

ÅTERLUFT I LIVSMEDELSBUTIKER

SLUTRAPPORT

VERSION 2. 2023-10-13



UTFÖRT AV

Maria Haegermark

Lars Ekberg

CIT Renergy

RELIVS - RESURSEFFEKTIV LIVSMEDELSHANTERING

Resurseffektiv livsmedelshantering, Relivs, är sedan 2019 ett av Beloks Fördjupningsområde. Nätverket har dock funnits sedan 2011, först som ett program och sedan som ett innovationskluster, då under namnet BeLivs. Nätverket är en mötesplats för samarbeten mellan Energimyndigheten, näringslivet, offentliga aktörer, akademien och utrustningsleverantörer.

Livsmedelshandeln hade en total energianvändning för uppvärmning, varmvatten och komfortkyla om 633 GWh år 2019. Motsvarande energianvändning för restauranger var samma år 277 GWh. Energinvändningen per kvadratmeter (2019) i livsmedelslokaler var 141 kWh/m² och i restauranger 144 kWh/m². Energinvändning för driftel var 2019 totalt 319 GWh i livsmedelsbutiker och 190 GWh i restauranger. I denna statistik (från Energimyndigheten) ingår inte verksamhetsenergi, vilken i livsmedelslokaler normalt är betydande. När energieffektiviserande aktiviteter genomförs i livsmedelslokaler är det viktigt att se över möjligheterna till reduktion av både den energi som ingår i fastighetsenergin och verksamhetsenergin. Utveckling av samverkansmöjligheter mellan den som driver verksamheten och den som äger byggnaden, är därför viktig.

Fördjupningsområdet Storkök har varit verksamt sedan 2016 och har legat direkt under Belok som ett eget område. Inom Storkök har fokus varit på upphandling, utrustning, beteende och projektering samt demonstrationsprojekt. Nyckelaktörer inom gruppen är leverantörer, beställare, storkökspersonal och konsulter.

Under 2020 slogs Beloks två Fördjupningsområden Relivs och Storkök samman till ett område. Detta gjordes för att få mer driv i de båda Fördjupningsområdena men även för att det finns tydliga kopplingar mellan dem. Fördjupningsområdet Relivs är så vittomfattande att det hanteras som ett eget nätverk under paraplynätverket Belok.

Relivs finansieras av Energimyndigheten.

Alla förstudierapporter görs tillgängliga via www.relivs.se. Frågor kopplat till denna rapport hänvisas till info@relivs.se

SAMMANFATTNING

I livsmedelsbutiker distribueras värme och kyla vanligen med ventilationen, vilket normalt kräver större luftmängder än erforderligt hygienflöde. Genom återförsel av en del av frånluften kan behovet av tillförd energi för att värma eller kyla ventilationsluften minskas. Hur stor andel återluft som är acceptabelt i livsmedelsbutiker är dock omtvistat och det finns få dokumenterade erfarenheter.

I den här förstudien undersöks hur en hög andel återluft påverkar luftkvaliteten i livsmedelsbutiker genom mätningar i två butiker. Detta med syfte att bidra till ett bättre bedömnings- och beslutsunderlag vid projektering och styrning av ventilationen i den här typen av lokaler. En diskussion har även förts med personer från kravställande myndigheter och branschexperter.

De studerade butikerna skiljer sig åt vad gäller bland annat:

- *Butiksyta:* 1350 m² respektive 6550 m²
- *Entrélösning:* Skjutdörrar med luftsluss respektive karuselldörrar
- *Varor:* Den större butiken har ett större sortiment samt bygghandel i samma lokal.
- *Andel återluft:* 88–100% respektive 53%

Luftkvalitet har bedömts genom mätningar av temperatur, relativ fuktighet, koldioxid, totala flyktiga organiska kolväten (TVOC) och totala aldehyder.

Resultat från studien tyder på att det med rätt förutsättningar är möjligt att upprätthålla en god luftkvalitet i en livsmedelsbutik även med en mycket hög andel återluft, men också att detta förmodligen inte bör vara en generell rekommendation. Vid val av återluftsandel och styrstrategi behöver hänsyn tas till föroreningskällor och andra förutsättningar i den specifika butiken.

För framtagande av en vägledning gällande utformning, dimensionering och styrning av ventilation i livsmedelsbutiker krävs vidare studier. Resultat från genomförda mätningar indikerar att styrning efter koldioxid inte alltid är tillräckligt för att säkerställa en god luftkvalitet, vilket också lyfts fram i intervjuer. Därav föreslås fortsatt arbete med fokus på att öka kunskapen om andra föroreningskällor än människor i livsmedelsbutiker och olika sätt identifiera och hantera dessa.

INNEHÅLL

1.	Inledning	6
1.1	Bakgrund.....	6
1.2	Syfte	7
1.3	Mål och frågeställningar.....	7
1.4	Genomförande	7
2.	Myndighetskrav och handböcker	9
2.1	BBR och Möjligheternas byggregler	9
2.2	Arbetsmiljöverkets föreskrifter	11
2.3	Obligatorisk funktionskontroll.....	12
2.4	Handböcker.....	13
3.	Mätstudie	14
3.1	Mätningar i butik A	15
3.2	Mätningar i butik B	25
4.	Energibesparingspotential	30
4.1	Butik A.....	30
4.2	Butik B.....	30
5.	Diskussion och slutsatser	33
	Bilaga 1 Mätresultat Butik A	37
	Bilaga 2 Mätresultat Butik B	45

1. INLEDNING

1.1 Bakgrund

Energianvändningen i livsmedelsbutiker är generellt hög. I butikerna används framför allt stora mängder energi till livsmedelskyla och belysning, men även fläktar och uppvärmning kan stå för en betydande del. Enligt Energimyndighetens nationella statistik användes under 2021 totalt 673 GWh för uppvärmning, tappvarmvatten och komfortkyla och 329 GWh för fastighetsel i lokaler för livsmedelshandel.

En energibesparande lösning kopplat till ventilationen är användning av återluft, vilket innebär att en del av frånluften från butiken återcirkuleras som tilluft efter inblandning uteluft. I livsmedelsbutiker distribueras värme och kyla vanligen med ventilationen, vilket normalt kräver större luftmängder än erforderligt hygienflöde. Genom återförsel av en del av frånluften minskar behovet av tillförd energi för att värma eller kyla ventilationsluften. Hur stor mängd återluft som är acceptabelt i livsmedelsbutiker är dock omtvistat. I en nyligen genomförd Relivs-förstudie¹ förespråkade flera av de medverkande respondenterna återluft som en självklar lösning för att spara energi och ansåg att det bör användas i högre utsträckning. Ett par av respondenterna menade även att det bör vara möjligt att utnyttja en högre grad återluft än vad som normalt tillåts idag, med motiveringen att livsmedelsbutiker har en stor infiltration av uteluft genom entréer och att detta är tillräckligt för att upprätthålla en god luftkvalitet. Bland andra aktörer finns dock farhågor om att en god luftkvalitet inte kan säkerställas om en så hög andel återluft används att myndighetskrav på minsta erforderliga uteluftsflöde genom ventilationen frångås.

Det finns få dokumenterade erfarenheter av fördelar och eventuella negativa konsekvenser med en hög andel återluft (upp till 100%) i livsmedelsbutiker. En mätstudie om återluft i butiker genomfördes inom BeLivs 2013². Resultaten visade på en stor besparingspotential för både värme och komfortkyla, liksom på att en god luftkvalitet kunde uppnås trots 100% återluft. Parametrar för luftkvalitet mättes dock enbart i en butik och författarna konstaterar att fler mätningar behöver utföras, framför allt i butiker med låg ofrivillig ventilation och med olika typer av produktsortiment, för mer långtgående slutsatser.

I ovan nämnd Relivs-förstudie liksom vid Relivs vårträff i maj 2022 identifierades intresse och behov bland butiksägare av att närmare studera vilken effekt en hög andel återluft kan ha på luftkvaliteten och vilken energibesparing det kan medföra för en butik.

¹ M. Haegermark, P. Ekoff, J. Termens, "Ventilation i livsmedelsbutiker – Om riktlinjer och utvecklingsbehov", Relivs, 2022

² K. Fyhr, L. Rosell och C. Markusson, "Energieffektivare ventilation i butiker - återluft," Belivs, SP, 2013

1.2 Syfte

Förstudien syftar till att öka kunskaperna om hur en hög andel återluft påverkar luftkvaliteten och energianvändningen i livsmedelsbutiker och därigenom bidra till ett bättre bedömnings- och beslutsunderlag vid projektering och styrning av ventilationen i dessa lokaler.

1.3 Mål och frågeställningar

Förstudien har följande mål:

- Att genom mätningar ge verkliga exempel på hur inblandning av olika mängd återluft i tilluften påverkar luftkvaliteten i livsmedelsbutiker.
- Att utifrån mätningarna bedöma om det är möjligt att upprätthålla en god luftkvalitet med en hög andel återluft (upp till 100%).
- Att för studerade objekt uppskatta möjlig energibesparing genom användning av 100% återluft jämfört med en lägre andel.
- Att för studerade objekt uppskatta den ofrivilliga ventilationen genom infiltration och entréer.
- Att beskriva hur myndighetskrav avseende luftkvalitet påverkar möjligheter till utformning och styrning av ventilationssystem med återluft i livsmedelsbutiker.
- Att ge underlag för vägledning avseende systemutformning och styrstrategier för återluft i livsmedelsbutiker samt ge förslag på vilka kontroller som bör göras i samband med OVK för säkerställande av god inomhusmiljö.
- Att beskriva eventuella kunskapsluckor och ge förslag på fortsatt arbete.

1.4 Genomförande

För att uppnå målen har följande aktiviteter genomförts.

1. Mätningar för bedömning av luftkvaliteten i livsmedelsbutiker med olika mängd återluft. Mätningar har genomförts i två livsmedelsbutiker i fristående byggnader och inkluderade loggning av:
 - Luftflöden
 - Koldioxid i till- och frånluften samt i butik
 - Totala flyktiga organiska kolväten (TVOC) i till- och frånluften
 - Totala aldehyder i till/eller frånluften
 - Temperatur
2. Samtal med olika aktörer kring projektering och styrning av återluft, samt erfarenheter avseende drift och luftkvalitet. Intervjuer genomförs med:
 - Representant för OVK-kontrollanter: Torbjörn Knutsson, ordförande för organisationen Funkis (Funktionskontrollanterna i Sverige)

- Förvaltare och driftpersonal
- Styrprojektör

Diskussion kring myndighetskrav och vägledningar kopplat till luftkvalitet, luftomsättning och återluft i livsmedelsbutiker i intervjuer med:

- Fredrik Haux, sakkunnig inom ventilation och termiskt klimat på Arbetsmiljöverket
- Peter Brander, sakansvarig för Termisk komfort och Fukt på Boverket (kontakt via e-post)
- Björn Grahn, WSP som på uppdrag av Boverket arbetar i projektet *Möjligheternas byggregler* med konsekvensutredning och samordning av arbetet kring regler inom område Hygien, hälsa och miljö (idag kapitel 6 i BBR).
- Mats Östlund, Svensk Byggtjänst och författare till handboken *Minimikrav på luftväxling*

Personer från CIT Renergy som har varit involverade i projektet utöver projektledare:

- Josep Termens: mätningar
- Stefan Aronsson: mätningar
- Peter Filipsson: bearbetning av data

2. MYNDIGHETSKRAV OCH HANDBÖCKER

Regler och allmänna råd kring ventilation ges ut av Boverket, Arbetsmiljöverket och Folkhälsomyndigheten. Vad dessa innebär när det kommer till erforderlig luftomsättning och möjlighet att använda återluft i livsmedelsbutiker har diskuterats med personer som arbetar vid eller för de aktuella myndigheterna, samt med ordförande för Funkis, Funktionskontrollanterna i Sverige.

Då merparten av myndigheternas krav är i form av funktionskrav, och det är upp till anläggningsinnehavare, arbetsgivare, byggherre, projektör osv. att se till att dessa uppfylls (genom lämplig utformning och drift av byggnaden och dess system), har handböcker med riktlinjer tagits fram till hjälp vid projektering och upphandling. Gällande myndighetskrav, framtida utveckling samt kommande behov av att utveckla den här typen av vägledande dokument har diskuterats med författaren till Minimikrav på luftväxling, Mats Östlund.

2.1 BBR och Möjligheternas byggregler

I Boverkets byggregler³ *avsnitt 6:21* ställs allmänna krav på god luftkvalitet i rum där människor vistas mer än tillfälligt: ”Byggnader och deras installationer ska utformas så att de kan ge förutsättningar för en god luftkvalitet i rum där människor vistas mer än tillfälligt. Kraven på inneluftens kvalitet ska bestämmas utifrån rummets avsedda användning. Luften får inte innehålla föroreningar i en koncentration som medför negativa hälsoeffekter eller besvärande lukt.”

I **BBR 6:25 Ventilation** ställs följande krav på ventilationssystemet: ”Ventilationssystem ska utformas så att erforderligt uteluftsflöde kan tillföras byggnaden. Ventilationssystem ska också kunna föra bort hälsofarliga ämnen, fukt, besvärande lukt, utsöndringsprodukter från personer och byggmaterial samt föroreningar från verksamheter i byggnaden i den utsträckning sådana olägenheter inte förs bort på annat sätt.” I det tillhörande allmänna rådet uppges bland annat att det vid projektering av ventilationsflöden bör tas hänsyn till påverkan av personbelastning, verksamhet, fuktillskott, materialemissioner samt emissioner från mark och vatten. I **BBR 6:251 Ventilationsflöde** ställs därtill krav på att ventilationssystem ska utformas för ett lägsta uteluftsflöde motsvarande 0,35 l/s per m² golvarea. Detta gäller alla rum där människor vistas mer än tillfälligt

I **BBR 6:2525** ställs krav vid användning av **återluft**:

- ”Återluft till rum ska ha så god luftkvalitet att negativa hälsoeffekter undviks och besvärande lukt inte sprids.
- Återföring av frånluft från kök, hygienrum eller liknande utrymmen får inte ske.”

Till kravet hör även ett allmänt råd som säger att återluftsflödet bör kunna stängas av vid behov.

³ Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd, BBR. BFS 2011:6 med ändringar t.o.m. BFS 2020:4

Boverket genomför nu omfattande förändringar i myndighetens byggregler.⁴ I *Möjligheternas byggregler* görs en översyn av Boverkets byggregler (BBR) och konstruktionsreglerna (EKS) och ett nytt förenklat regelverk tas fram. Detta görs enligt Boverket för att kunna bidra till ett snabbare och mer kostnadseffektivt byggande och bättre möjliggöra för utveckling och innovation genom att samhällsbyggnadssektorn får utökade möjligheter och större ansvar för att utveckla byggandet. Efter översynen kommer byggreglerna att:

- bestå av färre regler
- vara formulerade som funktionskrav
- innehålla endast bindande föreskrifter.

Detta innebär bland annat att de allmänna råden utgår. De nya byggreglerna ska också vara mer konsekventa och, så långt det är möjligt, ha en genomgående likriktad struktur och detaljeringsgrad. Den nya regelmodellen presenteras i rapporten ”Möjligheternas byggregler – Ny modell för Boverkets bygg- och konstruktionsregler”.

Reglerna om *Hygien hälsa och miljö*, nuvarande avsnitt 6 i Boverkets byggregler (BBR), syftar till att byggnader och deras installationer ska ha de tekniska egenskaper som är väsentliga i fråga om skydd med hänsyn till hygien, hälsa och miljön för att vi ska må bra i våra hus. Här ingår bland annat krav på luftkvalitet och termiskt klimat. De projektörer som deltagit i referensgrupp som bollplank i en förremiss uppges i hög grad varit positiva. Björn Grahn påpekar att detta är erfarna projektörer och att de nya, nedbantade reglerna och avsaknaden av råd kanske kan komma att mottas annorlunda av mindre erfarna projektörer och byggherrar. Björn Grahn förstår också att det kan finnas farhågor för en risk för dåliga lösningar när reglerna blir mindre detaljerade, men poängterar att de nya byggreglerna har utformats utifrån den övergripande bilden av hur byggreglerna ska fungera. Boverket ska ställa funktionskrav och inte ge exempel på god praxis. Han påpekar också att krav på fackmässig projektering fortfarande finns kvar, men att byggreglerna inte är skrivna som en handbok för projektörer. Krav på redovisning och dokumentation utökas däremot för att ge bättre förutsättning för drift och OVK.

Mindre detaljerade krav och fokus på funktion för ökad teknikneutralitet medför att det i de nya byggreglerna (som det ser ut nu) inte kommer att finnas med något krav eller råd gällande återluft. Byggreglerna ställer inte krav på driften eller tekniska lösningar, såsom återluft, utan på att byggnaden ska ha förutsättningar att uppfylla kraven om bland annat god luftkvalitet och tillfredsställande termiskt klimat.

