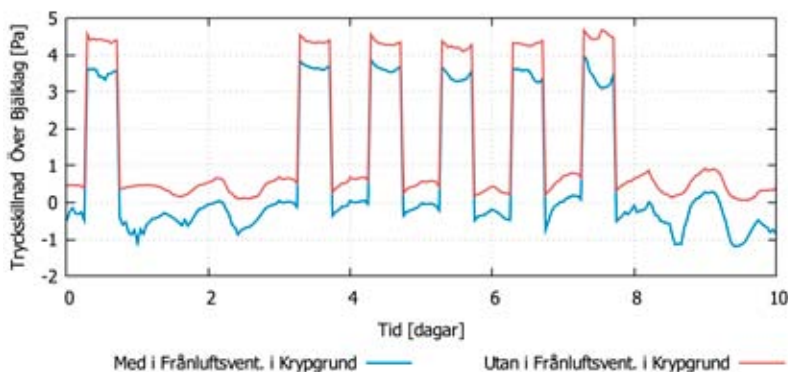
Det sker också kontinuerliga mätningar av uteklimatet (temperatur, vindriktning, vindhastighet), samt av tryckskillnaden över kryppgrundsbjälklaget, så att man kan spåra om och när luften kommer upp från kryppgrunden, vilket skulle kunna ske främst när det är blåsigt och kallt. I figur 8 visas uppmätt tryckskillnad över bjälklaget under ungefär 16 minuter innan frånluftsventilationen i kryppgrunden stängs av samt tryckskillnad under ungefär 14 minuter då



Figur 7. Otätheter kring ledningar lokaliserar med hjälp av spårgasmätning, i detta fallet koldioxid.



Figur 8. Tryckskillnad över kryppgrundsbjälklaget, för positiva värden går luften uppåt (båda). Resultat från mätning i mars 2018.



Figur 9. Resultat från simulering av tryckskillnaden över bjälklaget i en byggnad med kryppgrund, med och utan frånluftsventilation i kryppgrunden. Positiv tryckskillnad innebär att luft transporteras upp till inomhusmiljön.

frånluftsventilationen varit avstängd. Mätningen gjordes under en vindstilla dag med en utetemperatur strax över noll. I detta fall klarar frånluftsventilation att hålla ett svagt undertryck i kryppgrunden. Vidare

mätningar av tryckskillnaden över bjälklaget kommer att visa ifall detta gäller även då det blåser mer eller är kallare utomhus.

I figur 9 visas tryckskillnaden över kryppgrundsbjälklaget i en simulerad byggnad.

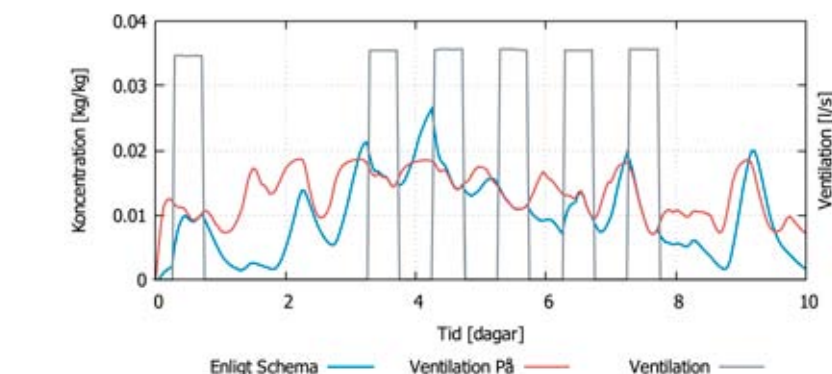
» Byggnaden är ett envåningshus som ventileras (0.5 luftomsättningar per timme) med schemalagd ventilation (frånluftsventilation) som startar 06.00 och stängs av 17.00, ventilationen är även avstängd under helger. Simuleringen är gjord med väderdata för Göteborg, tio dagar i september. I simuleringarna antas även fullständig omblandning vilket innebär att temperatur och koncentration är jämnt fördelad inomhus. Två olika fall redovisas; ett fall där kryppgrunden har frånluftsventilation påslagen (blå linje) och ett fall där den är avstängd (röd linje). Positiva värden på tryckskillnaden innebär att luft transporteras upp till inomhusmiljön. I de simulerade fallen sker det en lufttransport uppåt hela tiden då det inte finns någon frånluftsventilation i kryppgrunden. När frånluftsfläkten är igång kommer det oftast inte upp någon luft, så länge ventilationen i byggnaden är avstängd, men så fort den sätts igång vänder luftströmmen och kryppgrundsluften kommer in.

