



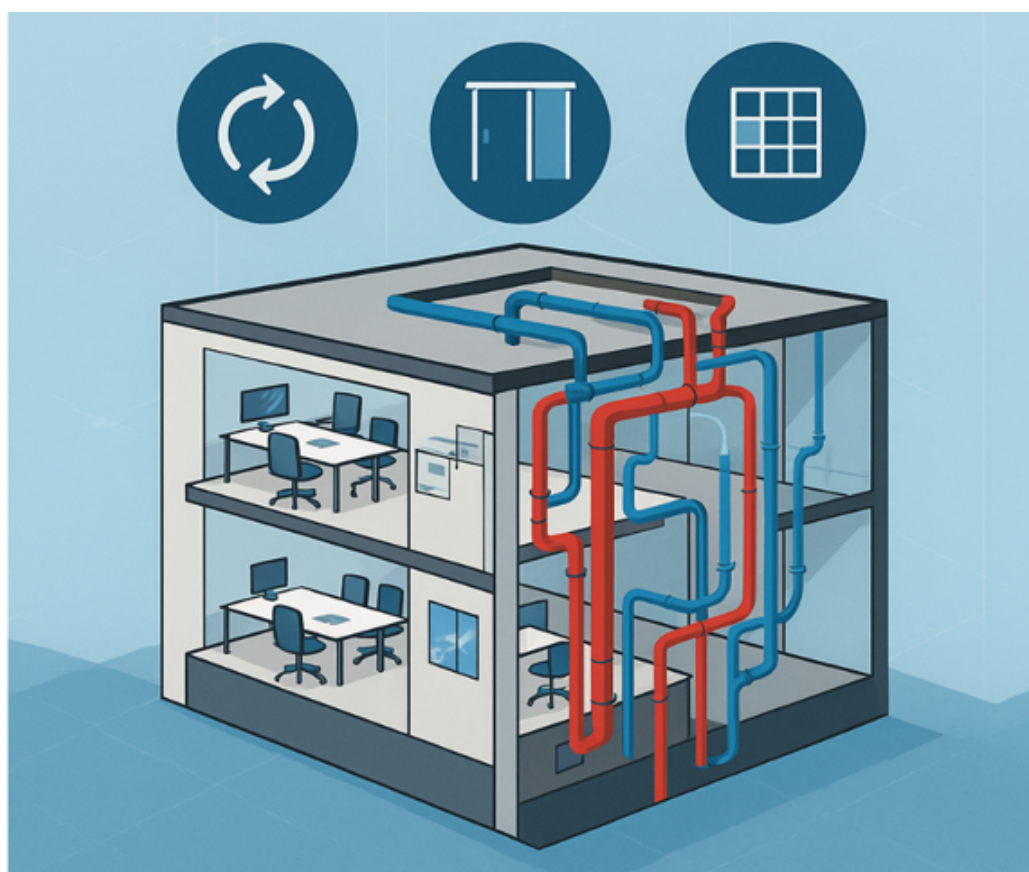
CHALMERS
UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Utformning och definition av flexibla VVS-system:

Möjligheter, utmaningar och branschens perspektiv

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet

Samhällsbyggnadsteknik



Ella Eriksson

Anna Undeland

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Installationsteknik

Chalmers Tekniska högskola

Göteborg, Sverige 2025

www.chalmers.se

EXAMENSARBETE ACEX20

Utformning och definition av flexibla VVS-system:

Möjligheter, utmaningar och branschens perspektiv
*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

ELLA ERIKSSON
ANNA UNDELAND

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Installationsteknik
Examinator Anders Trüschel
Handledare Torbjörn Lindholm
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, 2025

Utformning och definition av flexibla VVS-system:

Möjligheter, utmaningar och branschens perspektiv

*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

ELLA ERIKSSON

ANNA UNDELAND

© ELLA ERIKSSON, ANNA UNDELAND 2025

Examensarbete ACEX20

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Chalmers tekniska högskola 2025

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Avdelningen för Installationsteknik

Chalmers tekniska högskola

412 96 Göteborg

Telefon: 031-772 10 00

Omslag:

AI-genererad illustration skapad av DALL·E via OpenAI (2025).

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik

Göteborg 2025

Utformning och definition av flexibla VVS-system:
Möjligheter, utmaningar och branschens perspektiv
*Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet
Samhällsbyggnadsteknik*

ELLA ERIKSSON
ANNA UNDELAND

Institutionen för arkitektur och samhällsbyggnadsteknik
Avdelningen för Installationsteknik
Chalmers tekniska högskola

SAMMANFATTNING

I byggbranschen pratas det mycket om att VVS-systemen ska vara *flexibla* så att dess tekniska livslängd kan bli längre och att det ska vara anpassningsbart för olika verksamheter eller hyresgäster med olika behov. Just nu saknas det en definition av vad flexibla VVS-system är. Syftet med vårt arbete är att försöka ta reda på hur branschen, alltså konsulter och fastighetsägare, anser vilka faktorer och aspekter som spelar in för att skapa ett flexibelt system. Målet innefattar också att försöka skapa en gemensam definition av själva begreppet. För att undersöka detta har studien huvudsakligen baserats på intervjuer med konsulter och fastighetsägare, kompletterat med en kortare litteraturstudie.

Resultat visar att VVS-branschen delar en gemensam syn på vad begreppet *flexibelt system* innebär; att ett VVS-system ”*bör kunna anpassas till framtida förändringar med minimala ingrepp*”. Det finns dock olika tolkningar av hur detta bäst ska uppnås och tillämpas i praktiken. Några av de lösningar som beskrivs som flexibla, såsom placering av don i fönsterzon, modultänk och centraliserade system, är redan etablerade standarder i branschen. Samtidigt finns det olika tankar och skolor när det gäller andra lösningar. Exempelvis vid val av styrsystem, kylsystem, ringmatning, dimensionerad överkapacitet för lokal- och hyresgästförändringar samt klimatanpassning till högre sommartemperaturer.

Flexibilitet uppfattas ofta som en önskvärd funktion, men nedprioriteras i projekteringsfasen på grund av faktorer som kostnad, energieffektivitet och beställarens prioriteringar. Studien identifierar tre huvudsakliga perspektiv på flexibilitet: specifika tekniska lösningar (till exempel val av system och komponenter), planering (till exempel moduluppbyggnad och placering av installationer) samt strategiskt förhållningssätt (till exempel att matcha lokalens utformning med framtida verksamheter). Dessa nivåer används ofta parallellt, men utan att det tydliggörs vilken typ av flexibilitet som avses, vilket bidrar till begreppsförvirring.