När det gäller krav på uteluftsflöde så kommer även detta att se annorlunda ut i de nya byggreglerna. Peter Brander påpekar dock att det nuvarande kravet på 0,35 l/s.m² inte går att använda för livsmedelsbutiker eftersom det här finns helt andra föroreningskällor än i bostäder, med nya produkter som lyfts in hela tiden. Istället är det användning och förväntad exponering som behöver styra behovet av uteluft i olika zoner i butiken.

⁴ <https://www.boverket.se/sv/byggande/uppdrag/mojligheternas-byggregler/>

Samtliga förslag till författningar beräknades först träda i kraft den 1 juli 2024 med övergångsbestämmelser på ett år, men tidplanen har nu flyttats fram ett halvår med ett föreslaget ikraftträdande för de nya föreskrifterna till den 1 januari 2025.

2.2 Arbetsmiljöverkets föreskrifter

Livsmedelsbutiker är en arbetsplats, och således ska föreskrifter från Arbetsmiljöverket följas. I föreskrifterna om arbetsplatsens utformning **AFS 2020:1** (gällande från 1 januari 2021) finns regler avseende luftkvalitet samt utformning, underhåll och kontroll av ventilationssystem. Ytterst är det arbetsgivaren som har ansvar för ventilationen i arbetsmiljön, men även hyresvärdar, fastighetsägare och de som bygger och projekterar arbetslokaler har ett ansvar.

Paragrafer gällande återluft i föreskriften Arbetsplatsens utformning AFS 2020:1:

116 § Frånluft får endast återföras som återluft om luftkvaliteten i vistelsezonen kan hållas tillfredsställande. Återluftsföring ska normalt kunna stängas av helt.

121 § Frånluft från en luftförorenande process, hantering eller dylikt, får inte återföras som återluft eller cirkulationsluft, om den inte renas så att dess halt av luftföroreningar är väsentligt lägre än de hygieniska gränsvärdena som anges i Arbetsmiljöverkets föreskrifter om hygieniska gränsvärden.

Enligt 112 § AFS 2020:1 ska ventilationssystemet kunna tillföra ett uteluftsflöde på minst 7 liter per sekund och person vid stillasittande arbete i lokaler där personer vistas mer än tillfälligt. Till detta ska läggas minst 0,35 liter per sekund och m² golvyta. I intervju med Fredrik Haux, Arbetsmiljöverket diskuterades om dessa flöden är tillräckliga för säkerställande av en god luftkvalitet i livsmedelsbutiker samt om utelufttillförsel genom infiltration via klimatskärm och entréer kan tillgodoräknas.

Med anledning av många möjliga föroreningskällor i en livsmedelsbutik går det inte att säga att ett uteluftsflöde enligt nämnda minimikrav är tillräckligt. Ett uteluftsflöde på 0,35 liter per sekund och m² utgår ifrån vad som krävs för att ventilera bort emissioner från byggmaterial och inredning. I livsmedelsbutiker förs det regelbundet in nya varor som kan emittera mer föroreningar än vad dessa källor generellt gör, vilket kan kräva högre flöden för en god luftkvalitet.

Vid dimensionering och styrning av ventilationen behöver hänsyn även tas till den stora variationen i antal personer som vistas i lokalen. En god luftkvalitet behöver säkerställas också vid rusningstid med stor kundtillströmning.

Att räkna med att erforderligt uteluftsflöde tillförs lokalen genom så kallad ofrivillig ventilation genom infiltration och entréer ses som orimligt. Förutom att det inte går att verifiera flödet genom mätning så varierar infiltrationen stort beroende på temperatur- och vindförhållanden. Möjligheten att i stället visa på en god luftkvalitet diskuterades, men bedöms även det som svårt, framför allt med hänsyn till andra föroreningskällor än människor. Detta ger skäl till att säkerställa att erforderligt uteluftsflöde tillgodoses genom

ventilationen och att återluft endast bör användas för den del av tilluftsflödet som överstiger detta.

Vidare diskuterades utmaningar som en stor luftinfiltration genom entréer kan medföra. Att stora mängder obehandlad luft tillförs lokalen ger upphov till kylproblematik sommartid och ett högre uppvärmningsbehov vintertid.

2.3 Obligatorisk funktionskontroll

I *Plan- och byggförordningen 5 kap. 1 §* ställs krav på att en byggnads ägare ser till att funktionen hos ventilationssystemet kontrolleras innan systemet tas i bruk och på regelbundna kontroller. (En- och tvåbostadshus omfattas inte av det senare.) Det finns i efterföljande paragrafer även krav på vad som skall ingå i respektive besiktning, krav gällande besiktningsprotokoll och -intyg, samt krav på ägaren att vidta åtgärder vid ej godkänd besiktning.

I *Boverkets föreskrifter och allmänna råd (2011:16) för OVK* (obligatorisk ventilationskontroll) preciseras vilka byggnader som är helt eller delvis undantagna från bestämmelserna om funktionskontroll och vilka intervaller som gäller för återkommande besiktning av ventilationssystem. I ett allmänt råd till 3 § om återkommande besiktning uppges att butikslokaler (bland andra) bör hänföras till kategori 1 eller 2 beroende på typ av ventilationssystem, vilket innebär ett besiktningsintervall på 3 år för byggnader med FT- och FTX-ventilation, respektive 6 år för byggnader med F-, FX- och S-ventilation.

Eftersom det är OVK-kontrollanterna som regelbundet ska avgöra om ett ventilationssystem godkänns eller ej diskuterades gällande myndighetskrav relaterat till uteluft och återluft med organisationen Funkis (Funktionskontrollanterna i Sverige) ordförande Torbjörn Knutsson.

Arbetsmiljöverkets föreskrifter om när frånluft får användas som återluft innebär i praktiken att utrymmen såsom toalett, grill eller chark inte får kopplas till återluft, utan att man i så fall behöver använda filter och andra lösningar.

På frågan om det går bra att räkna in infiltration genom entrédörrar och portar som uteluftflöde svarar Torbjörn att det måste vara ett uppmätt uteluftsflöde.

Om en butik inte uppfyller OVK, exempelvis på grund av en för stor andel återluft, underkänner OVK-kontrollanten systemet och skriver protokoll. Därefter är det upp till kommunen att göra något åt det, då det är de som har tillsynsansvaret. Torbjörn menar dock att ofta som ingenting händer utan samma sak upprepas vid nästa OVK.

Idag har Funkis en digitaliserad databas för OVK hos ett externt företag. Torbjörn ser att det skulle vara en fördel om Boverket tar över denna databas (likt Gripen).

Synpunkter gällande systemutformning och styrning utifrån erfarenheter från OVK:

- Koldioxid är en bra indikator för inomhuskvalitet men dålig att använda som styrparameter.

- Det är ofta stora fel i koldioxidmätningen då många givare är av dålig kvalitet och sällan eller aldrig kalibreras.
- Mätning av VOC är sällan användbart eftersom det är så mycket som kan påverka.
- När ingen vistas i butiken är 100% återluft okej, men inte annars.
- Lämplig placering av temperaturgivare kan vara centralt i frånluften, men det beror på butikens utformning.
- Det ska vara lätt att komma åt alla delar för rengöring.
- OVK borde inblandas mycket tidigare i projekteringen. En OVK-kontrollant bör även tidigt göra en bedömning på plats och inte först en vecka innan butiken öppnar, då det är sent för åtgärder.

2.4 Handböcker

Minimikrav på luftväxling är en handbok som tolkar funktionskrav i Boverkets byggregler, Arbetsmiljöverkets föreskrifter, Folkhälsomyndighetens allmänna råd och andra dokument, och utifrån dessa anger lämpliga luftflöden. Den senaste utgåvan (Utg. 12) från 2021 är enligt Svensk Byggtjänst framför allt föranledd av de skärpta kraven från Arbetsmiljöverket på uteluftsflöden då arbete pågår i AFS 2020:1 (se avsnitt 3.1.2). De minimikrav som föreslås för luftväxling i livsmedelsbutiker är 3,5 l/s,m² eller 10,45 l/s,person.

Med de nya, avskalade byggreglerna, ses ett kommande behov av mer vägledning från branschen. En möjlighet skulle kunna vara att utveckla *Minimikrav på luftväxling*. Ett annat dokument som skulle kunna bli aktuellt att uppdatera är **”R1:an”** - *Riktlinjer för specifikation av inneklimatkrav*, vilken kan användas som referenshandling vid projektering och upphandling av inneklimatsystem eller som hjälp vid bedömning av inneklimat i befintliga byggnader.

3. MÄTSTUDIE

Mätningar har genomförts i två livsmedelsbutiker, en mindre (Butik A) och en större (Butik B). I butik A utfördes mätningar vid två tillfällen och i butik B vid ett tillfälle.

Butik A, mätperiod 1: 3 – 9 november 2022

Butik A, mätperiod 2: 14 – 23 februari 2023

Butik B: 10 – 17 november 2022

Under andra mättillfället i butik A ändrades andelen uteluft till butiken manuellt. Detta var inte möjligt i butik B.

Luftkvalitet bedöms genom mätningar av temperatur, relativ fuktighet, koldioxid, totala flyktiga organiska kolväten (TVOC) och totala aldehyder. Mätinstrument som använts i studien listas i Tabell 1.

Luftflöden beräknas utifrån uppmätt tryck som: $q = I/K * rot(dP)$, där

$K = k$ -faktor

$dP =$ tryckdifferens

Tabell 1 Mätinstrument som använts i studien och vilka parametrar de använts för att mäta.

Instrument	Flöde, tryck för beräkning av	Temperatur	Relativ fuktighet	Koldioxid	TVOC* Totala flyktiga organiska	Totala aldehyder**
Swema 3000md s/n 695339 (med inbyggd differenstryckgivare)	X					
Swema s/n 679929 + SWA 10	X					
INTAB1 + TV02	X					
INTAB2 + TV03	X					
INTAB4		X	X			
INTAB11		X	X			
Tinytag TGP1		X				
Brüel & Kjaer 1				X	X	X
Brüel & Kjaer 2				X	X	
Vaisala				X		
Wöhler s/n ...4022		X	X	X		
Wöhler s/n ...4017		X	X	X		
Rotronic CP11 1 s/n x0522		X	X	X		
Rotronic CP11 2 s/n x0076		X	X	X		

* Mätning baserad på fotoakustisk spektroskopi. Kalibrerat för Toluene.

** Mätning baserad på fotoakustisk spektroskopi. Kalibrerat för Acetaldehyd.

Koldioxid en bra indikator på föroreningar från människor och på om ventilationen är tillräcklig för att ventileras ut dessa. Koldioxidhalten mäts på flera ställen i butiken samt i till- och frånluften.

Även mätningar av flyktiga organiska föreningar (VOC) och aldehyder i luften ger indikation på luftens kvalitet, men visar på andra föroreningskällor än människor. Både VOC och aldehyder rymmer dock många olika ämnen och har också många möjliga föroreningskällor. Vald mätmetod innebär alltså en förenkling på så sätt att ämnen buntas ihop. Mätmetoden har fördelen att det är möjligt att göra en kontinuerlig mätning och därmed möjligt att studera förändringar över tid.

3.1 Mätningar i butik A

Butik A är en Coop-butik som öppnade 2021. Butiken ligger i en fristående byggnad. En del av byggnaden är i två plan, med kontor ovanför en del av butiksytan. Information om butiken:

<i>Öppettider:</i>	Kl. 7 - 23 varje dag
<i>Butiksarea:</i>	1350 m ² inkl. säljyta, kassor och entré (uppmätt från ritning)
<i>Rumshöjd:</i>	Dubbel våningshöjd på cirka 6m i merparten av butiken (säljyta, kassor och entré) och cirka 3m i takhöjd längst in i butiken vid kylar och delikatess (cirka 100 m ² golvarea)
<i>Entrélösning:</i>	Luftsluss med skjutdörrar och luftridåer
<i>Kunder:</i>	Drygt 1000 kunder per dag
<i>Övrigt:</i>	Fisk- och delikatessdisk, bageri

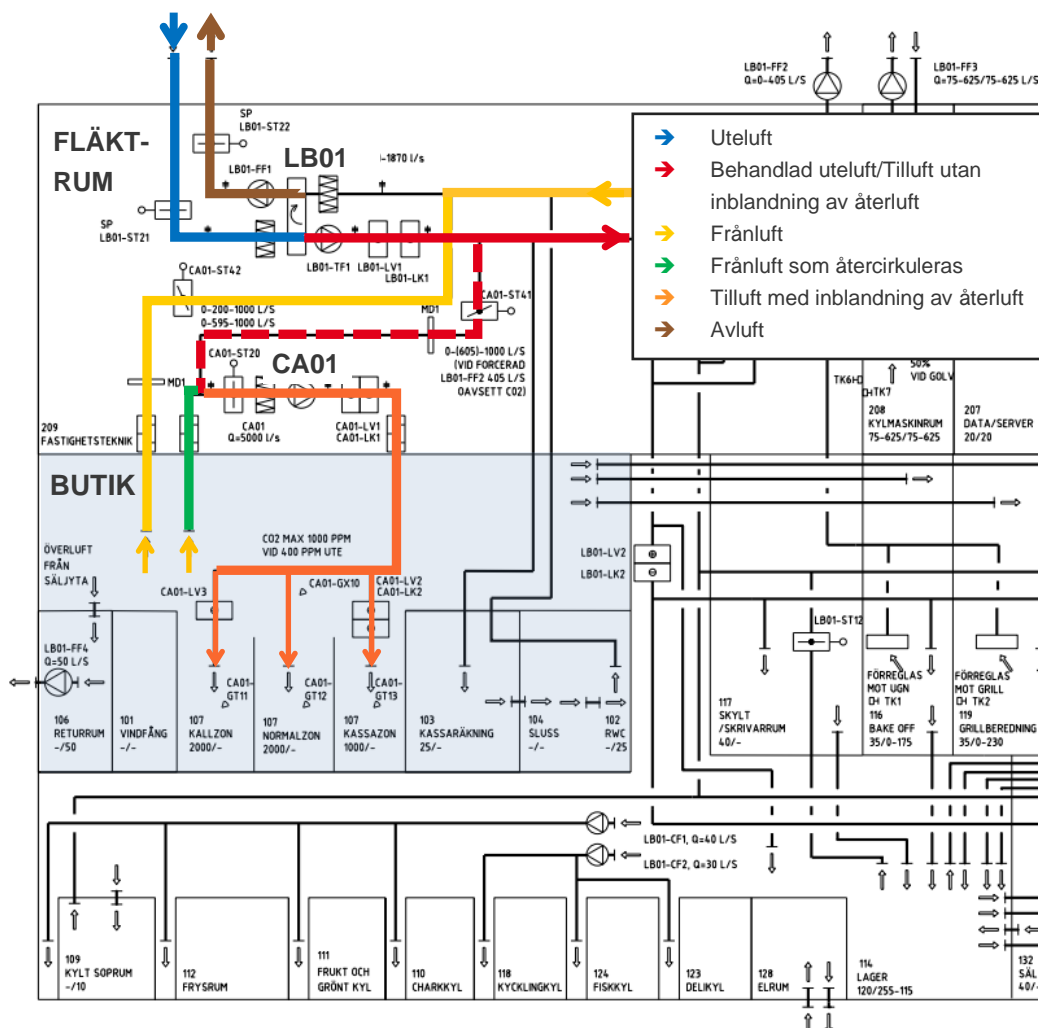


Figur 1 Entrén till butik A.

3.1.1 Systemutformning

I Butik A finns två luftbehandlingsaggregat. Det större aggregatet (LB01) är ett till- och frånluftsaggregatet med värmeåtervinning som försörjer samtliga utrymmen (butik, kontor, lager, omklädningsrum, m.m.) med tempererad och filtrerad uteluft. Det mindre aggregatet (CA01) cirkulerar en del av frånluften från butiken tillbaka till normalzon, kassazon och kallzon efter inblandning av uteluft. I cirkulationsaggregatet filtreras luften och värms eller

kyls efter behov. I byggnaden finns även tre separata frånluftsfläktar för bortförsel av luft från grill/ugn, kylmaskinrum och återvinningsrum.



Figur 2 Del av principalschemat för luftbehandling i butik A. I figuren framhålls särskilt de två ventilationsaggregaten, LB01 och CA01, samt luftflöden till och från butikslokalen.

Koldioxidhalten inne i butiken begränsas via PID-regulator som reglerar VAV-spjäll mellan LB01 och CA01. Ju mer spjällen öppnas desto mer uteluft tillförs butiken. Spjällens öppningsgrad ökas vid en koldioxidhalt över angett börvärde och minskas vid minskande koldioxidhalt. Spjällen har även ett injusterat min- och maxflöde. Det finns två driftfall för CO₂-styrning. Om FF2 (frånluft från ugn och grill) är aktiverad kan flödet från LB01 till butik variera från 600 upp till 1000 l/s, annars är det 200–1000 l/s. Koldioxidgivaren är placerad inne i butiken.