Ytterligare simuleringar gjordes för att undersöka hur föroreningskoncentrationen inomhus påverkas av ventilationsstrategin. Även här simuleras reducerad ventilation under nätter och helger.

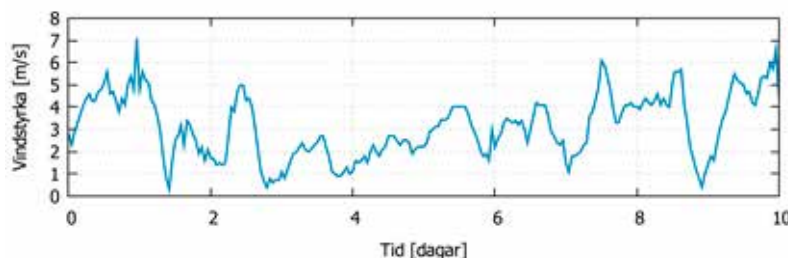
Om man jämför vindhastighet (figur 11) och föroreningskoncentrationen (figur 10) när ventilationen är enligt schema (blå linje), d.v.s. avstängd under natten och helger, ser man att föroreningskoncentrationen ökar när vinden ökar. Detta sker framförallt under tidig morgon, d.v.s. innan ventilationen går på (grå linje). När ventilationen sätts på kl.6 är föroreningskoncentrationen ofta hög inomhus men efter några timmar närmar sig de två kurvorna. I modellen är inte sekundära effekter inkluderade. Det betyder att föroreningar som kommer upp från kryppgrunden under natten kan sätta sig i materialen inomhus och avges under dagen vilket inte finns med i simuleringen. Hur föroreningshalterna varierar är också beroende av fördelningen av otätheter i byggnaden (konstant i simuleringarna) och av temperaturer (varierande enligt klimatdatafiler i simuleringarna). En mätmetod för att studera föroreningstransporten med hjälp av torris är under utvecklande och finns beskriven i Domhagen & Wahlgren (2018).

SAMMANFATTNINGSVIS

Luftläckage genom klimatskalet kan alltså ge upphov till att eventuella föroreningar sprids från klimatskalet till inomhusmiljön. I nuläget görs sällan undersökningar för att utreda ifall luftläckage från klimatskalet är orsaken till inomhusmiljöproblem; tryckbilderna behöver analyseras och korrelationer mellan



Figur 10. Resultat från simulering av byggnad med kryppgrund. Grafen visar spårgaskoncentration (CO₂) i byggnaden med föroreningskälla i kryppgrunden. Byggnaden ventileras enligt schema som startar 06.00 på morgonen och stängs av 17.00 på kvällen under vardagar. Som jämförelse redovisas även koncentrationer då ventilationen är på dygnet runt alla dagar. Simulering är gjord med väderdata för tio dagar i september.



Figur 11. Visar vindstyrka under tio dagar som används som indata till figur 10.

lan klimat (vind och temperatur) och inomhusmiljö behöver beskrivas. Vidare behöver det fastställas ifall det finns otätheter och läckage in från klimatskalet för att rätt renoveringsåtgärder skall kunna göras när det finns problem. Undersökningar pågår för att kunna beskriva en metodik som underlättar inomhusmiljöutredningar med avseende på läckage. ■

Referenser

Sikander E, Wahlgren P, 2008, Alternativa metoder för utvärdering av byggnadsskalets lufttäthet, SP Rapport 2008:36, 2008

Swesiaq-modellen vers 6.0, 2017, www.swesiaq.se, hämtad 2018-10-24

Domhagen F, Wahlgren P, 2018, Method for detecting contaminant transport through leakages in a condemned school, International Building Physics Conference, IBPC, September 2018



PAULA WAHLGREN

Docent byggnadsfysik, Avdelningen för byggnadsteknologi, Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Chalmers tekniska högskola.



FREDRIK DOMHAGEN

Doktorand byggnadsfysik, Avdelningen för byggnadsteknologi, Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik, Chalmers tekniska högskola.