Slutsatsen är att *flexibilitet* ofta är beroende av projektets specifika förutsättningar samt beställarens vision och budget, vilket begränsar konsulternas inflytande. För att minska behovet av ombyggnationer och främja långsiktiga lösningar krävs en ökad medvetenhet om hur flexibilitet praktiskt ska tillämpas i projekt samt ett långsiktigare tänkande kring framtida klimatförutsättningar och systemens hållbara funktion.

Nyckelord: Installationsteknik, ventilationssystem, flexibilitet, långsiktig hållbarhet, luftburen kyla, vätskeburen kyla, VAV-system, intervjustudie, VVS, kontorsbyggnad

Design and definition of flexible HVAC systems
Opportunities, challenges and the industries perspective
Degree Project in the Engineering Programme
Civil and environmental engineering

ELLA ERIKSSON
ANNA UNDELAND

Department of Architecture and Civil Engineering
Division of Building Services Engineering
Chalmers University of Technology

ABSTRACT

There is a discussion in the industry about HVAC systems being *flexible* so their technical lifespan can be longer and adaptable to a variety of tenants with different needs. Currently, there is no clear definition of what a flexible HVAC system is. The aim of our study is to evaluate how the industry, specifically consultants and property owners, perceives the factors and aspects that contribute to creating a flexible system, and to attempt to establish a shared definition of the term itself. To examine this, the study is primarily based on interviews with consultants and property owners, complemented by a short literature review.

The results show that the HVAC industry shares a common understanding of the term “*flexible system*”; meaning that an HVAC system “*should be able to adapt to future changes with minimal interventions.*” However, there are varying interpretations of how this is best achieved and applied in practice. Some solutions described as flexible, such as the placement of supply air diffusers in the window zone, module strategy, and centralized systems, are already established industry standards. At the same time, there are differing approaches and mindsets regarding other solutions. Examples include the choice of control systems, cooling systems, looping system, capacity sizing for change in floor plan and tenants, and climate adaptation for rising summer temperatures.

Flexibility is often seen as a desirable feature but tends to be prioritized less during the project planning phase due to factors such as cost, energy efficiency, and the client’s priorities. The study identifies three main perspectives on flexibility: specific technical solutions (for example, choice of systems and components), planning (for example, module strategy and placement of installations), and strategic approaches (for example, aligning space design with potential future uses). These levels are often used in parallel to each other, but without specifying the type of flexibility intended, which contributes to conceptual confusion.

The conclusion is that *flexibility* largely depends on the specific conditions of the project and the client’s vision and budget, which limits the influence of consultants. To reduce the need for renovations and promote long-term solutions, greater awareness is needed on how *flexibility* can be practically implemented in projects, along with more long-term thinking about future climate conditions and the sustainable operation of systems.

Keywords: Installation technology, ventilation systems, flexibility, long-term sustainability, air-borne cooling, water-borne cooling, VAV systems, interview study, HVAC, office buildi

Innehållsförteckning

SAMMANFATTNING	I
ABSTRACT	II
INNEHÅLLSFÖRTECKNING	III
FÖRORD	VI
BETECKNINGAR	VII
1. Inledning	1
1.2 Studiens syfte.....	1
1.3 Frågeställningar	1
1.4 Avgränsningar	2
2. Metod	2
2.1 Undersökningsstrategi.....	2
2.1.1 Intervju	2
2.1.2 Litteraturstudie.....	3
3. Teori och förstudie	3
3.1 Grundläggande koncept.....	3
3.1.1 Centraliserat och decentraliserat system	3
3.1.2 Givare.....	4
3.1.3 Behovsstyrd ventilation – Styrsystem	4
3.1.4 DVUT och DSUT.....	4
3.1.5 Ringmatning	5
3.2 Litteraturstudie.....	5
3.2.1 Studie som jämför flexibla ventilationssystem	5
3.2.2 Studier som jämför VAV och CAV	6
3.2.3 En studie om utmaningar med smarta system.....	6
3.3 Regler och rekommendation.....	7
3.3.1 Luftkvalitet.....	7
3.3.2 Rumstemperaturer i kontor	7
3.3.3 Effektiv elanvändning.....	8
3.3.4 Brand	8
3.3.5 Ljuskrav	8
4. Resultat	9
4.1 Hur definierar olika konsulter begreppet flexibla VVS-system.....	9
4.2 Flexibilitet i branschen.....	9
4.2.1 Hur mycket fokus finns det på flexibilitet i branschen?	9
4.2.2 Exempel på vanliga förändringar	10
4.3 Utformning av kanalsystem, instick och don	10
4.3.1 Placering av don.....	11
4.3.2 Placering av huvudkanaler.....	15
4.3.3 Kan ringmatning erbjuda flexibilitet?	16
4.4 Kärnan, Frånluftsdon och överluftsdon	16
4.4.1 Kärnan och frånluftsdon	16
4.4.2 Överluftsdon.....	17
4.4.3 Centraliserat vs decentraliserat system.....	17
4.5 Inbyggd överkapacitet.....	18
4.5.1 Kostnadseffektivt att överdimensionera kanaler, aggregat och rör	18
4.5.2 Hur mycket inbyggd överkapacitet ska systemet ha?	19

4.6 Radiatorers placering.....	20
4.7 Vätskeburen eller luftburen kyla.....	20
4.8 Vid val av vätskeburen kyla.....	21
4.8.1 Temperaturer i kylsystem.....	21
4.8.2 Placering av kylrörstråk.....	22
4.8.3 Injustering i vätskeburna system.....	22
4.9 Styrssystem/ Smarta system i långsiktigt perspektiv.....	22
4.9.1 Givare.....	23
4.9.2 Öppna eller stängda system.....	24
4.9.3 Vid val av VAV eller CAV- system, hur byggs de flexibelt i ett långsiktigt perspektiv.....	24
4.10 DVUT och DSUT- Förbereder för framtida klimatförändringar.....	25
4.11 Flexibelt tänk, före flexibelt system.....	26
4.12 Ytterligare flexibla lösningar.....	27
5. Diskussion.....	28
5.1 Olika tolkningar av begreppet flexibilitet.....	28
5.2 Sammanvägning av intervju svaren.....	29
5.2.1 Konsensus hos konsulterna- Branschpraxis.....	29
5.2.2 Oenigheter hos konsulterna.....	30
5.2.3. Rekommendationer- sammanfattning.....	32
5.3 Framtidens behov och klimatförändringar.....	32
5.4 Utmaningar med flexibilitet.....	33
5.4.1 Flexibilitetens roll i dagens byggprojekt- varför flexibilitet inte prioriteras.....	33
5.5 Utmaningar i projektet.....	34
5.6 Rekommendationer för vidare forskning.....	35
6. Slutsats.....	36
Referenser.....	37
BILAGA 1 - Intervjumall.....	39
1.1 Till konsulter.....	39
1.2 Till fastighetsägare.....	40

Förord

Följande examensarbete har utförts av Anna Undeland och Ella Eriksson som studerar Samhällsbyggnadsteknikprogrammet på Chalmers Tekniska Högskola. Arbetet utfördes under vårterminen 2025 och haft en omfattning på 15 högskolepoäng. Examensarbetet har genomförts i samarbete med Norconsult och idén till arbetet har tagits fram tillsammans med våra handledare på Chalmers.