Kommentar: Vilka uppgifter som ligger bakom dimensioneringen av uteluftsflöde till butiken är inte känt. Det största flödet på 1000 l/s motsvarar 0,74 l/s,m² butiksytta, vilket är betydligt lägre än vad som rekommenderas i Minimikrav på luftväxling 12 (3,5 l/s,m²). Med hänsyn till Arbetsmiljöverkets krav på ett uteluftsflöde på minst 7 l/s.person (vilket gäller vid stillasittande arbete och därmed lågt räknat) + 0,35 l/s,m² golvyta, skulle systemet vara dimensionerat för 75 personer, det vill säga enbart 0,06 personer/m². Det totala luftflödet

genom cirkulationsaggregatet på 5 m³/s m³/s m³/s är sannolikt valt med hänsyn till ett dimensionerande fall för att antingen kyla eller värma lokalen.

3.1.2 Mätuppställning

I butik A utfördes mätningar vid två tillfällen:

Mätperiod 1: 3 november ca kl. 13 – 9 november ca kl. 9 2022

Mätperiod 2: 14 februari ca kl. 12 – 23 februari ca kl. 9 2023

Vid första tillfället gjordes inga ändringar i styrparametrar och uteluftsflödet som tillfördes butiken var under hela mätperioden 600 l/s (förinställt grundflöde).

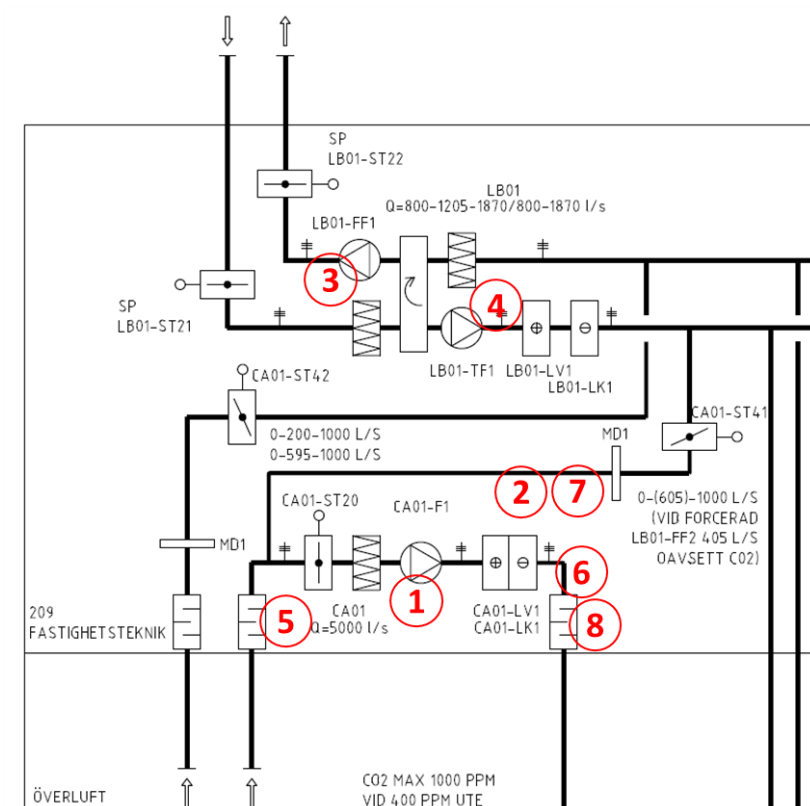
Vid andra tillfället minskades inblandningen av uteluft till butiken. När mätningen startades hade uteluftsflödet till butik sänkts till 100 l/s, det vill säga till en sjättedel av det ursprungliga grundflödet. Efter en vecka (den 20 februari) stängdes spjällen för inblandning av uteluft helt. Under de sista dagarna av mätperioden utgjordes därmed 100% av tilluften till butik av återluft.

Mätning i aggregat och kanaler

Mätpunkter i fläktrummet illustreras i Figur 3 och specificeras tillsammans med använt instrument i Tabell 2.

Tabell 2 Mätpunkter i aggregat och kanaler butik A

	Mätning av	Mätperiod 1	Mätperiod 2
1	Totalt luftflöde CA01 (tilluft till butik)	SWEMA 3000 + SWA 10	SWEMA 3000 + SWA 10
2	Uteluftsflöde (eg. tilluft) från LB01 till CA01	SWEMA 3000 MD med inbyggd tryckgivare	SWEMA 3000 MD med inbyggd tryckgivare
3	Frånluftsflöde i LB01	INTAB1 + TU02	INTAB2 + TU03
4	Tilluftsflöde i LB01	INTAB2 + TU03	INTAB1 + TU02
5	Koldioxid, TVOC och aldehyder i frånluft från butik till CA01	B&K2	B&K1
6	Koldioxid, TVOC och aldehyder i tilluft till butik från CA01	B&K1	B&K2
7	Koldioxid i uteluft från LB01	Vaisala	Vaisala
8	Temperatur tilluft till butik från CA01		Tinytag TGP1



Figur 3 Principschema med markerade mätpunkter i fläktrummet

Mätning i butiken

Givare för loggning av koldioxid, relativ fuktighet och temperatur placerades i olika zoner av butiken enligt Tabell 3. Ett exempel på mätning i butik visas i Figur 4.

Tabell 3 Mätpunkter och instrument för mätning av koldioxid, relativ fuktighet och temperatur i butik A.

Mätpunkt	Mätperiod 1	Mätperiod 2
Delikatess	Wöhler 4022	Rotronic 1
Mejeri	Wöhler 4017	
Kassa	Rotronic 2	Rotronic 2
Lager	Rotronic 1	



Figur 4 Loggning av koldioxid, temperatur och relativ fuktighet i delikatess-zonen under mätperiod 1.

Mätning utomhus

En givare för mätning av temperatur och relativ fuktighet utomhus, placerades på en lyktstolpe utanför butiken. Mätperiod 1 INTAB4, mätperiod 2 INTAB11.

3.1.3 Resultat

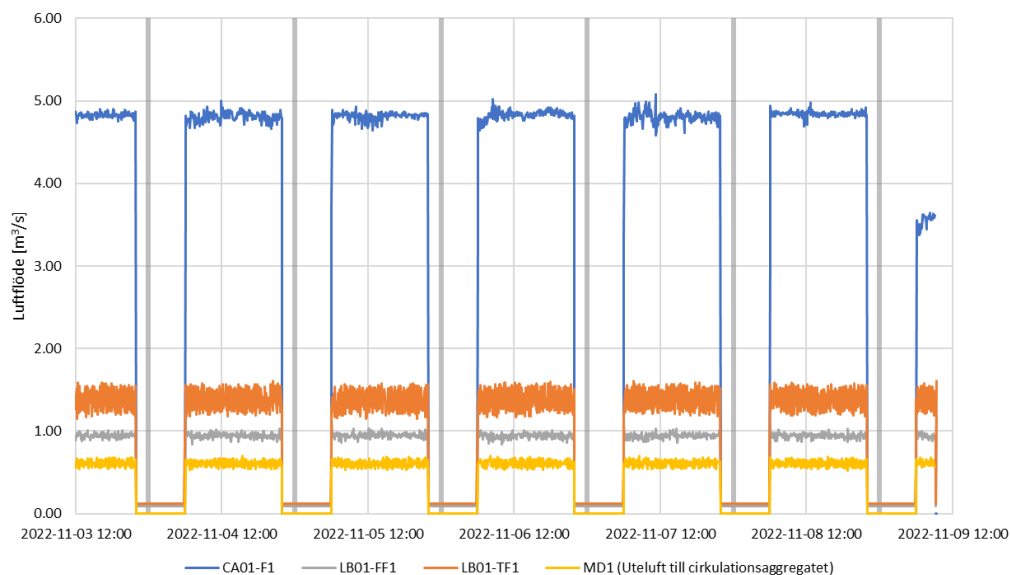
I detta avsnitt sammanfattas resultat från mätningar i butik A. Ytterligare diagram återfinns i Bilaga 1.

Temperatur och luftfuktighet utomhus

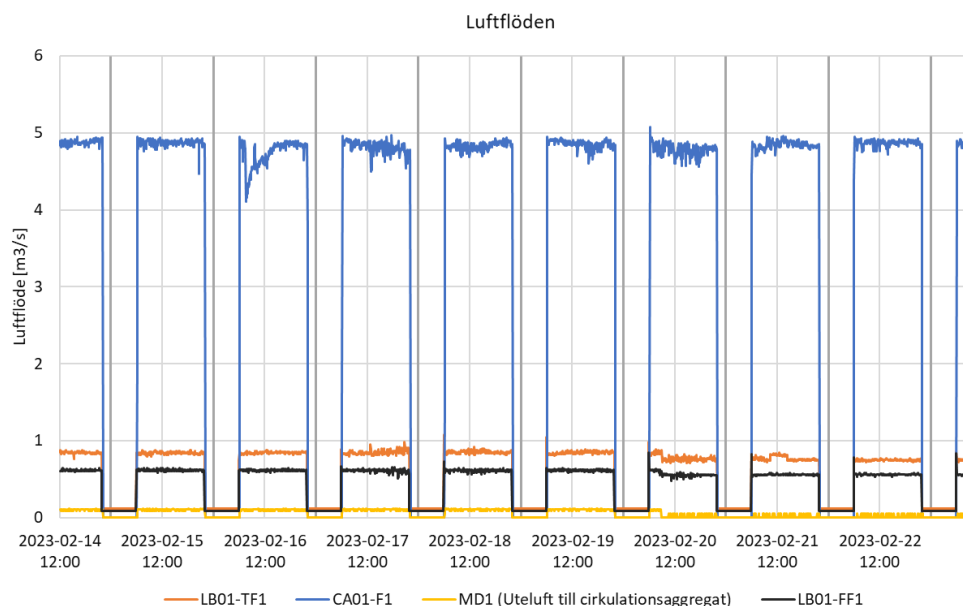
Utetemperaturen varierade under första mättillfället mellan 8 och 14°C med en medeltemperatur på 10,5°C. Under andra mättillfället var utetemperaturen lägre och varierade mellan -4 och 10°C med medeltemperatur 3,7°C. Den relativa fuktigheten utomhus varierade stort och var i snitt högre under första tillfället. Diagram över temperatur och relativ fuktighet utomhus ses i Bilaga 1.

Luftflöden

Uppmätta luftflöden i aggregat och kanaler under mätperiod 1 illustreras i Figur 5. Under hela mätperioden var inblandningen av uteluft till cirkulationsaggregatet omkring 600 l/s, vilket motsvarar börvärdet för grundflödet. Det totala luftflödet genom cirkulationsaggregatet, det vill säga den totala mängden tilluft till butiken, var knappt 5 m³/s. Andelen uteluft i luften som tillförs butiken med cirkulationsaggregatet CA01 var därmed omkring 12%. Detta med undantag för sista dagen då det totala flödet var omkring 3,6 m³/s. Den totala tillförseln av uteluft till byggnaden, genom aggregatet LB01, var 1,2–1,6 m³/s under första mätperioden. Frånluftsflödet i LB01 var lägre (1 m³/s), då det även finns separata frånluftsfläktar i byggnaden.



Figur 5 Luftflöden i aggregat och kanaler, butik A mätperiod 1.



Figur 6 Luftflöden i aggregat och kanaler, butik A mätperiod 2

Uppmätta luftflöden i aggregat och kanaler under mätperiod 2 illustreras i Figur 6. Totalt tilluftsflöde till butiken var liksom under föregående mätperiod 5 m³/s. Fram till förmiddagen den 20 februari var uteluftsflödet till cirkulationsaggregatet 100 l/s (cirka 2% av total tilluft till butik) och därefter 0 l/s. Det totala uteluftsflödet och frånluftsflödet i aggregatet LB01 var således även de lägre än under föregående mätperiod.

Temperatur, luftfuktighet och koldioxidhalt i butik

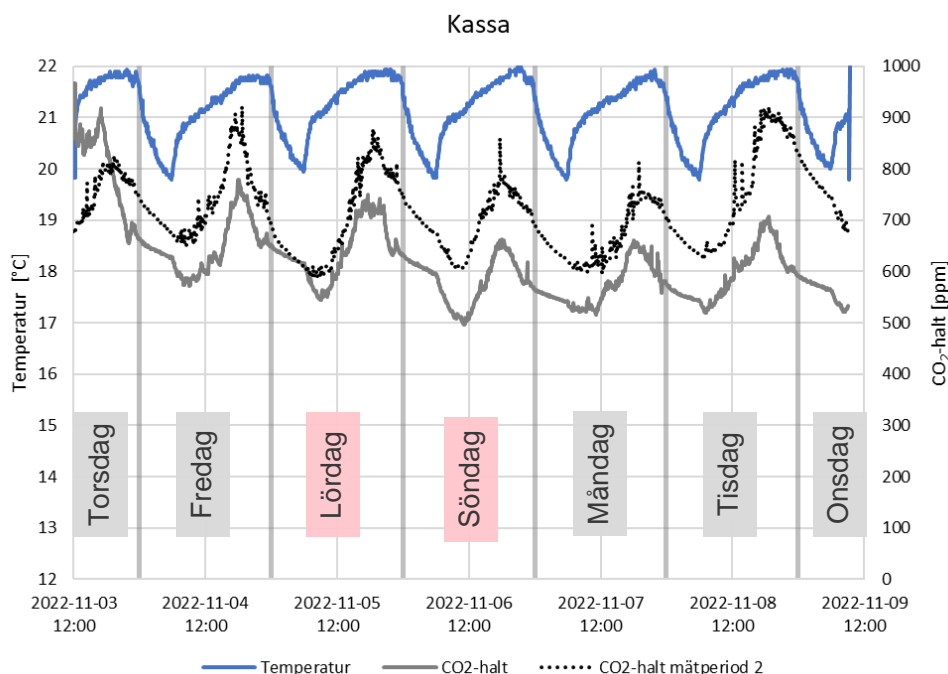
I Tabell 4 visas resultat från mätningar av temperatur och relativ fuktighet i butik under den första mätperioden. Lägst temperaturer uppmättes kl. 6 på morgonen, innan aggregaten startats. När aggregaten startat stiger temperaturen. Högst temperaturer ses under sen

eftermiddag, kväll. Relativ fuktighet var under mätperioden aldrig lägre än 33% eller högre än 53% i någon av mätpunkterna i butiken.

Tabell 4 Sammanställning av mätningar av temperatur och relativ fuktighet i butikslokalen, butik A mätperiod 1

	Temperatur (°C)			Relativ fuktighet (%)		
	Min	Medel	Max	Min	Medel	Max
Lager	16,3	18,0	19,8	42	50	61
Kassa	19,8	21,2	22,0	33	37	43
Delikatess	17,8	19,6	21,6	39	44	51
Mejeri	17,3	20,3	20,8	42	47	53

Mätningar av koldioxid i butik och lager visade halter mellan knappt 500 och drygt 900 ppm. Lägst halter uppmättes i lagret, vilket tillförs luft direkt från LB01 utan inblandning av återluft. Koldioxidhalterna var högre under mätperiod 2 med några toppar kring 900 ppm.



Figur 7 Mätresultat temperatur, och koldioxid i kassa-området, butik A mätperiod 1 samt koldioxidhalt under motsvarande veckodagar (torsdag-onsdag) under mätperiod 2.

Hur temperatur och koldioxidhalt varierat i kassaområdet under mätperiod 1 åskådliggörs i Figur 7. I diagrammet ses även koldioxidhalten i kassaområdet under motsvarande veckodagar under mätperiod 2. Diagram för övriga mätpunkter återfinns i Bilaga 1.

Efter stängning kl. 23 sjunker temperaturen i butiken (se Figur 7), eftersom uppvärmning sker med ventilationsluft och fläktarna då står still. När ventilationen startas igen på morgonen höjs temperaturen ganska snart till 21°C. Därefter tillåts temperaturen öka upp till 22°C.

Under båda mätperioderna följer variationen av koldioxidhalt samma mönster (se Figur 7):

- När fläktarna startats kl. 6 på morgonen sjunker koldioxidhalten under någon till några timmar.
- Med allt fler personer i butiken ökar därefter koldioxidhalten fram till en daglig topp vid 18-tiden, varefter halten återigen sjunker.
- När aggregaten stängs av kl. 22 ses en mindre topp under vissa dagar, vilket skulle kunna förklaras av att butiken är öppen en timme till och därmed inte folktom.
- Efter kl. 23 avklingar koldioxidhalten långsamt fram till dess att fläktarna startar igen kl. 06.

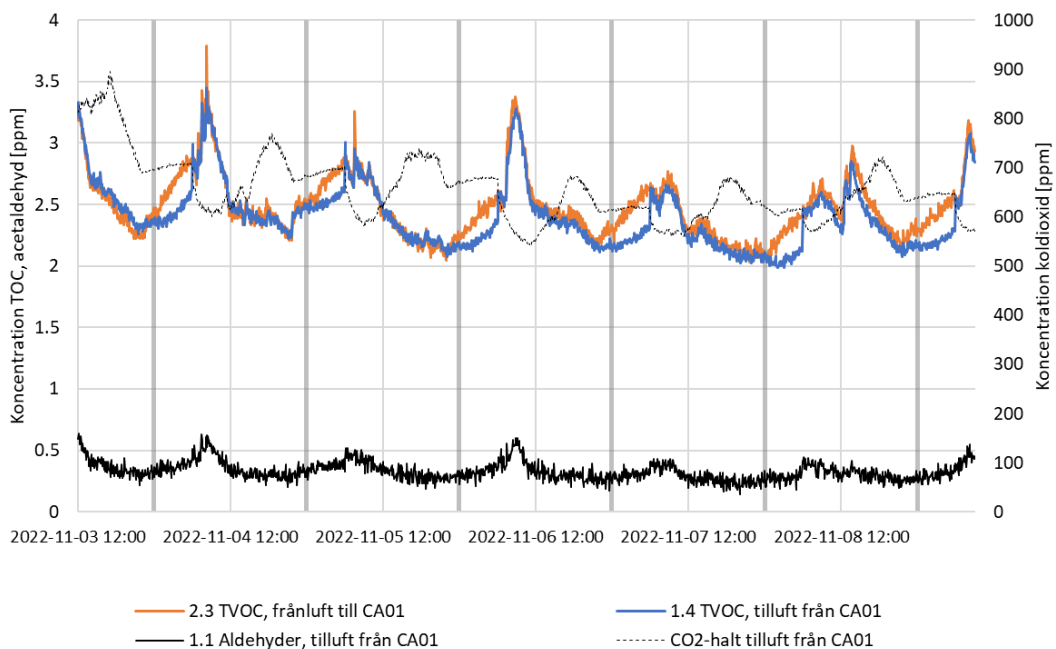
Koldioxidhalten i kassaområdet är nära 1000 ppm första dagen av mätperiod 1, men håller sig därefter betydligt lägre än så, mellan 500 och knappt 800 ppm. Att halten är såpass hög i början av mätperioden beror på att aggregaten stått still före mätningen. Dessa värden är därför inte representativa för normal drift. Bortsett från den första dagen ses under den första mätperioden högst koldioxidhalter under fredag och lördag kväll (Figur 7).

Under andra mätperioden, då inblandning av uteluft i tilluften till butik sänkts till först 100 l/s och sedan 0 l/s, ligger koldioxidnivån i butiken högre. Fram till morgonen den 20 november (en måndag) är 98% av tilluften till butiken återluft och därefter är 100% återluft. Högst koldioxidhalter under andra mätperioden ses fredag och tisdag kväll (Figur 7).

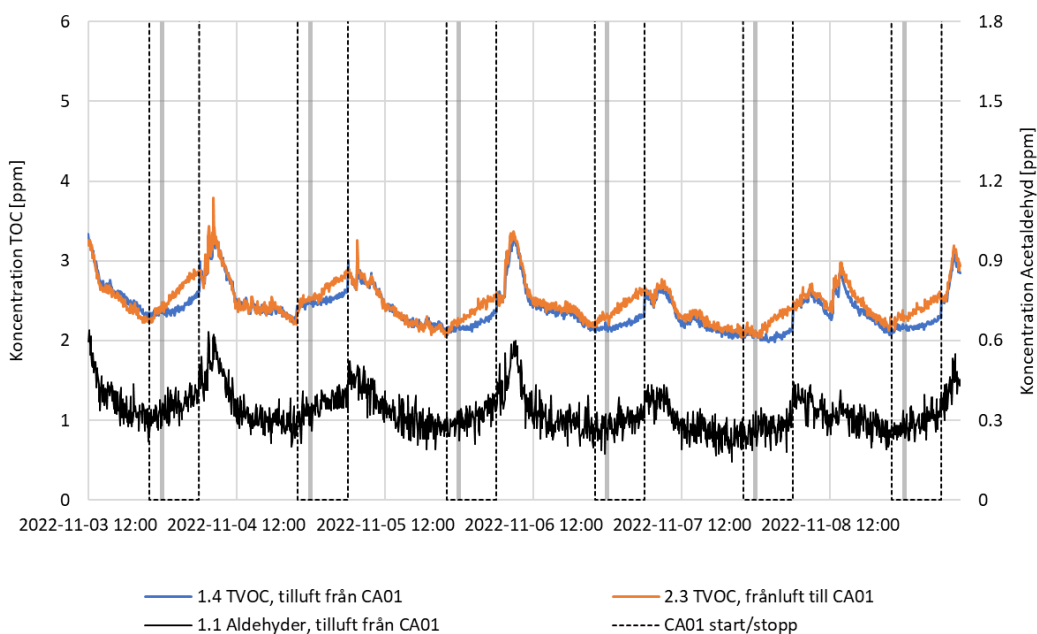
Kommentar till mätresultat: Under den första mätperioden skulle spjäll som reglerar uteluftsflödet till butiken ha öppnat när koldioxidhalten i butiken översteg 700 ppm. Så skedde inte under mätningarna, vilket efter jämförelse av loggade värden från butiken bedöms bero på en felkalibrerad eller felinstallerad koldioxidgivare.

Organiska kolväten och aldehyder

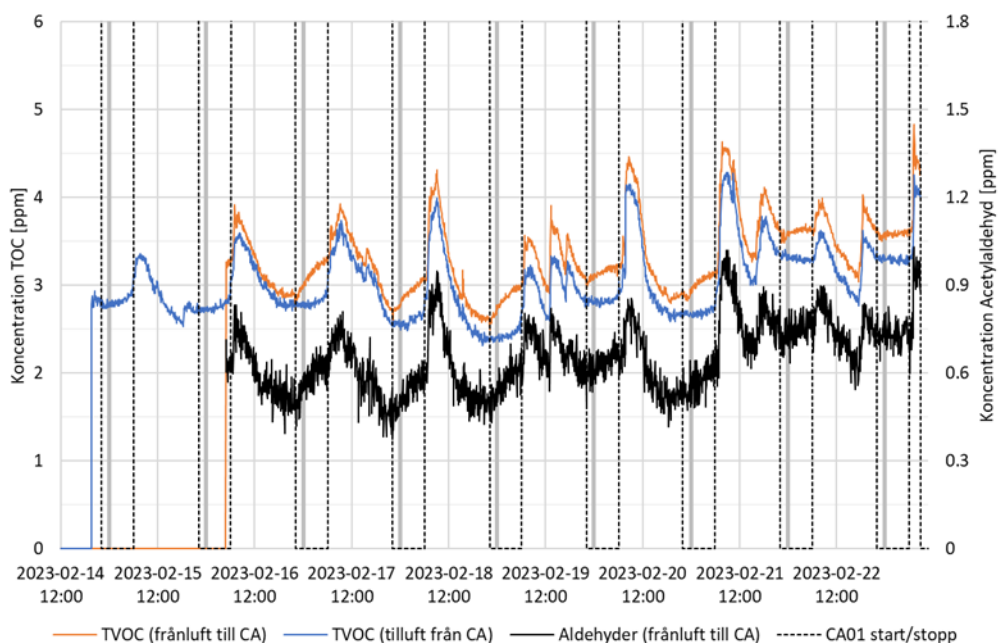
Totala halter av VOC och aldehyder i till- och frånluft från butiken redovisas i Figur 8 och Figur 9 för mätperiod 1 och Figur 10 för mätperiod 2. I Figur 8 har även koldioxidhalten i frånluften lagts in för att tydliggöra att denna inte samvarierar med de andra två. I Figur 9 och Figur 10 har nivån av aldehyder placerats på sekundäraxeln med en annan skala för att tydliggöra korrelation med TVOC.



Figur 8 Koncentration av TVOC (ref. Toluene), totala aldehyder (ref. Acetaldehyd) och koldioxid, Butik A mätperiod 1.



Figur 9 Koncentration av TVOC (ref. Toluene) och totala aldehyder (ref. Acetaldehyd) samt markering av cirkulationsaggregatets start och stopp, Butik A mätperiod 1.



Figur 10 Koncentration av TVOC (ref. Toluene) och totala aldehyder (ref. Acetaldehyd), Butik A mätperiod 2.

Båda mätperioderna ses ett liknande mönster: När cirkulationsaggregatet startar upp kl. 06 ses först en snabb ökning av både TVOC och aldehyder, men därefter sjunker nivåerna. Vissa dagar sjunker halterna fram tills fläktarna stannar kl. 22, medan det andra dagar ses en snabb ökning till en ny topp på eftermiddagen. Halterna är som högst under andra mätperioden. Totalmätningen av aldehyder visar toppar på 0,8–1 ppm under andra mätperioden, jämfört cirka 0,4–0,6 ppm under den första. TVOC låg mellan cirka 3 och 5 ppm i slutet av andra mätperioden, det vill säga med 100% återluft.

Kommentar till mätresultat: Det går inte att bestämma källan till topparna av aldehyder och TVOC utan vidare undersökning. Den första dagliga toppen skulle möjligen kunna förklaras av att halterna av dessa gaser ökar i butiken under den tid som aggregaten är avstängda, och att det är först när fläktarna varit i drift ett tag som mätinstrumenten registrerar halter motsvarande aktuell omblandad koncentration i butiken. Koncentrationerna av dessa gaser i butiken är alltså som högst efter att aggregatet varit avstängt hela natten, vilket tyder på en föroreningskälla inne i butiken. Att det tar ett tag innan halterna når sin topp är en indikation på att det är en specifik, lokal föroreningskälla i butiken, snarare än en utbredd. En annan möjlig förklaring skulle kunna vara att produkter som avger dessa ämnen förs in i, eller används i lokalen vid tidpunkter för topparna, exempelvis rengöringsprodukter. För att spåra källan behöver man identifiera vilka ämnen det är som bygger upp koncentrationen. Om man kan identifiera vilka produkter det är som orsakar topparna kan också eventuellt behov av åtgärd fastställas, exempelvis om det finns behov av utökad ventilation i en del av butiken.

3.2 Mätningar i butik B

Butik B är av formatet Stora Coop (Figur 11), vars sortiment förutom matvaror och förbrukningsvaror även innehåller kläder, leksaker med mera. I butiken finns bageri, en manuell delikatessdisk och en manuell fiskdisk. I lokalen finns även en bygghandel.

Byggnaden uppfördes 2008 och butiken byggdes om från butiksformatet Coop Forum till Stora Coop 2016. Byggnaden har en total uppvärmd area på cirka 10 000 m².

Information om butiken:

Butiksarea: Totalt 6550 m², varav:
 Kassa 1120 m²
 Retur 110 m²
 Livsmedel 1450 m²
 Övrig butik 1520 m²
 Bygghandel 2350 m²

Rumshöjd butik: 6–8 m

Entrélösning: Karusellörrar med ridåaggregat 10 kW i livsmedelsbutikens entré och skjutdörrar med ridåaggregat 20 kW i bygghandelns entré.



Figur 11 Entrén till Butik B.

3.2.1 Systemutformning

Ventilationsaggregat LB01 försörjer butiken (inkl. kassaområde) och lager med tilluft. Tilluften (behandlad uteluft) från LB01 blandas med frånluft från butiken (via lagret) som cirkuleras med två fläktar (CF1 och CF2). Återluften filtreras och värms eller kyls efter inblandning av uteluft från LB01 innan den återförs butiken. Det sitter en koldioxidgivare i frånluften som återcirkuleras. Ett principschema kan ses i Figur 12.

Ett andra ventilationsaggregat, LB02, försörjer kyl- och frysrum, disk, fisk och delikatess med till- och frånluft. Fisk, delikatess och disk tillförs även en viss del överluft från butiken, men

all frånluft går till LB02 och används ej för återluft. Det finns även flera separata frånluftsfläktar i byggnaden som för ut luft från bland annat grill, bageri, WC och soprum. Dessa utrymmen tillförs överluft från butiken.

Flöden enligt ritning:

Uteluftsflöde/tilluftsflöde i LB01: 11 000 l/s

Frånluftsflöde från butik till LB01 (återcirkuleras ej): 8820 l/s (eller 8640 FF1)

Frånluftsflöde som återcirkuleras: 14 600 l/s

Totalt tilluftsflöde till butik: 25 900 l/s, med återluftsandel 56%

Överluft från butik till andra utrymmen: 2 800 l/s

Kommentar: Uteluftsflödet till butiken på 11 000 l/s motsvarar 1,68 l/s.m² baserat på areauppgifter enligt ovan, vilket kan jämföras med 3,5 l/s,m² som anges en möjlig miniminivå i Minimikrav på luftväxling 12. Med hänsyn till Arbetsmiljöverkets krav på ett uteluftsflöde på minst 7 l/s.person (vid stillasittande arbete, varför ett högre flöde skulle behövas för personer som rör sig i en butikslokal) + 0,35 l/s,m² golvyta, skulle systemet vara dimensionerat för 1245 personer och en persontäthet på 0,2 personer/m².

3.2.2 Mätupställning

Mätningar i butik B utfördes under en vecka i november:

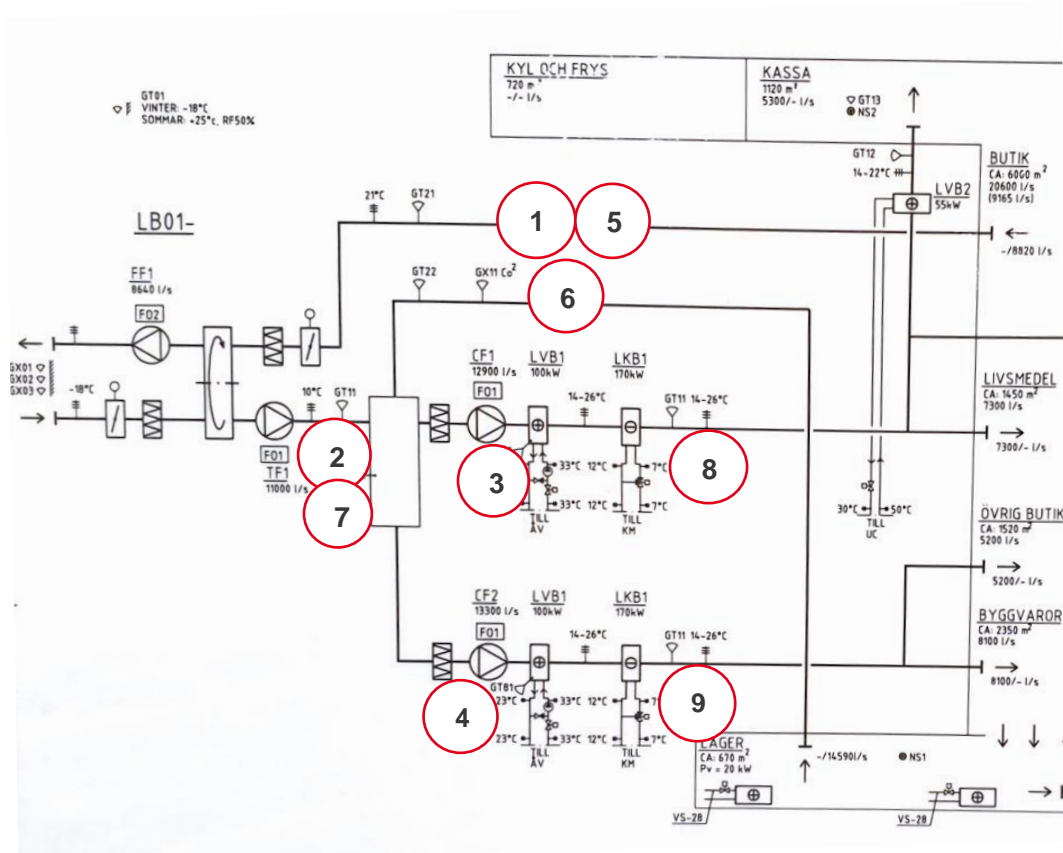
10 november (ca kl. 12) 2022 – 17 november (ca kl. 14) 2022

Mätning i aggregat och kanaler

Mätpunkter i fläktrummet visas i Figur 12 och specificeras tillsammans med använt instrument i Tabell 5 nedan.

Tabell 5 Mätpunkter i aggregat och kanaler butik B

	Mätning av	Instrument
1	Frånluftsflöde LB01-FF1	INTAB 1 + TV02
2	Tilluftsflöde (uteluft) LB01-TF1	INTAB 2 + TV03
3	Tilluftsflöde till butik LB01-CF1	SWEMA 3000 + SWA 10
4	Tilluftsflöde till butik LB01-CF2	SWEMA 3000 MD
5	Koldioxid och TVOC frånluft (avluft) LB01-FF1	B&K 2
6	Koldioxid, TVOC och acetaldehyd frånluft (återluft) till CF	B&K 1
7	Koldioxid tilluft (uteluft) efter LB01-TF1	Vaisala
8	Koldioxid tilluft till butik efter LB01-CF1	Rotronic
9	Koldioxid tilluft till butik efter LB01-CF2	Rotronic



Figur 12 Mätpunkter i fläktrum, butik B.