Vi vill rikta ett tack till våra handledare på Norconsult, Tomas Utterhall och Mattias Bergh, som varit ett stöd under vårt arbete genom att ha varit lättillgängliga för att svara på våra frågor och funderingar under arbetets gång, tillsammans med övriga kollegor på Norconsult. De har varit till stor hjälp under arbetet.

Vi vill också tacka vår handledare Torbjörn Lindholm och examinator Anders Trüschel som visat intresse för vårt examensarbete och hjälpt oss under projektets gång.

Vi vill även tacka alla som tagit sig tid och ställt upp på intervjuer, samt visat intresse för vårt arbete:

Tomas Utterhall – Gruppledare installationsteknik VVS Norconsult

Peter Cottman – Senior konsult på Bengt Dahlgren

Kristina Nilsson – Civilingenjör på Gicon

Lars Ekberg – Professor i inneklimatteknik på Chalmers tekniska högskola

Carl Martin – Projektchef på Alecta fastigheter

Olle Nyström – Teknikingenjör på Akademiska hus

Mattias Larsson – Projektledare installationsstrategi på Akuro

Martin Nylund och Patrik Öman – IMI hydronic engineering

Beteckningar:

VVS	Värme, ventilation och sanitet
BFS	Boverkets författningssamling
DVUT	Dimensionerande vinterutetemperatur
DSUT	Dimensionerande sommarutetemperatur
SFP	Specifik fläkteffekt
CAV	Konstant luftflödesvolym
VAV	Variabel luftflödesvolym
LCC-kalkyl	Livscykelkostnads kalkyl
cc	Avståndet från centrum till centrum mellan centrumpunkterna på 2 komponenter
DCV	Behovsstyrd ventilation
Spjällstyrning	Reglerar luftflöden i ventilationssystem genom att öppna och stänga spjäll i kanalerna
COP	Coefficient of Performance, ett mått på en värme- eller kylpumps prestanda
PBL	Plan- och bygglagen, Boverket
AFS	Arbetsmiljöverkets författningssamling
FoHMFS	Folkhälsomyndighetens författningssamling
Instick/avstick	En mindre kanal som förgrenas ut från huvudkanalen
A_{temp} [m ²]	Arean avsedd att värmas till 10°C

1. Inledning

1.1 Bakgrund

I dagens byggbransch är det vanligt att kontorslokaler byggs om när hyresgäster byts ut. Dessa anpassningar omfattar ofta även VVS-systemen, vilket kan leda till både ekonomiska, tidsmässiga och miljömässiga konsekvenser. Därför lyfts ibland vikten av att utforma flexibla VVS-system som är anpassade för ombyggnationer. Men vad innebär egentligen begreppet *flexibilitet* och hur tillämpas det i praktiken?

Flexibla byggnader, som under sin livslängd kan fungera för olika typer av verksamheter, spelar en viktig roll i övergången mot ett mer hållbart samhälle (Fastighetsägarna & White Arkitekter, 2022). På fastighetsägare ställs högre krav att deras lokaler ska kunna ställas om till andra verksamheter, vilket i sin tur ställer motsvarande krav på byggnaders tekniska system. Det pratas därför mycket om flexibla system i byggbranschen. Att det är viktigt att utforma system som kan användas under en lång tid och kunna uppfylla flera hyresgästers behov. Ett av de tekniska systemen som tar mest plats i en byggnad är VVS-systemen som dessutom kan vara känsliga för ombyggnationer, vilket gör det till ett relevant område att undersöka.

I takt med att byggnader blir mer klimateffektiva så ökar den materialrelaterade andelen av byggnadens totala klimatavtryck (Högberg et al., 2022). Genom att undvika ombyggnation av byggnader som fortfarande är i gott skick sparas både material och energi. Det finns i dagsläget begränsat med tidigare forskning och litteratur om vad flexibla ventilationssystem innebär och hur det arbetas med i branschen. Det finns dock ett antal studier som utvärderar alternativa ventilationstyper utifrån en flexibilitetssynpunkt, vilket visar på ett växande intresse för frågan inom branschen.

1.2 Studiens syfte

I branschen pratas det mycket om att VVS-systemen ska vara flexibla så att dess tekniska livslängd kan bli längre och att de ska vara anpassningsbara för olika hyresgäster och behov. Just nu saknas det en definition av vad flexibla VVS-system är. Syftet med arbetet är att ta reda på hur konsulter och fastighetsägare ser på vilka faktorer och aspekter som spelar in för att skapa ett flexibelt system. Där fokus legat på kontorsbyggnader. Informationen ska sedan sammanställas för att skapa en gemensam definition av vad begreppet *flexibla VVS-system* innebär.

1.3 Frågeställningar

1. Hur definierar konsulter och fastighetsägare begreppet *flexibilitet* inom VVS?
2. Finns det några typiska lösningar för att skapa flexibla system?
 - Vilken kapacitet ska ventilation-, värme- och kylsystem ha i förhållande till behovet?
 - Hur ska don, rör och kanaler placeras strategiskt i förhållande till planlösning i verksamheter som potentiellt kan förändras i framtiden?
 - Vilka styrsystem och systemval är mer anpassningsbara?
 - Vilka fördelar och nackdelar finns med olika systemval?

1.4 Avgränsningar

I rapporten behandlas endast nybyggda kontorslokaler för att avgränsa studien och kunna undersöka på en mer detaljerad nivå. ”Nybyggda” definieras i rapporten som byggnader som är färdigställda mellan 2014 och 2024. Kontor valdes eftersom det är en typisk lokal där hyresgästen varierar men har liknande ventilationsbehov. Fokus ligger på det långsiktiga perspektivet vid förändring av hyresgäster. I rapporten behandlas därmed inte det kortsiktiga perspektivet som handlar om hur verksamheter förändras under ett dygn.