Mätning i butiken

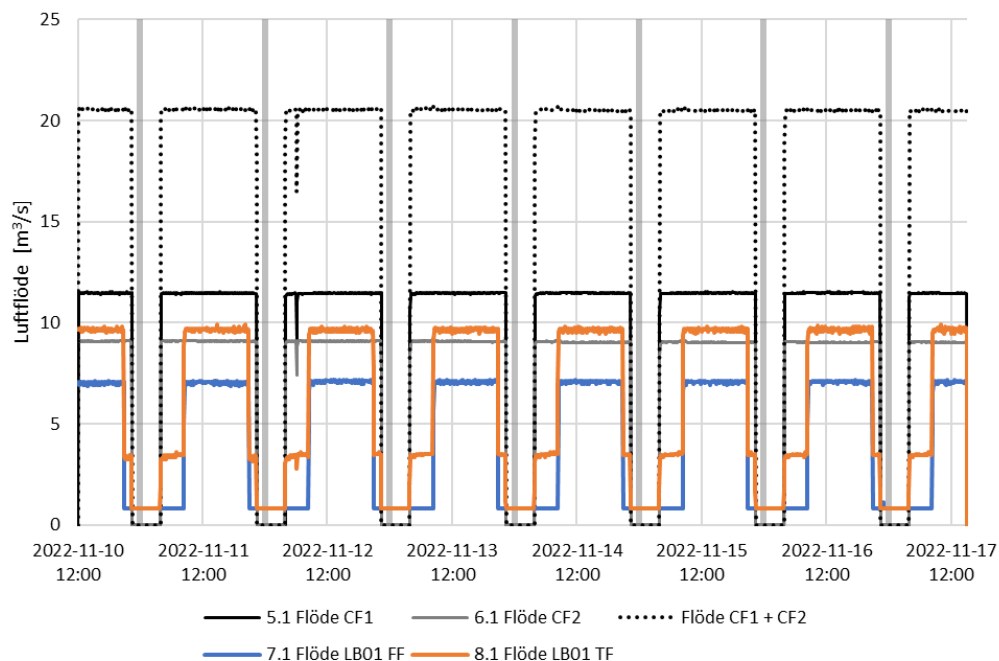
Inne i butiken placerades instrument för loggning av temperatur, relativ fuktighet och koldioxidhalt i kassazonen (Wöhler 4022) och på en stolpe vid delikatessen (Wöhler 4017).

3.2.3 Resultat

I detta avsnitt sammanfattas resultat från mätningar i butik B. Ytterligare diagram återfinns i Bilaga 2.

Luftflöden

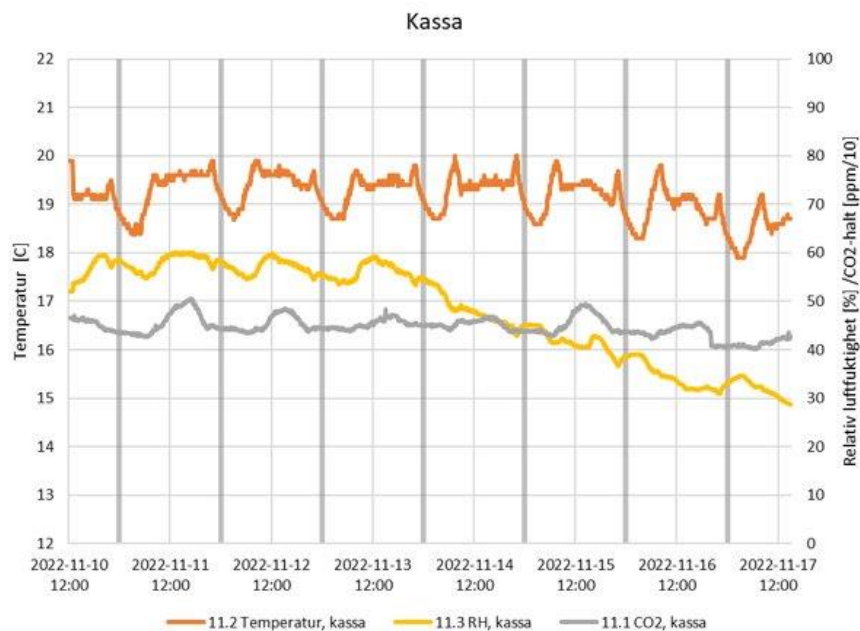
Uppmätta luftflöden ses i Figur 13. De två cirkulationsfläktarna CF1 och CF2 startade cirka kl. 04, vilket är 3 timmar innan butiken öppnar, och stoppade kl 23, 1 timme efter stängning. Till- och frånluftsfläktarna i LB01 hade grundflöde på 0,8 m³/s under natten. Samtidigt som cirkulationsfläktarna startade kl. 04 ökade uteluftsflödet i aggregatet (LB01 TF) till drygt 3 m³/s och kl. 8.30 ökade det ytterligare till knappt 10 m³/s, samtidigt som frånluftsfläkten varvade upp. Kl 21 återgick frånluftsfläkten till grundflödet och uteluftsflödet minskade till 3 m³/s. Totalt cirkulationsflöde till butiken (CF1+CF2) uppmättes till drygt 20 m³/s, vilket är lägre än projekterade värden enligt ritning på totalt 26 m³/s. Uteluftsandelen i tilluften till butik var cirka 47% kl. 8.30-21 och cirka 17% tidig morgon och sen kväll.



Figur 13 Luftflöden uppmätta i aggregat och kanaler, Butik B.

Temperatur, luftfuktighet och koldioxid i butik

Resultat från mätningar i kassaområdet ses i Figur 14. Under öppettider hålls en temperatur på mellan 19 och 20°C med undantag för de sista två dagarna, då temperaturen är någon grad lägre. Det var under mätperioden något varmare i kassaområdet än vid delikatessen. Den relativa fuktigheten varierar från 60% i början av perioden till 30% den sista dagen i mätningen. Vidare visar mätningarna på mycket låga halter av koldioxid i lokalen. Koldioxidhalten är som högst 500 ppm vid kassorna och 560 ppm i delikatessen. Under nätterna sjunker koldioxidhalten till en nivå motsvarande uteluft (ca 400 ppm) i delikatessen, men håller sig något högre vid kassorna (se Figur 14).

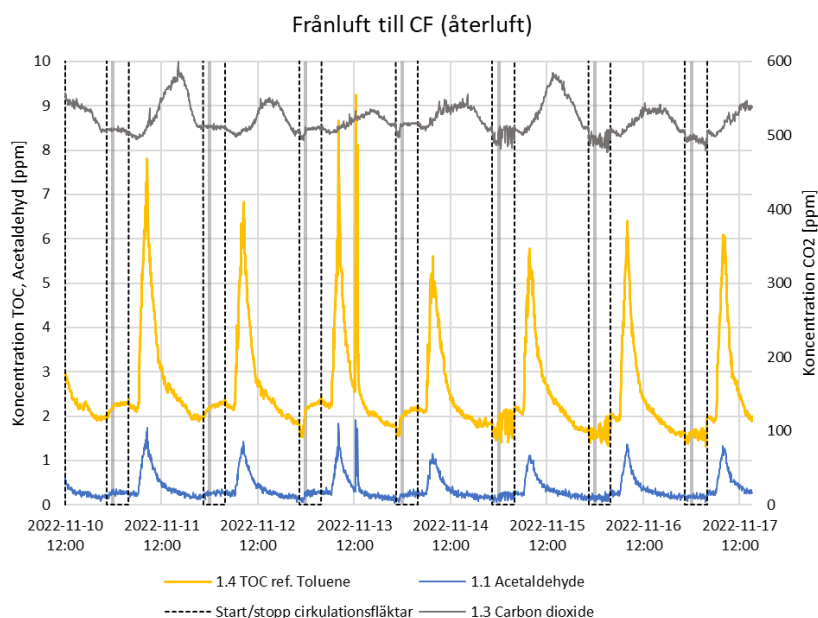


Figur 14 Mätresultat temperatur, relativ fuktighet och koldioxid i kassa-området, Butik B.

Organiska kolväten och aldehyder

Mätningar av koldioxid, TVOC och totala aldehyder i frånluften från butik visas i Figur 15. Koldioxidhalten är något högre än vad som uppmätts inne i butiken, men som mest 600 ppm. Vad gäller TVOC och aldehyder ses på förmiddagarna toppar som är flera gånger högre än nivåerna uppmätta på eftermiddagen.

Kommentar till mätresultat: Uppmätta värden av TVOC visar på så pass höga dagliga toppar jämfört med grundnivån att en uppföljning med utredning av källan och eventuellt behov av åtgärd föreslås.



Figur 15 Koncentration av TVOC (ref. Toluene) och totala aldehyder (ref. Acetaldehyd) i frånluft till cirkulationsfläktar (återluft), butik B.

4. ENERGIBESPARINGSPOTENTIAL

I det här kapitlet diskuteras och uppskattas av hur mycket energi som skulle kunna sparas genom en ökad andel återluft i de butiker som studerats. Då inga mätningar av energianvändningen har genomförts i förstudien baseras uppskattningar av energibesparing på en rad antaganden. I beräkningarna tas ingen hänsyn till fukt.

4.1 Butik A

I butik A kunde spjällen som reglerar uteluftsflödet till butiken (säljyta, kassa och entré) stängas helt utan att koldioxidhalten i butiken översteg 1000 ppm. Med hänsyn till föroreningar från människor skulle grundinställningen för ventilation i det här fallet alltså kunna vara 100% återluft, med spjäll som öppnar och blandar in uteluft vid behov. I butiken finns dock en bake off-ugn och grill som kräver ett lokalt utsug av frånluft. Flödet i den här separata frånluftsfläkten är omkring 400 l/s. Grundflödet av uteluft som tillförs butiken när denna fläkt är i gång är cirka 600 l/s, vilket innebär att det knappt finns utrymme för sänkning.

I butik A skulle det i stället vara mer intressant att titta på möjligheten till ett variabelt cirkulationsflöde för att spara energi. Idag är det som tidigare visats ett totalt tilluftsflöde (inkl. återcirkulerad frånluft) på knappt 5 m³/s till butiken när aggregaten är i drift (kl. 06-22). Ett variabelt flöde skulle inte minska mängden värme eller kyla som behöver tillföras luften, men minska användningen av fläktel. Det återcirkulerade flödet behöver dock samtidigt vara tillräckligt för att upprätthålla erforderliga kastlängder för att uppnå termisk komfort och luftutbyte i vistelsezonen med vald ventilationsprincip.

4.2 Butik B

I butik B är andelen återluft idag relativt låg under större delen av butikens öppettider (53% kl. 8.30-21) och mätningar visar på genomgående låga koldioxidhalter. Med hänsyn till föroreningar från människor skulle grundflödet för uteluft i det här fallet sannolikt kunna vara betydligt lägre och andelen återluft högre. En del utrymmen i lokalen, exempelvis grill, bageri, WC och soprum, ventileras med överluft från butiken men har separat frånluft. För att balansera dessa frånluftsflöden skulle det krävas ett uteluftsflöde i LB02 på 2,8 m³/s, vilket i därmed kan ses som lägsta möjliga uteluftsflöde från LB01 till butiken.

Innan luften tillförs butiken värms eller kyls den sedan i två värmebatteriet. Det totala luftflödet är 26 m³/s. Tilluften undertempereras vid kylbehov och övertempereras vid värmebehov och tillåts enligt ritning variera mellan 14 och 26°C. För att få en uppfattning om energibesparingspotentialen för uppvärmning respektive kylning av ventilationsluft kan vi titta närmare på de två dimensionerande fallen.

Vinter: Vid dimensionerande utetemperatur -18 °C och frånluftstemperaturen är 21°C är temperaturen efter värmeåtervinning 10°C enligt ritning. Temperaturverkningsgraden för värmeväxlaren kan utifrån detta beräknas till 72%. Detta gäller vid ett uteluftsflöde på 11 m³/s

och ett frånluftsflöde på 8640 l/s. Efter inblandning av 15 m³/s frånluft blir temperaturen 16,3°C. Enligt ritning är dimensionerad effekt i de två värmebatterierna totalt 200 kW. Detta räcker för att värma tilluftsflödet (26 m³/s) till 23°C.

Detta kan jämföras med behovet av tillförd värmeeffekt om andelen återluft ökas till 90%, så att uteluftsflödet är 2,8 m³/s och inblandningen av frånluft 23,2 m³/s. Att minska uteluftsflödet till 2,8 m³/s skulle medföra att ingen frånluft passerar LB01 och möjligheten till värmeåtervinning uteblir. Temperaturen före inblandning av frånluft blir då -18 °C. Inblandning av frånluft ger i det här fallet en temperatur på blir då 16,8 °C och uppvärmning till tilluftstemperatur på 23°C kräver en värmeeffekt på 193 kW, det vill säga en liten besparing jämfört med 200 kW.

Om man istället minskar uteluftsflödet till 6 m³/s och ökar återluftsflödet till 20 m³/s (för bibehållet totalt flöde på 26 m³/s) erhålls ett värmeeffektbehov för det dimensionerande vinterfallet på 178 kW. Återvinningsgraden i LB01 blir med detta uteluftsflöde 59%, vilket ger en temperatur efter värmeåtervinning på 5°C och en blandningstemperatur mellan uppvärmd uteluft och återcirkulerad frånluft på 17,3°C.

Sommar: I det dimensionerande sommarfallet är utetemperaturen 25 °C. Med ett uteluftsflöde på 11 m³/s blir temperaturen efter antagen kylåtervinning 22°C och efter inblandning av 15 m³/s frånluft 21,4°C. Med ett uteluftsflöde på endast 2,8 m³/s blir temperaturen före kylbatteriet 21,4 °C. Endast med hänsyn till sensibel värme skulle alltså de två alternativen ge samma kylbehov.

Dessa exempel tillsammans med simuleringar över ett helt år i BV2 visar att det inte är säkert en maximerad återluftsandel i den studerade butiken skulle minska energianvändningen i värme- och kylbatterier. Detta eftersom möjligheten till värme- respektive kylåtervinning från frånluft i LB01 uteblir. Däremot ser en mindre ökning, till 76% återluft ut att resultera i ett minskat energibehov.

Detta kan jämföras med resultat från studien *Energieffektivare ventilation i butiker – återluft* (Fyhr, Rosell, Markusson, 2013). Här visades genom mätningar och beräkning en energibesparing på 68% för värme och 92 % för komfortkyla vid användande av 100% återluft jämfört med 100% uteluft utan värmeåtervinning i en livsmedelsbutik. Värmeåtervinning med en temperaturverkningsgrad på 70% beräknades ge en energibesparing på 53% för värme och 36% för komfortkyla jämfört med ett system med varken värmeåtervinning eller återluft. Således skulle 100% återluft i ett system med värmeåtervinning i det här fallet framför allt minska energianvändningen för komfortkyla, men även värme.

Ett lägre uteluftsflöde till butiken innebär ett mindre arbete för fläktarna i FTX-aggregatet LB01, men samtidigt ett ökat arbete för cirkulationsfläktarna. Antaget låga SFP-värden på 1,5 kW/(m³/s) för LB01 respektive 0,5 kW/(m³/s) för cirkulationsfläktarna skulle besparingen bli 37 MWh/år, vilket motsvarar knappt 6 kWh/m² (butikensarea), med beräkning enligt nedan. En besparing av fläktel skulle sannolikt också kunna uppnås med ett variabelt flöde till butiken.

Minskad fläktel LB01: $11-2,8 \text{ m}^3/\text{s} * 1,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s}) * 12,5 \text{ h/dygn} * 365 = 56 \text{ MWh/år}$

Ökad fläktel cirkulationsfläktar: $8,2 \text{ m}^3/\text{s} * 0,5 \text{ kW}/(\text{m}^3/\text{s}) * 12,5 \text{ h/dygn} * 365 = 19 \text{ MWh/år}$

Potentiella besparingar genom ett minskat uteluftsflöde förutsätter att luftomsättningen är tillräcklig även för bortförel av andra föroreningar i lokalen, vilket diskuteras i kapitel 5.

5. DISKUSSION OCH SLUTSATSER

I det följande diskuteras vilka slutsatser som kan dras gällande luftkvaliteten i de två studerade butikerna samt möjligheter att dra mer långtgående slutsatser relaterat till återluft och styrning av ventilationen i livsmedelsbutiker utifrån erhållna mätresultat.

Då mätningar endast har utförts i två livsmedelsbutiker och under en begränsad tid ska resultat ifrån projektet användas med försiktighet. Behov av vidare utredningar har identifierats och lyfts nedan.

Förutsättningar i studerade butiker

Båda butikerna är friliggande livsmedelsbutiker där en del av ventilationsluften som tillförs butiken är återcirkulerad frånluft. Butikerna skiljer sig åt vad gäller bland annat:

- Butiksyta (inkl. kassa och entré):
 - 1350 m² i butik A
 - 6550 m² i butik B
- Entrélösning:
 - Skjutdörrar med luftsluss i butik A
 - Karuselldörrar i butik B
- Varor: I butik B har ett större sortiment av varor, samt bygghandel i samma lokal.
- Andel återluft:
 - 88% initialt och därefter testades en tillfällig ökning till först 98 och sedan 100% i butik A
 - 53% kl. 8.30-21 och 83% övriga öppettider i butik B

Butikerna ligger i närheten av varandra och både de första mätningar i butik A och mätningarna i butik B gjordes i november 2022. Vid andra mättillfället i butik A i februari 2023 var det lite kallare än vid första mättillfället.

Luftkvalitet i studerade butiker

Butik B hade ett uteluftsflöde på cirka 1,2 l/s,m² och koldioxidhalten under hela mätperioden var väldigt låg, i frånluften som högst 600 ppm. Med anledning av föroreningar från människor, där koldioxid är en lämplig indikator, skulle alltså andelen återluft kunna vara betydligt högre än vad den är idag.

I butik A var koldioxidhalten högre, men med 88% återluft (grundinställning 0,44 l/s,m²) nådde som högst knappt 800 ppm. När återluftsandelen ökades ökade även koldioxidhalten, men inte ens med 100% återluft uppmättes halter över 1000 ppm i butiken. Med anledning av föroreningar från människor bedöms grundinställningen i denna butik därför kunna vara 100% återluft, med spjäll som öppnar för inblandning av uteluft vid halter som närmar sig 1000 ppm. På grund av en separat frånluftsfläkt är dock 0% inblandning av uteluft ej möjligt, då det erfordras ett uteluftsflöde som kompenserar för detta frånluftsflöde.

Som påpekats i genomförda intervjuer säger dock koldioxidhalten inte allt, utan ger endast en indikation på om ventilationen är tillräcklig för att föra bort luftföroreningar alstrade av människor.

När det gäller mätningar av totalhalter av VOC och aldehyder så går det inte att dra några slutsatser om luftkvaliteten och risken för eventuella hälsoeffekter utifrån de absoluta talen, utan det är de registrerade mönstren som är av störst värde. Ofarliga kolväten från människor skulle ha korrelerat med CO₂-nivån, men en sådan korrelation kan inte ses. Istället ses höga toppar ett tag efter att aggregaten startas, vilket tyder på andra föroreningskällor i butiken. I åtminstone en av butikerna är topparna så pass höga relativt grundnivån att utredning av föroreningskälla och eventuellt behov av åtgärd rekommenderas. Identifiering av aktuella ämnen och källa skulle också kunna vara till hjälp i ett framtagande av generella rekommendationer angående utformning och styrning av ventilationssystem i livsmedelsbutiker. Högst värden av TVOC och aldehyder ses på morgonen när aggregaten startats upp, vilket skulle kunna vara en anledning till att inte börja dagen med 100% återluft och att starta ventilationen innan butiken öppnar för att hinna vädra ut föroreningar från källor inne i butiken.

I butik A uppmättes en relativ fuktighet från drygt 30% upp till 60% i olika delar av lokalen, vilket varken är att betrakta som för lågt eller för högt. Arbetsmiljöverket har dock inga gränsvärden eller rekommendationer om hur låg eller hög luftfuktigheten bör vara på en arbetsplats.

Infiltration

En bedömning av ofrivillig ventilation genom infiltration och entréer kan inte göras utifrån genomförda mätningar. Dels på grund av att det rör sig om stora volymer med sannolikt inte helt omblandad luft, dels på grund av överluft till andra utrymmen där mätningar ej gjorts. Att koldioxidhalten klingar av när aggregaten stängts av kan således ha flera förklaringar och det går inte att bedöma hur mycket infiltrationen bidrar.

Styrning

Oavsett andel återluft i grundinställningen behöver det finnas en styrning som ökar uteluftsflödet vid behov. Mätningarna bekräftar dock det som framkommit i intervjuer – att styrning av uteluftsflödet enbart utifrån koldioxidhalt kan vara en vansklig metod för livsmedelsbutiker. Detta dels eftersom det inte är säkert att de människor som vistas i butiken är den största föroreningskällan, dels på grund av risk för felaktig mätning.

Koldioxid kan endast användas som indikator för föroreningar alstrade av människor och säger inget om ifall luftomsättningen är tillräcklig för bortförelsen av andra föroreningar i butiken, alstrade av byggnader och produkter. Ingen korrelation mellan koldioxid och andra uppmätta föroreningar sågs i mätningarna. Att högst toppar av TVOC och aldehyder uppmättes i butiken med lägst koldioxidnivå kan vara ett argument för att CO₂ inte är tillräckligt för styrning av uteluftsflödet i livsmedelsbutiker. Möjliga lösningar skulle kunna vara komplettering med separata frånluftsutsug, vilket kräver en identifiering av de största föroreningskällorna, eller styrning efter VOC i stället för CO₂. För en allmän rekommendation krävs dock vidare utredning.

Om ventilationen styrs utifrån koldioxid är det viktigt att säkerställa en korrekt mätning genom en genomtänkt placering av givare, regelbunden kalibrering av givare och kontroll av att givarna mäter rätt. En givare bör om möjligt placeras i frånluften och eventuellt kan det vara lämpligt att även placera en givare i kassaområdet där personal visas längre tid. Givarens placering kan behöva ses över efter en ommöblering i butiken.

En förutsättning för att tidvis helt kunna stänga av, eller väsentligt sänka, uteluftsflödet genom ventilationen är att uteluft kan ta sig in i butikslokalen på annat sätt. I mätobjektet med högst andel återluft fanns möjlighet till överluft från andra delar av byggnaden, men vilken betydelse detta har haft och om det är en nödvändig förutsättning har inte kunnat fastställas. Det har utifrån genomförda mätningar inte varit möjligt att bestämma hur mycket uteluft som tillförts butikslokalen genom infiltration respektive från andra delar av byggnaden när uteluftsflödet via ventilationen stängts av.

Egenkontroll och OVK

Oavsett styrstrategi är det av största vikt att säkerställa avsedd funktion. Här ingår bland annat att kontrollera så att givare är rätt inkopplade och att de ger rimliga och representativa värden och att spjäll öppnar som avsett. Man behöver också fråga sig vilka larmfunktioner det finns för om värden avviker från förväntat samt hur rutinen ser ut för att upptäcka och hantera larm.

Energibesparingspotential

Ett system med återluft ger möjlighet till en betydande energibesparing i livsmedelsbutiker jämfört med om all tilluft utgörs av behandlad uteluft. För många butiker är dock så mycket som 100% återluft sannolikt inte ett alternativ, eller värt att eftersträva.

En av butikerna som ingick i den här studien hade redan från början en mycket hög andel återluft och möjligheterna till energibesparing genom ytterligare ökning av återluftsandelen bedöms som små. Ett visst uteluftsflöde behövs för ventilering av utrymmen med separata frånluftsuttag som chark, bageri, disk, toaletter med flera.

I den andra butiken var uteluftsflödet betydligt högre och återluftsandelen omkring 50%. En viss ökning av andelen återluft skulle i det här fallet sannolikt resultera i ett mindre behov av energi till värme- och kylbatterier. Inte heller här är 100% återluft ett alternativ, och en minimering av uteluftsflödet (till ett flöde som balanserar separata frånluftsflöden) riskerar att tvärtom öka energianvändningen för värme- och kylbatterier något på grund av utebliven värmeåtervinning i FTX-aggregatet. Ett minskat uteluftsflöde skulle däremot sannolikt minska mängden fläktel.

I de studerade butikerna är det höga och konstanta cirkulationsflöden. Eftersom värme- och kylbehovet varierar över året bör ett behovsanpassat totalflöde (cirkulationsluft och uteluft) övervägas för att minska användningen av el till fläktar. Det är då viktigt att beakta att ett minskat flöde kan ge en förändrad spridningsbild och att säkerställa att luften fortfarande når hela vistelsezonen.

Sammanfattningsvis

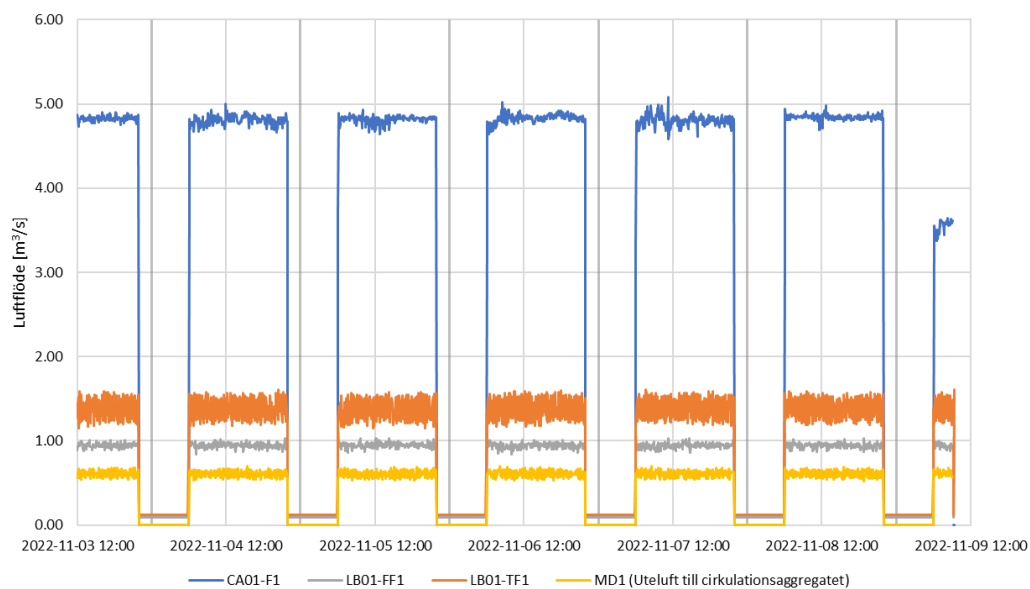
Resultat från studien tyder på att det med rätt förutsättningar är möjligt att upprätthålla en god luftkvalitet i en livsmedelsbutik även med en mycket hög andel återluft, men också att detta

förmodligen inte bör vara en generell rekommendation. Vid val av återluftsandel och styrstrategi behöver hänsyn tas till föroreningskällor och andra förutsättningar i den specifika butiken.

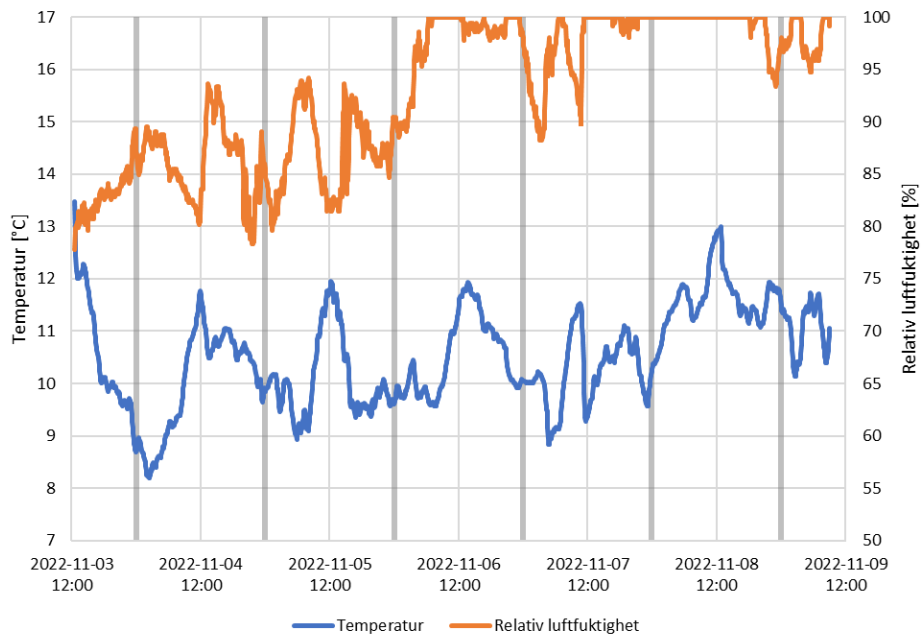
För framtagande av en vägledning gällande utformning, dimensionering och styrning av ventilation i livsmedelsbutiker krävs vidare studier. Resultat från genomförda mätningar indikerar att styrning efter koldioxid inte alltid är tillräckligt för att säkerställa en god luftkvalitet, vilket också lyfts fram i intervjuer med personer från kravställande myndigheter och branschexperter. Därav föreslås fortsatt arbete med fokus på att öka kunskapen om andra föroreningskällor än människor och olika sätt identifiera och hantera dessa.