Vi väljer att begränsa intervjuerna till fastighetsägare och konsulter för att få information både från de som påverkas av systemet och de som utformar dem. Tillgänglig tid samt villiga respondenter är faktorer som påverkar antalet intervjuade konsulter och fastighetsägare. Studien är även geografiskt begränsad, då de intervjuade för det mesta arbetar inom Göteborgsområdet och är därför baserat på Västra Götalands klimatförutsättningar.

2. Metod

I detta kapitel beskrivs de tillvägagångsätt och metoder som används i arbetet.

2.1 Undersökningsstrategi

Studien har genomförts som en kvalitativ semistrukturerad intervjustudie, med en kompletterande litteraturstudie. Rapportens resultat baseras främst på material från intervjuer, men även en litteraturstudie som gett fördjupad information inom ämnet.

2.1.1 Intervju

För att besvara frågeställningarna har intervjuer med olika konsulter och fastighetsägare hållits, som alla arbetar inom olika områden av VVS. Inför intervjuerna förbereddes standardiserade frågor för att deras svar sedan skulle kunna sammanställas och jämföras. Intervjufrågorna finns i bilagor.

För att utforma relevanta intervjufrågor genomfördes först en litteraturstudie. Sedan diskuterades frågorna med handledarna kring vilka aspekter de upplevt som relevanta utifrån sina yrkeserfarenheter. Därefter reflekterade vi över våra egna erfarenheter från utbildningen och vilka frågor vi tyckt varit intressanta att diskutera vidare i intervjuerna.

Under intervjuerna användes de förberedda frågorna som grund, men följdfrågor ställdes också baserat på svaren för att få förtydliganden och en djupare förståelse. Detta gjorde att intervjuerna blev semistrukturerade. Intervjuerna genomfördes fysiskt i den mån det var möjligt och annars digitalt via Microsoft Teams. Totalt genomfördes 8 intervjuer varav 3 varit med konsulter från VVS-företag av varierande storlek, 3 ansvariga inom fastighetsförvaltning, en professor, och ett leverantörsföretag. Intervjuerna genomfördes enskilt en och en. Samtliga respondenter godkände att intervjuerna spelades in för att underlätta transkribering. Det som sedan transkriberades var det som ansågs vara relevant för studien. Konsulterna fick även möjlighet att korrigera sina uttalanden efter sammanställning av resultat för att säkerhetsställa att det sammanfattats korrekt.

Deltagare:

Konsulter

- **Tomas Utterhall** – Gruppleddare installationsteknik VVS Norconsult
- **Peter Cottman** – Senior konsult på Bengt Dahlgren
- **Kristina Nilsson** – Civilingenjör på Gicon

Professor inom installationsteknik

- **Lars Ekberg** – Professor i inneklimatteknik på Chalmers tekniska högskola

Fastighetsägare

- **Carl Martin** – Projektchef på Alecta fastigheter
- **Olle Nyström** – Teknikingenjör på Akademiska hus
- **Mattias Larsson** – Projektledare installationsstrategi på Akuro

Leverantörer

- **Martin Nylund och Patrik Öman** - IMI hydronic engineering

2.1.2 Litteraturstudie

För en djupare förståelse av området genomfördes även en litteraturstudie. För att sätta ramarna för arbetet har information om regler och rekommendationer sammanställts. Vidare har en genomgång av relevanta och liknande studier gjorts, vilket kunnat ge användbar information och varit bra jämförelser för arbetet. En begränsning har varit att det finns relativt få tidigare studier inom området.

2.2 Metoddiskussion

En kritik mot intervjumetoden är att intervjuerna inte varit standardiserade. Även om grundfrågor ställts, har följdfrågor anpassats utifrån de svar vi fått, för att ge viss flexibilitet i intervjuerna. Kompletterande frågor har också ställts i relation till antal genomförda intervjuer och de synpunkter tidigare respondenter har nämnt. Vidare har vissa frågor tagits bort eftersom de inte behövde förtydligas eller förklaras i takt med att vår kunskapsnivå inom området ökat. En ytterligare faktor som eventuellt kan ha påverkat resultaten är att intervjuerna inte genomfördes anonymt, vilket kan ha påverkat hur deltagarna svarade.

3. Teori och förstudie

I följande kapitel redovisas grundläggande VVS-koncept, tidigare studier samt de krav och rekommendationer som sätts på ventilation som branschen måste följa. I syfte att skapa en god arbetsmiljö.

3.1 Grundläggande koncept

I följande underkapitel redogörs förklaringar av olika systemuppbyggnader och koncept inom VVS för allmän läsare.

3.1.1 Centraliserat och decentraliserat system

Ett centraliserat ventilationssystem innebär att ett centralt aggregat förser hela byggnaden med luft, alternativt två eller fler aggregat om byggnaden är stor (Energy Building, u.å). I ett

decentraliserat system ersätts det stora aggregatet med fler små aggregat som förser mindre delar av en byggnad, till exempel varje våning eller rum.

3.1.2 Givare

Givare är en mätutrustning som används i de flesta smarta VVS-styrssystem idag och kan bland annat ge information om temperatur, luftfuktighet, närvaro och koldioxidhalt i ett rum (Svenska Termoinstrument AB, u.å). Det är ett smart instrument som används för att övervaka och kontrollera inomhusmiljöer. Det är fördelaktigt både för att skapa energieffektiva byggnader, samt upprätthålla en jämn och god inomhusmiljö i realtid.

Placering av rumsgivare är viktigt för att få rätt data om inneklimatet. En placering i solen eller vid luftdrag kan ge fel information till styrsystemet och därför rekommenderar Boverket att placera givare i frånluftkanaler för att den luften ger ett medelvärde av temperaturerna i rummet (2024a). Det kan dock bli problem i rum med hög takhöjd då temperaturskiktning kan ske och ge ett felrepresentativt värde. Enligt William Rippgården, styrkonsult på Norconsult, är det däremot vanligt att placera rumsgivare på väggen vid dörrar i närhet till lampknappar då de kan ha gemensamma installationsrör med annan teknik. En annan anledning är att rumsregulatorer med inbyggd temperaturgivare inte kan placeras i frånluftkanalen, för att temperaturen ska kunna regleras från rummet.

3.1.3 Behovsstyrd ventilation – Styrssystem

Behovsstyrd ventilation innebär att luftflöden anpassas efter det aktuella behovet i ett rum. Det finns 2 huvudtyper av behovsstyrd ventilation: Variabel luftflödesvolym (VAV) och behovsstyrd ventilation (DCV). Enligt Caroline Jacobsson på Swegon (2018) är VAV ett enklare behovsstyrt system som styrs av temperatur och luftkvalitet. Det är dessutom något billigare än DCV, men kan ändå ofta uppfylla kravställningar för enklare projekt. DCV är ett mer avancerat system som även har möjlighet att mäta närvaron i en lokal. Det är vanligtvis något dyrare, men ger mer exakta värden och kan ofta lätt kombineras med vattenburna produkter.

Behovsstyrd ventilation kan vara mer fördelaktig än traditionell CAV, eftersom den kan sänka luftflödet när ingen befinner sig i ett rum, vilket är mer energieffektivt. Detta är särskilt fördelaktigt i verksamheter där aktivitetsnivån varierar mycket och energi vill sparas.

3.1.4 DVUT och DSUT

Dimensionerande vinterutetemperatur (DVUT), är den utetemperatur som används för att ta fram riktvärden för riktad operativ temperatur (Boverket, 2024c). DVUT används bland annat för att dimensionera värmesystem i byggnader.

Den dimensionerande sommarutetemperaturen (DSUT), är däremot den utetemperatur som kan användas för att dimensionera kylsystem i byggnader. Det förekommer dock större problematik med att fastställa DSUT jämfört med DVUT, eftersom flera osäkra faktorer, så som interna värmelaster och solinstrålning, påverkar resultatet. Det är troligtvis därför det saknas samma mängd dataunderlag och DSUT används i mindre utsträckning. Trots detta menar Vahid Nik m.fl. (2022) att DSUT fortfarande kan vara relevant vid dimensionering av kylsystem, då det trots sina osäkerheter ger ett bättre underlag än att helt sakna en referenstemperatur att utgå ifrån. Vilken temperatur konsulter väljer att dimensionera utifrån är viktigt i detta projekt, särskilt ur det långsiktiga perspektivet. Detta eftersom ökade temperaturer kan innebära att systemens kylkapacitet blir otillräcklig i framtiden.

3.1.5 Ringmatning

Ett ringmatat ventilationssystem innebär att huvudkanalsystemet är utformat som en ring där tilluften kan cirkulera, vilket medför att trycket i huvudkanalen är mer utjämnat, jämfört med ett traditionellt system (Swegon, 2014). De avstick som finns på huvudkanalen matas även med luft från två håll, vilket skapar jämnare tryckförhållanden.

3.2 Litteraturstudie

En sammanfattning av tidigare studier som gjorts inom området.

3.2.1 Studie som jämför flexibla ventilationssystem

Det finns en studie som har undersökt alternativa ventilationsstrategier utifrån ett flexibilitetsperspektiv. I studien definieras flexibilitet utifrån både ett kort- och långsiktigt perspektiv, där det långsiktiga fokuset ligger på systemens förmåga att anpassas vid framtida ombyggnationer (Seuntjens. O et al, 2022). För att möjliggöra sådan anpassningsbarhet krävs bland annat att ventilationskomponenter är lättåtkomliga, att luftdistributionssystem inte är permanent integrerade i bärande konstruktioner och att systemen kan styras lokalt.

Studien beskriver ett centraliserat balanserat mekaniskt ventilationssystem med ett överdimensionerat kanalsystem och många tillgängliga tilluftsdon som ”standardlösning” för flexibilitet. Det lite överdimensionerade kanalsystemet har möjlighet att anpassa sig till ett framtida potentiellt ökat luftbehov. Med många tilluftsdon finns även en större möjlighet att ändra planlösningen utan att systemet påverkas, förutsatt att donen är placerade strategiskt utifrån flera möjliga rumsliga konfigurationer. Nackdelarna med denna lösning är att det går åt en större mängd material när systemet överdimensionerats samt att det centraliserade systemet innebär ett mer omfattande kanalsystem med mer tryckfall vilket resulterar i en högre energianvändning för fläktarna.

I studien analyseras även flera alternativa ventilationsstrategier och vilka möjligheter det har att erbjuda flexibilitet. Däribland behandlas *mixed-mode ventilation*, som är ett ventilationssystem som växlar mellan naturlig och mekanisk ventilation beroende på yttre förhållanden. Denna strategi är främst fördelaktig ur energisynpunkt. Den erbjuder dock inte någon flexibilitet eftersom det mekaniska systemet fortfarande innebär att samma omfattade kanalsystem behövs.

Ett ytterligare system som tas upp är *diffus ventilation*, där luft tillförs genom ett undertak med perforerande ytor. Det skapar ett mycket lågt tryckfall (under 2 Pa), och därmed låg energiförbrukning. Då det inte behövs don på samma sätt som i ett traditionellt system kan planlösningen ändras i mycket större utsträckning, vilket gör systemet flexibelt.

Studien menar även att decentraliserade ventilationssystem kan erbjuda en högre grad flexibilitet eftersom de olika aggregaten kan styra delar av en byggnad oberoende av varandra. Därmed kan delar av byggnaden byggas om utan att de andra VVS-systemen och aggregaten påverkas.

Studien visar att valet av ventilationsstrategi har en avgörande betydelse för byggnaders flexibilitet, både på kort och lång sikt och med huvudsakligt fokus på alternativa tekniska lösningar. Trots studiens relevans inom området riktar sig detta examensarbete mot att undersöka hur flexibilitet hanteras i praktiken inom ventilationsprojektering, med särskilt fokus på hur konsulter och fastighetsägare i branschen resonerar och arbetar med begreppet. Därmed har enbart begränsade jämförelser kunnat göras med denna studie.

3.2.2 Studier som jämför VAV och CAV

En fråga som diskuteras i arbetet är hur flexibilitet är kopplat till valet av smarta system. Det finns få tidigare studier som jämför ur ett flexibilitetsperspektiv, men flera studier har undersökt VAV- och CAV-system utifrån inbyggd klimatpåverkan och kostnadsperspektiv vilket ger användbar information till arbetet.

En studie som jämför VAV och CAV med inbyggd klimatpåverkan är av Joo och Normark (2023) där fokus legat på materialåtgången. Klimatpåverkan jämfördes för kanaler, rör, don och kylbafflar för ett våningsplan. Studien visade att VAV-systemet är ett klimatsmartare alternativ. Det är en bättre systemlösning för kontorsbyggnader sett till total klimatpåverkan, klimatpåverkan per $m^2 A_{temp}$ samt minst total materialanvändning. Det alternativ som hade störst klimatpåverkan var kombinationen av CAV systemet med kylbafflar. Produktkategorin med störst påverkan för båda systemen var ventilationskanalerna, men därefter kylbafflarna och donen. Däremot tar inte projektet hänsyn till det långsiktiga perspektivet med klimatpåverkan för underhåll och livslängd eller kostnader. Något att ha i åtanke är dock att ingen materialoptimering gjordes och de utgått från standarder, samt gjort många antaganden.