BILAGA 1 MÄTRESULTAT BUTIK A

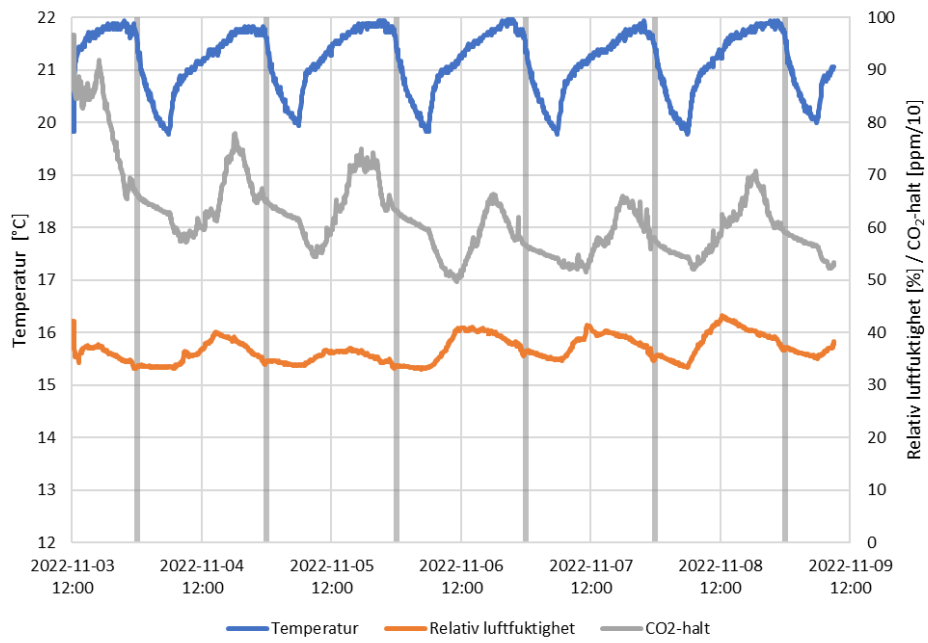
Mätperiod 1



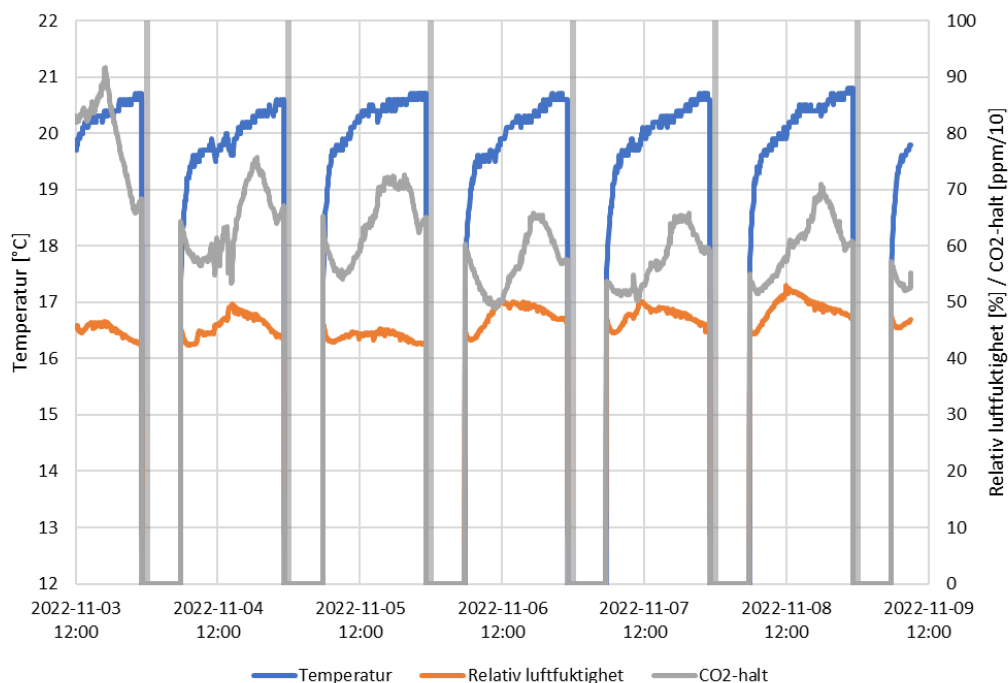
Utomhus



Kassa

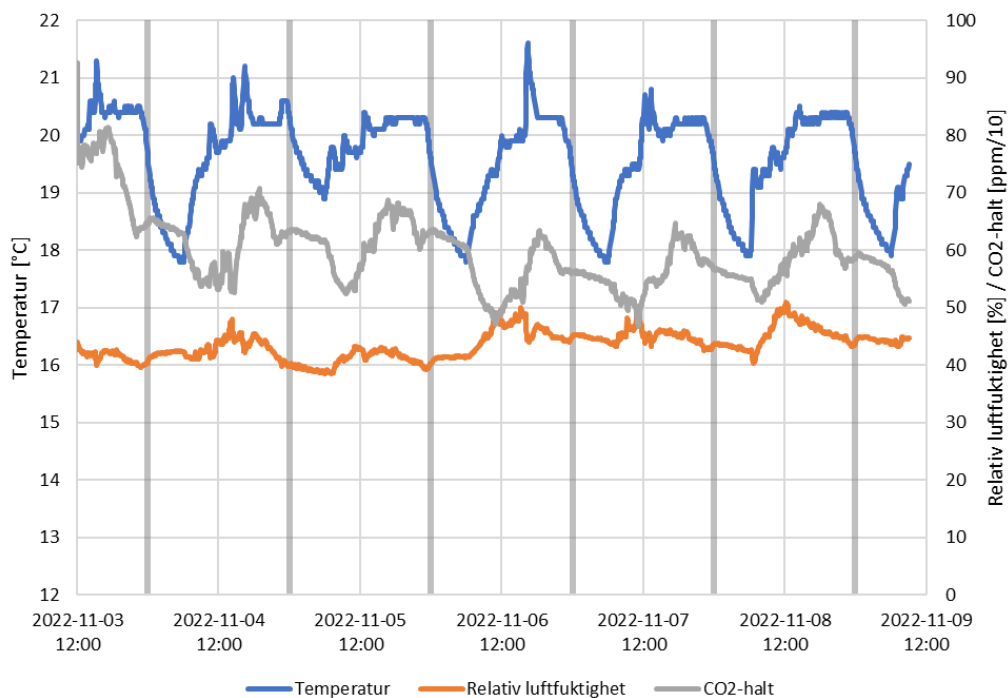


Mejeri

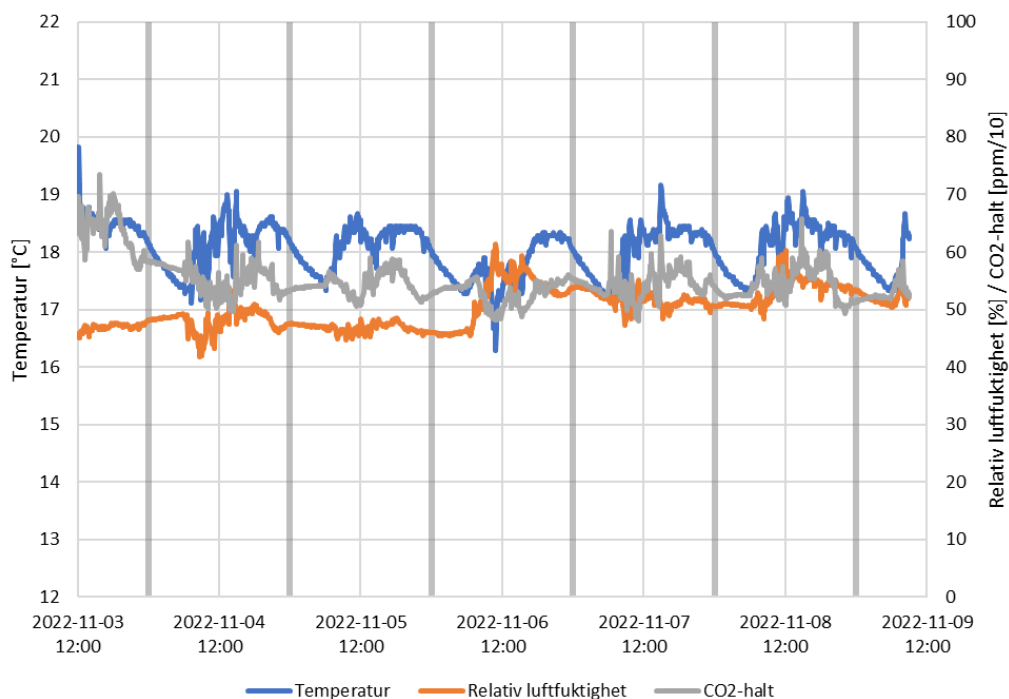


Kommentar: Att värdena för Mejeri-zonen går ner till noll på natten beror på att instrumentet då varit avstängt.

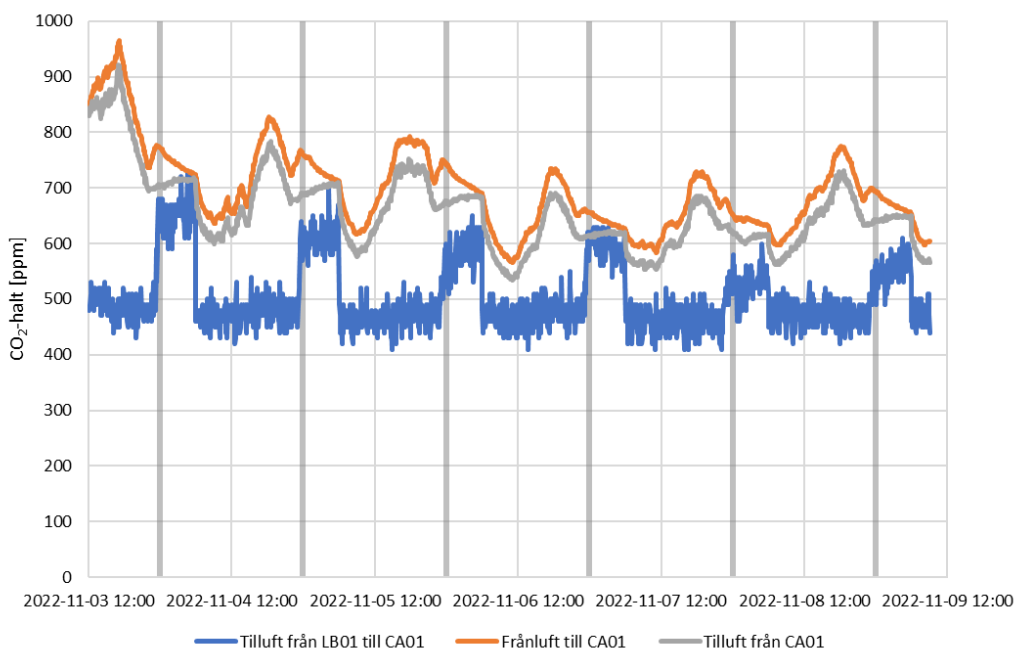
Delikatess

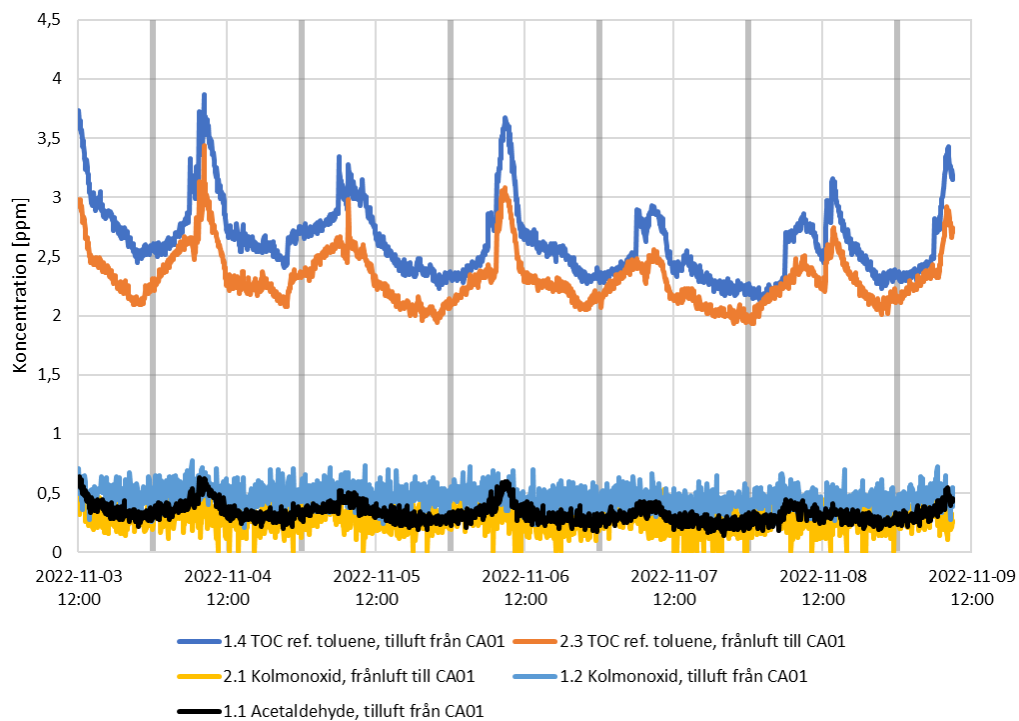


Lager

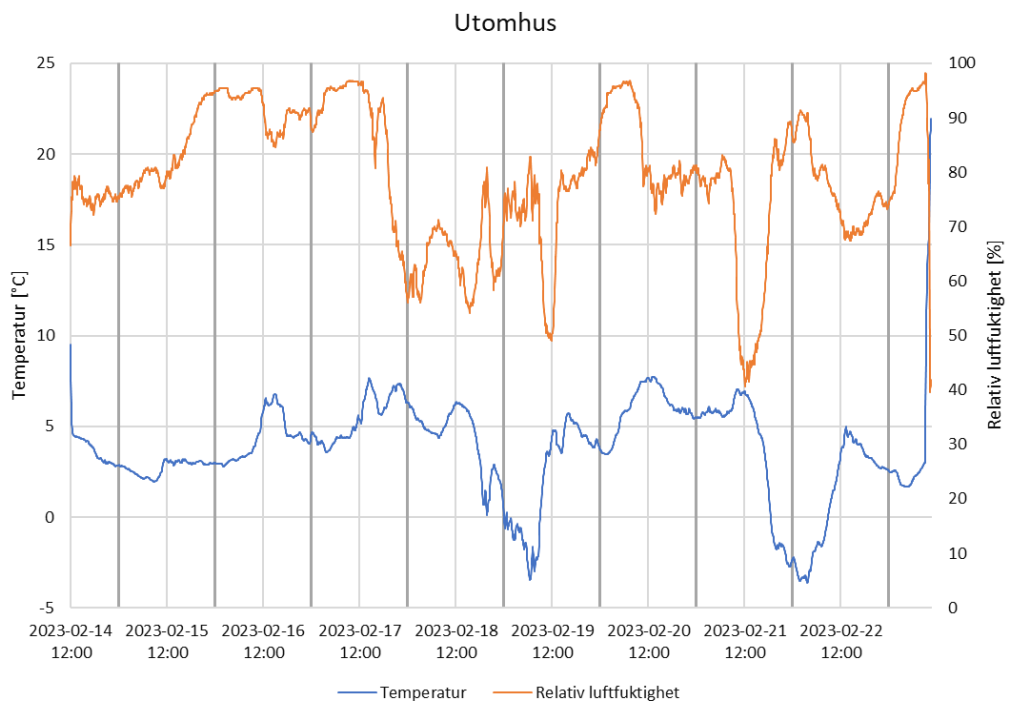
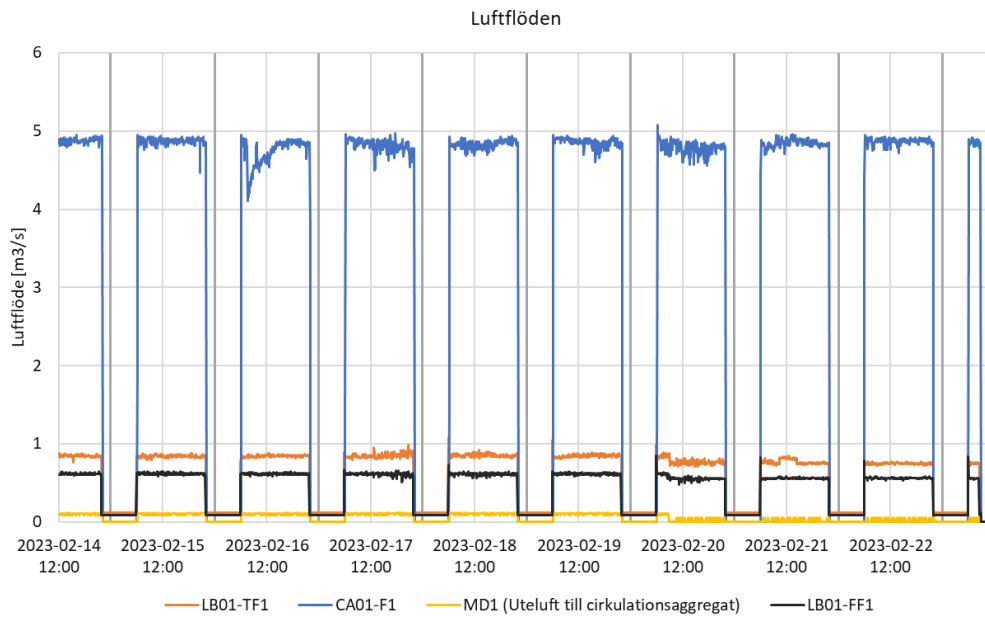


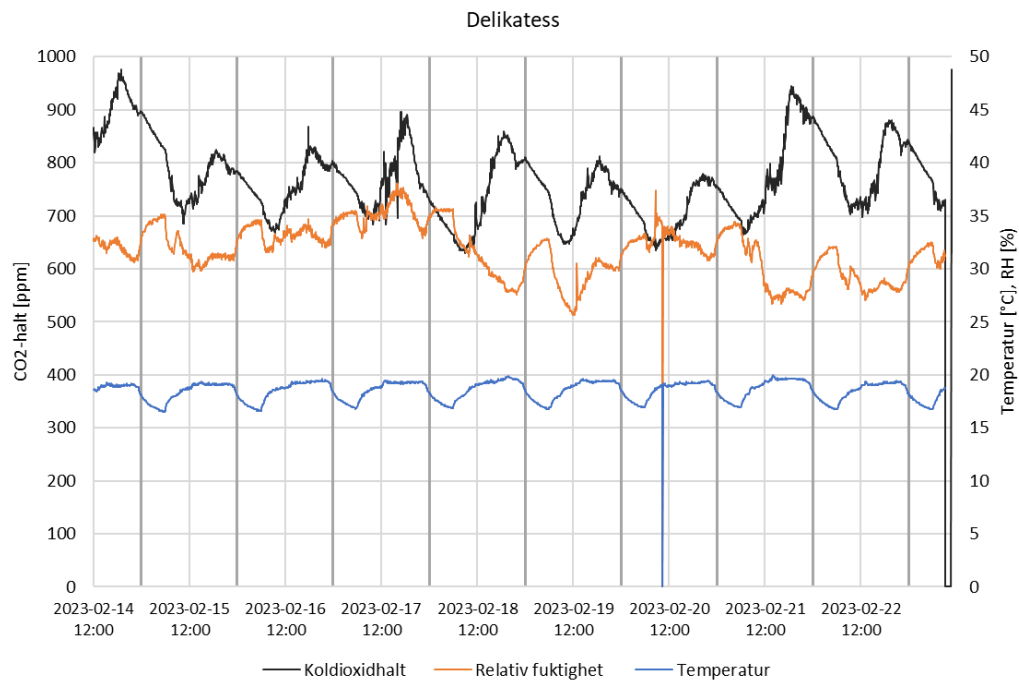
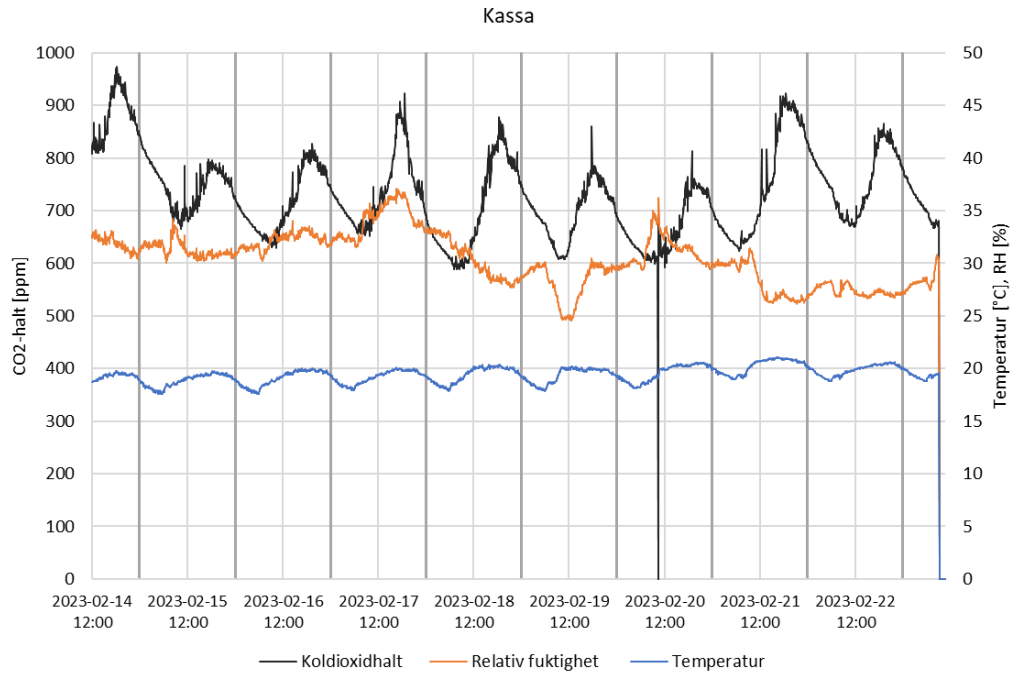
Koldioxid