En annan studie där CAV och VAV undersöktes och jämfördes ur ett kostnadsperspektiv var av Larsson och Al-Tayyar (2012). I den jämfördes vad som är mest kostnadseffektivt att använda i en förskola, med hänsyn till investering, drift, underhåll och inneklimate. I slutändan visade LCC-kalkyler att CAV var mer kostnadseffektivt totalt sett, trots högre driftkostnader, på grund av den stora skillnaden i installationskostnad. Det krävs en högre investeringskostnad för att installera VAV jämfört med CAV-system. Kostnaden skulle bli 1,34 Mkr jämfört med 680 tkr. Däremot skulle ett VAV-system ha en lägre driftkostnad på 6000kr/år jämfört med 10 000kr/år, vilket på 30 år skulle innebära att CAV-systemets driftkostnad blir dubbelt så dyrt som VAV-systemets. Det beror framför allt på att CAV har en högre energiförbrukning. Beräkningarna som gjordes för att titta på vilket system som är det mest kostnadseffektiva, visar att det mer avancerade systemet med dess högre investeringskostnader inte lönar sig på lång sikt.

3.2.3 En studie om utmaningar med smarta system

En förstudie av Belok, som är ett samarbete mellan energimyndigheten och Sveriges största fastighetsägare med inriktning på lokalfastigheter, undersökte befintliga DCV-systems prestanda och funktion, samt dess behov av riktlinjer och vidareutveckling (Maripuu et al., 2024). Hos större del av de intervjuade fungerar de flesta befintliga DCV-system bra (ca 83%). De främsta fördelarna inkluderade med DCV-system var god termisk komfort och luftkvalitet, energieffektivisering samt möjligheten att övervaka systemet. I de anläggningarna där DCV-system fungerade mindre bra identifierades bland annat givarfel, installationsfel, bristande driftunderhåll och felaktig systemdesign, vilket framför allt uppstod i skolor. En del problem har kopplats till brister i systemdesignen, medan andra har att göra med felaktiga installationer på grund av slarv och bristande kompetens vid installation, i driftsättning och i drift. En viktig förutsättning för välfungerande system är därför att driftteknikerna har en god förståelse för systemet.

Studien kommer fram till att det finns brister på kompetens vid projektering, installation och drift, samt felaktig användning och underhåll av givare. Det kan delvis bero på otydliga riktlinjer och brist på standardisering i branschen. De lyfter därmed vikten av att öka kompetensen hos de olika aktörerna och ta fram tydligare riktlinjer, standarder och bättre underhållsrutiner för givare. De lyfter även behovet av uppföljning av systemets funktion över tid.

3.3 Regler och rekommendation

Vid utformning av ventilationssystem i kontorslokaler ställs krav och rekommendationer utifrån Plan och bygglagen (PBL), Arbetsmiljöverket (AFS) och Folkhälsomyndigheten (FoHMFS). Dessa regelverk tillsammans utgör ramarna för vad ett ventilationssystem ska uppfylla. Nedan redovisas några av dessa krav för att skapa en tydlig bild och grundlig förståelse för vilka riktlinjer de intervjuade konsulterna förhåller sig till i sitt arbete.

3.3.1 Luftkvalitet

Enligt §110–111 av AFS om *arbetsplatsens utformning* (2020:1) ska det, så länge ett inomhusarbete pågår, upprätthållas en tillfredställande luftkvalitet, fri från föroreningar och besvärande lukt. Frisk luft ska tillföras på ett effektivt sätt samtidigt som förorenad luft ska tillhandahållas och föras bort. För att uppnå dessa generella krav har de vidare specificerats i §112. Där räknar de med att vid ett stillasittande arbete ska det finnas ett lufttillflöde på minst 7 liter per person, samt 0,35 liter per kvadratmeter i en lokal. Vidare är även en allmän rekommendation från Folkhälsomyndigheten (2014:18) att koldioxidhalten inte ska överstiga 1000 ppm för att luften ska anses ha en god luftkvalitet.

En rekommendation från Arbetsmiljöverket (2020:1 §111) och Folkhälsomyndigheten (2014:18) för att uppnå god luftkvalitet, är bland annat att placera överluftsdon så att luftströmmar går från rum med högre luftkvalitetskrav till rum med lägre krav, exempelvis från arbetsplatser till toaletter och kök. Det är en relevant fråga vid diskussioner kring placering av väggar, tilluft- och frånluftsdon.

3.3.2 Rumstemperaturer i kontor

Utöver krav på god luftkvalitet ställs även krav på temperaturförhållanden på arbetsplatser. Enligt AFS (2020:1 §124) ska arbetsplatser ha ett lämpligt termiskt klimat utifrån aktivitetsnivå, och undvika strålningsasymmetri. Enligt svensk standard (SS-EN ISO 7730:2006), som AFS följer, är rekommendationen att temperaturen vid stillasittande arbete ska ligga mellan 21–25 °C, 13–19 °C vid stående arbete, samt 10–17 °C vid gående arbete. Ytterligare rekommendation från Boverket (2011:6, 6:42) är att den lägsta operativa temperaturen i utrymmen avsedda för vistelse får lägst vara 18 °C vid DVUT.

Det finns även råd och rekommendationer kring luftdrag, då det är en faktor som påverkar upplevelsen av det termiska klimatet. Luft ska tillföras på ett sådant sätt så drag inte uppstår, och det allmänna rådet från AFS (2020:1 §114) är att vid stillastående arbete bör luftflödet i vistelsezoner vara lägre än 0.15 m/s. Dessutom ska permanenta arbetsplatser ligga i skydd från besvärande drag, till exempel rum placerade nära dörr eller port med skiljande temperaturer (§125). Några vanliga åtgärder för att förhindra drag är vindfång och slussar, vädertätning eller luftridåer.

3.3.3 Effektiv elanvändning

En ytterligare aspekt att beakta är energieffektivitet, vilket är en aktuell fråga idag. I detta projekt är det särskilt relevant att förstå riktlinjerna för energieffektivitet hos aggregat vid ombyggnationer av VVS-systemet. Enligt Boverkets föreskrifter (2020:4) ska SFP-värdet eftersträva att inte överskrida värdena nedan vid ombyggnation av ventilationssystemet:

	SFP, KW/(m³/s)
Från- och tilluft med värmeåtervinning:	1,5
Från- och tilluft utan värmeåtervinning:	1,1
Från- och tilluft med värmeåtervinning och kyla:	1,6
Frånluft med återvinning:	0.75
Frånluft:	0,5

För att reducera SFP-värdet och belastningen på aggregatet kan åtgärder som minskar flödet införas. I utrymmen med hög värmebelastning kan till exempel installation av kylsystem minska komfortflödet avsevärt. Enligt BFS (2020:4) bör dock alternativa lösningar övervägas innan installation av kylsystem. Exempel på sådana är solavskärmning, energisnål belysning och andra lösningar som minskar sol- och internlast.

3.3.4 Brand

Vid brand finns det en stor risk för spridning av rök och brand genom ventilationssystemet, vilket medför att VVS-ingenjörer måste förhålla sig till en rad olika brandkrav enligt 5:526 i BFS 2011:6. Framför allt ska luftbehandlingsinstallationer utformas så att existerande brandceller och dess funktioner bevaras.

3.3.5 Ljuskrav

Enligt AFS (2009:2, §9) står det att permanenta arbetsplatser och personalutrymmen, där människor ska vistas i längre, ska det finnas tillfredställande dagsljus och möjlighet till utblick. Det anses vara en viktig del för att skapa en god arbetsmiljö. Enligt Folkhälsomyndigheten (2017) är dagsljus viktigt eftersom det motverkar störningar i dygnsrytmen, förbättrar sömnen, minskar sömnhet dagtid och förbättrar humöret. De påpekar även att elektrisk ljus inte kan uppfylla samma ljuskvalitet och att de flesta människor föredrar naturligt ljus. Personer som vistas nära ett fönster känner sig piggare, och utblicken ger information om tid på dygnet, väderlek och årstidens växlingar samt minskar känslan av instängdhet.

Det finns inga tydliga krav från AFS kring dagsljus men vissa rekommendationer finns. För arbetslokaler med ett rumsdjup på mindre än 6–8 m kan väggfönster oftast ge tillfredsställande dagsljus, förutsatt att fönsterglasarean motsvarar ca 10 % av golvarean. Undantag förekommer dock på grund av verksamheter som ej kan uppfylla den mängd fönster. I dessa fall där dagsljus saknas i arbetslokalerna är det särskilt viktigt att utrymmen för raster och pauser har fönster.

4. Resultat

I följande kapitel redovisas sammanställningen av intervjuerna.

4.1 Hur definierar olika konsulter begreppet flexibla VVS-system

Intervjuerna inleddes med en beskrivning av projektet och följdes upp av frågan ”Hur definierar du begreppet flexibla system?” som besvaras nedan:

”Allt ska vara lätt anpassningsbart för framtida ombyggnationer”

- Tomas Utterhall

” När du bygger om en lokal från en hyresgäst till en annan så krävs det små eller inga ombyggnationer av de tekniska systemen. Innerväggar med mera ska kunna byggas om utan att belysning, sprinklers och ventilation behöver flyttas. ”

- Peter Cottman

”Flexibla system är system som är enkla att bygga om. Alternativt inte ens behövs byggas om alls vid ändrad brukare.”

- Carl Martin

”Om en ändring sker i huset så ska VVS-systemen påverkas så lite som möjligt.”

- Olle Nyström

” Vi har något som vi kallar framtidssäkra system, alltså att systemet ställs in en gång, och även om man renoverar eller gör hyresgäst Anpassningar så håller det samma funktion oavsett förändringar.”

- Martin Nylund och Patrik Öman

”System som ändras så lite som möjligt vid ombyggnation och skapa plats för eventuella förändringar för en extra kostnad. Alltså att framtidssäkra för flexibilitet med hjälp av en tilläggs kostnad.”

- Lars Ekberg

”Att man kan förändra verksamheten i en lokal utan att behöva göra fysiska ändringar.

Däremot, om flexibiliteten inte är tillräckligt god så kan du behöva göra vissa fysiska justeringar, alternativt göra inställningar i styrsystemet för att ändra kapacitet eller reglering.”

- Mattias Larsson

4.2 Flexibilitet i branschen

Nedan redovisas hur mycket fokus som finns på flexibilitet i branschen och några exempel på vanliga förändringar.

4.2.1 Hur mycket fokus finns det på flexibilitet i branschen?

Carl Martin inleder med att säga:

”Jag tycker personligen att flexibilitetstänket på VVS-sidan inte haft lika stort fokus de senaste åren, i alla fall inte där jag verkat. Vi pratar mycket om det flexibla kontoret och att så som lokalen brukas ska vara flexibel. Där ser jag hur Sveriges mest flexibla kontor kanske

inte betyder att VVS-systemet är världens mest flexibla utan att vår produkt som vi säljer till kunden är väldigt flexibel. Personligen tror jag en viktig fråga är hur kan vi vara flexibla genom att bygga om så lite som möjligt. Det allra bästa är om en ny hyresgäst flyttar in och kan tänka sig att behålla exakt samma planlösning. Det i sig är ju superflexibelt och klimatsmart”.

Tomas Utterhall säger att flexibilitet ofta diskuteras i början av projekt tillsammans med arkitekter och andra involverade parter, men att det inte alltid är den mest styrande faktorn i VVS-projekt. Det finns inte några specifika riktlinjer kring flexibilitet som de måste följa, vilket gör att många beslut styrs av andra faktorer som kostnader, energieffektivitet och fastighetsägarnas önskemål. Lars Ekberg instämmer och har uppfattningen att mer fokus ligger på att hålla nere kostnader, utrymmesbehov och resursanvändning än fokus på flexibilitet. Utterhall fortsätter med att berätta att frågan om flexibilitet brukar dyka upp i kontorshus, eftersom dessa byggnader ofta byggs om vid byte av hyresgäst. Tidigare rev man ut allt och ersatte det med nya installationer, nya väggar och allt annat. Idag fokuserar man i stället på återbruk, och försöker få hyresgästen att acceptera det befintliga, även om det inte är exakt som de önskar. Avslutningsvis menar Tomas Utterhall att det i framtiden borde finnas mer utrymme för att fokusera på flexibilitet.

Kristina Nilsson säger att hur mycket fokus som läggs i projekt är väldigt beroende på beställare och typ av projekt. I vissa projekt, särskilt för offentliga byggnader som skolor och äldreboenden, finns det ofta krav från beställaren på en viss grad av flexibilitet. I bostäder är det generellt mindre fokus på flexibilitet. Angående kontorslokaler anser hon att flexibilitet ofta är en viktig aspekt att ta hänsyn till även om hon själv inte arbetat i så många sådana projekt. Däremot säger Peter Cottman, som har jobbat med den typ av projekt, att i lokaler så som kontor, köpcenter och liknande, där hyresgäster ändras över tid brukar flexibilitet generellt sätt finnas med som en fråga. Att de funderar på hur de ska placera don, belysning, sprinklers et cetera med minsta möjliga påverkan på systemet för att förvaltningskostnaderna ska bli låga vid byte av hyresgäst.