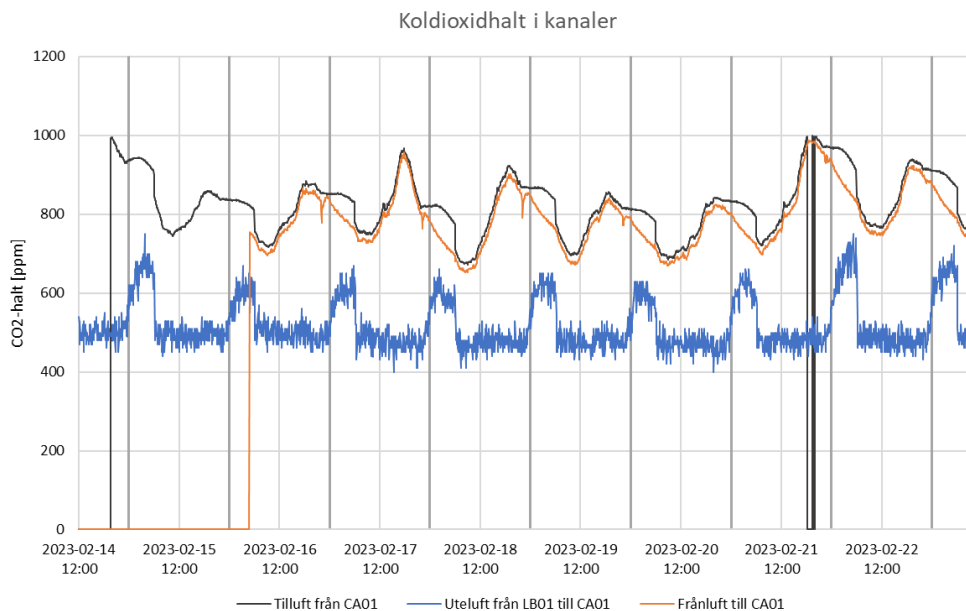




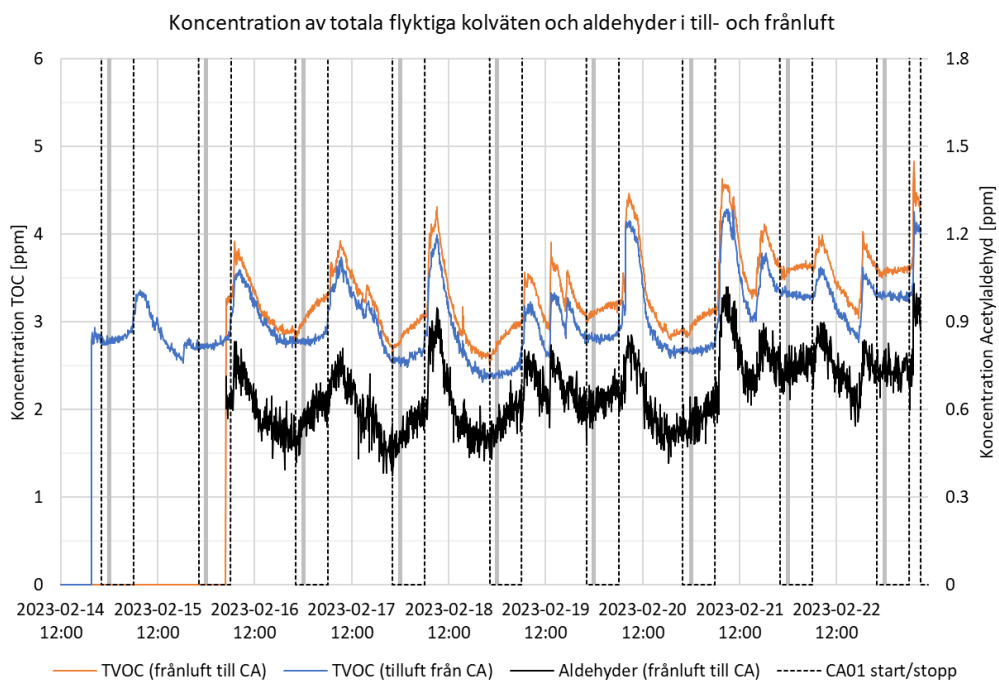
Mätperiod 2



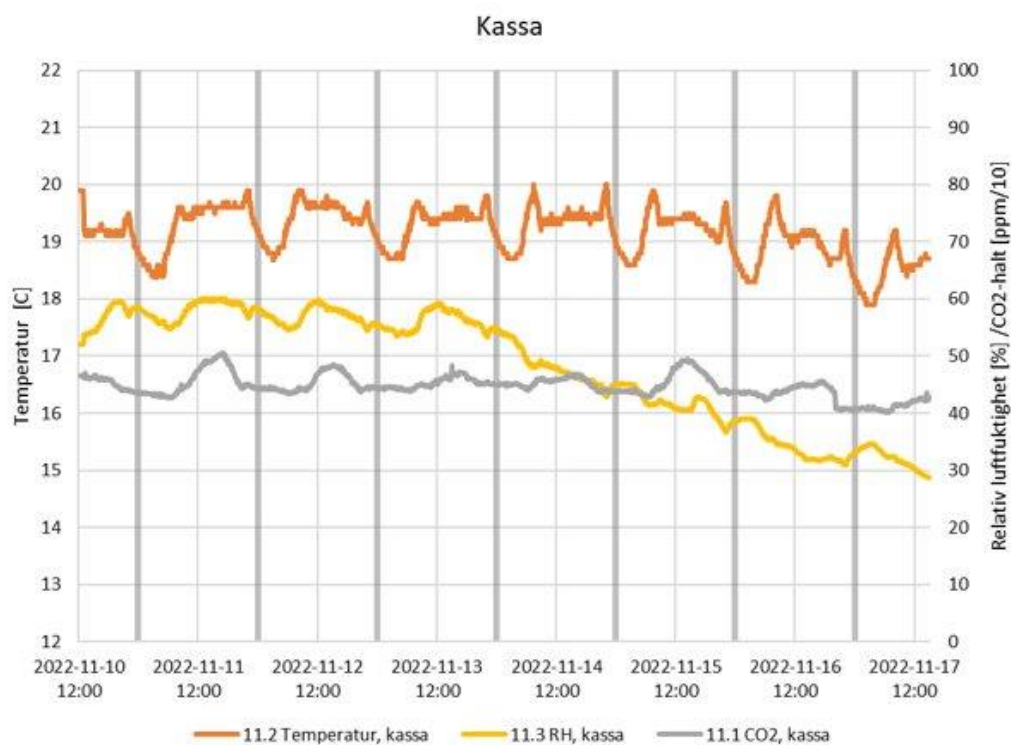
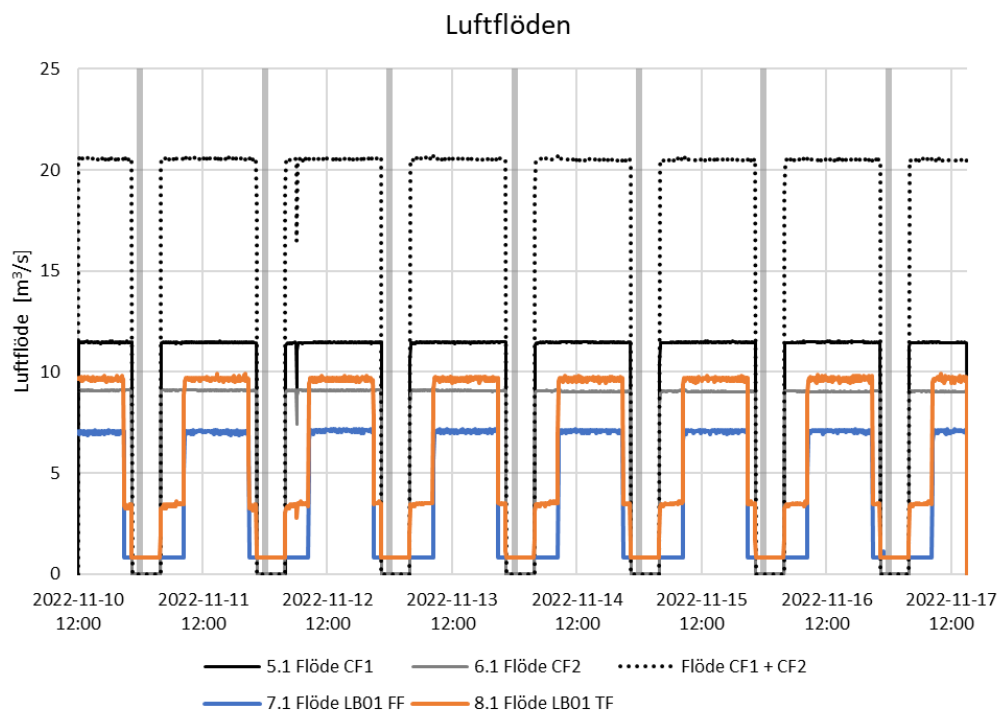


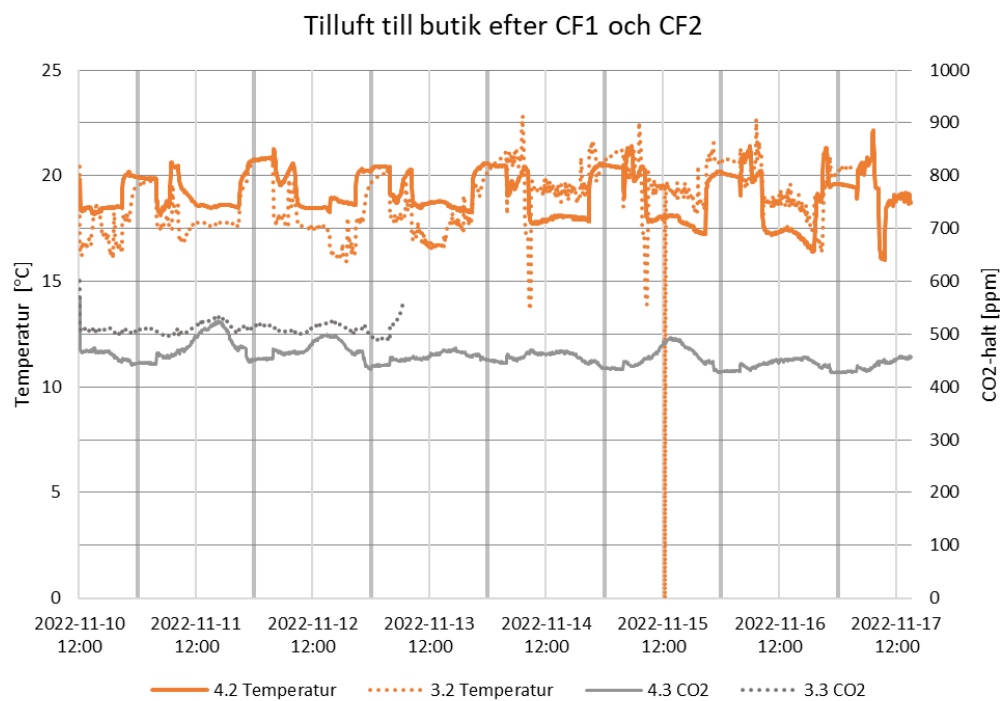
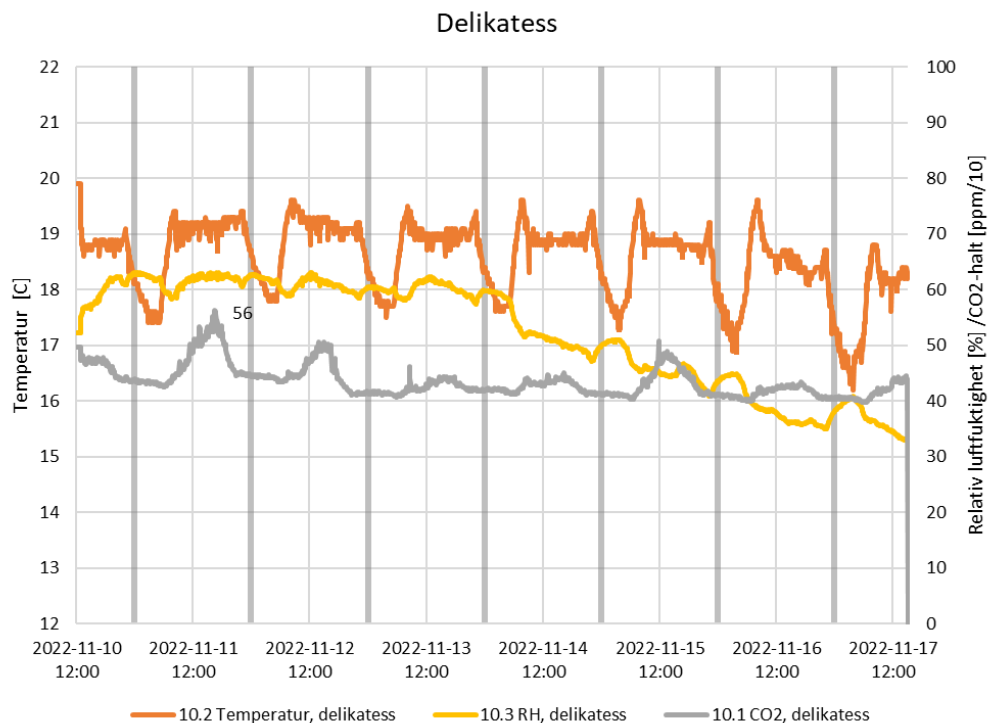


Kommentar: Koldioxidhalten i kanalen mellan LB01 och CA01 är högre under natten eftersom fläktarna då är avstängda.

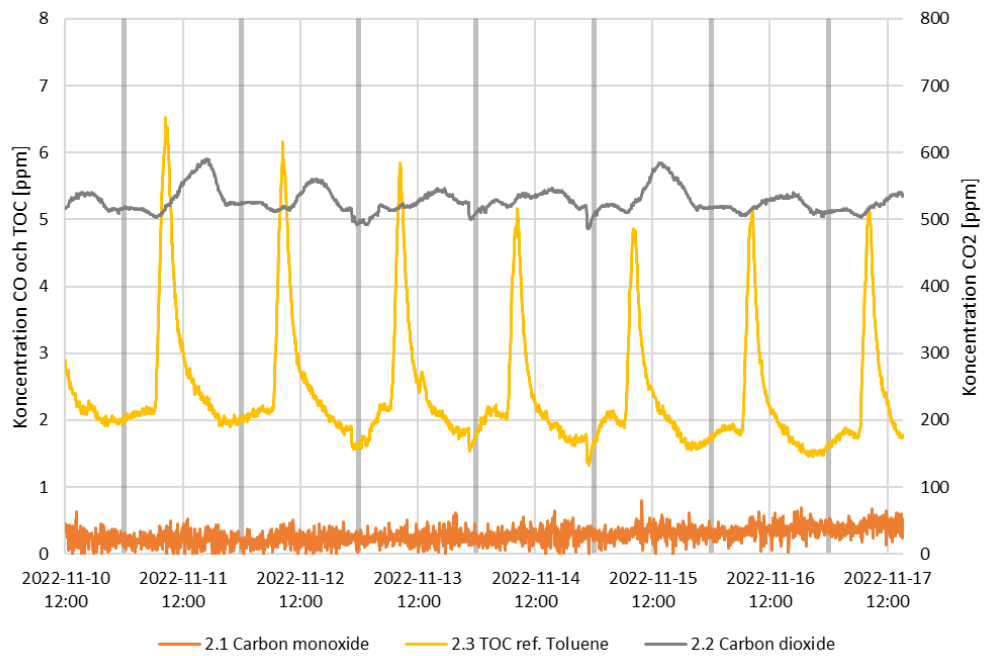


BILAGA 2 MÄTRESULTAT BUTIK B





Frånluft till LB01-FF1 (BK2)



Frånluft till CF (återluft) (BK2)