4.2.2 Exempel på vanliga förändringar

Enligt Nyström, Martin och Larsson är den allra vanligaste hyresgäst Anpassningen att planlösningen ändras, och därmed ett förändrat flödesbehov. Martin nämner ett exempel på en vanlig förändring som gjorts på senare tid är det ökade behovet av smårum efter COVID-19-pandemin. Det var ett resultat av det ökade användandet av digitala mötesrum. Nyström håller också med om att det är vanligt för nya hyresgäster att vilja göra ändringar i planlösningen i sina lokaler. Han nämner bland annat *A working lab* där de valt att bygga ett mötesrum i en av de större öppna ytorna och att VVS-systemet inte påverkats av detta. Framför allt för att de förberett för ombyggnationer i projekteringen. Detta exempel beskrivs senare.

Kristina Nilsson tillägger även att det generellt sätt är lättare att bygga om från cellkontor till öppen planlösning än vice versa. I öppna kontorslandskap sitter medarbetare ofta trängre, vilket innebär att om det från början planeras cellkontor med en logisk indelning kan ventilationssystemet ofta hantera en framtida ombyggnation till öppet kontor. Det är därför klokt att redan i planeringsskedet fundera över hur systemen påverkas vid en eventuell indelning, även om kontoret initialt byggs som en öppen planlösning.

4.3 Utformning av kanalsystem, instick och don

I dialog med Tomas Utterhall och Peter Cottman har främst omblandad ventilation diskuterats. Lars Ekberg nämnde att omblandad ventilation är vanligast i kontor då det med en stratifierande ventilation kan vara svår att förutspå var ”skiktet” blir mellan olika luftkvalitéer.

Dessutom, som Ekberg förklarar är omblandande ventilation i huvudsak beroende av rummets dimensioner och förefaller i jämförelse mer flexibelt. Medan stratifierande ventilation är mer beroende av aktivitetsnivån i rummet, samt geometrin inklusive möblering.

4.3.1 Placering av don

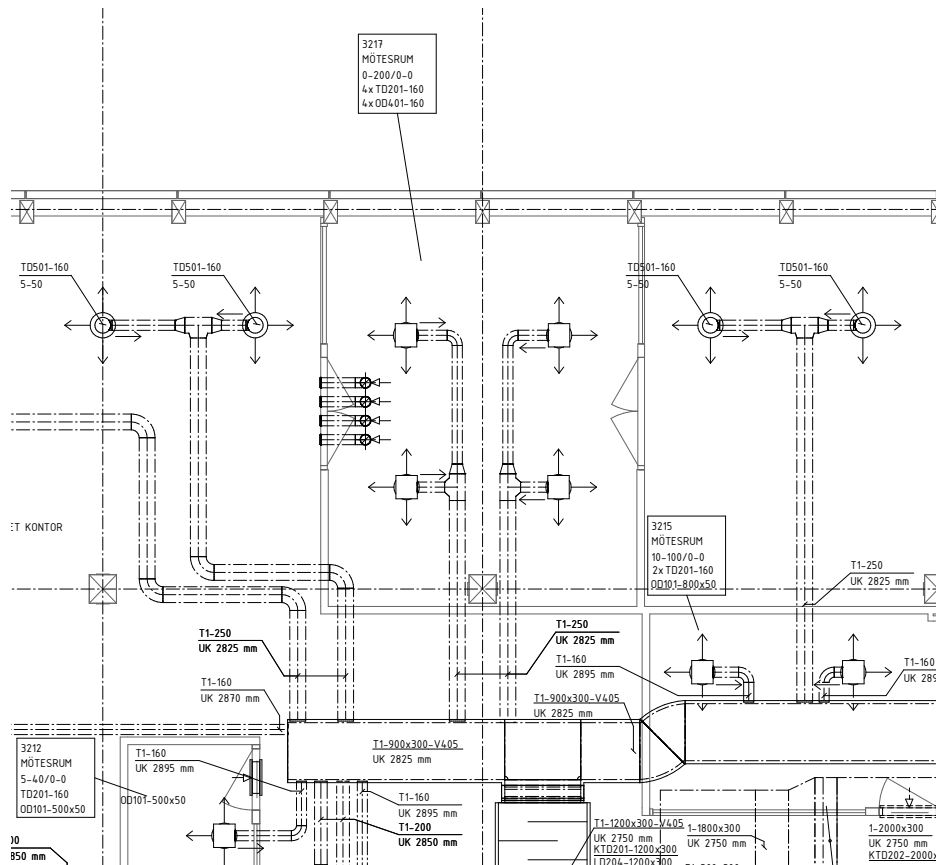
Tomas Utterhall rekommenderar att tilluftsdon och kylbafflar placeras ovanför fönster. Ur flexibilitetssynpunkt är denna placering fördelaktig, då väggar som flyttas aldrig placeras mitt i ett fönster. Detta är något som fler av de intervjuade har hållit med om, bland annat Carl Martin, Kristina Nilsson och Lars Ekberg.

En annan metod som Cottman nämnde är att försöka hitta någon form av upprepning eller modultänk, vilket Ekberg höll med om. Om don, sprinklers och belysning är placerade konsekvent med ett visst cc mått blir det lättare att flytta väggar utan att behöva omplacera kanaler, don och andra tekniska system. Det blir dessutom lättare att koordinera med andra discipliner, samt säkerställa ett bra och jämnt luftflöde. Ett klassiskt modulmått för don är att placera dem med 2,40–2,70m avstånd.

Kristina Nilsson har också en uppfattning av att det ofta finns ett typ av modultänk i nybyggda kontorshus. Hon gav bland annat exempel på att det finns en standardstorlek för kontorsrum som är 4,2x2,7 m, som ofta passar med vanliga fönsterstorlekar. Hon menar även på att det är bra att ha med sig ett modul- och flexibilitetstänk i bakhuvudet, men att det måste komma från både konstruktion- och installationssidan för att det ska kunna bli flexibelt. Genom att till exempel planera in en tillräckligt hög takhöjd finns det utrymme för att ventilationssystemet kan byggas flexibelt. Fortsättningsvis efter en kortare dialog med en arkitekt på Norconsult bekräftade han att arkitekter och konstruktörerna också jobbar med moduler. På konstruktionssidan med bärande pelarmått, och arkitektsidan med modulnät för undertaksplattor.

Ett verkligt exempel Mattias Larsson berättade om är projektet *Platinan*. Ett projekt i vilket flexibilitet varit en viktig punkt i projekteringen. Undertaket i kontorslandskapet är uppdelat i undertaksöar, där alla de tekniska systemen får plats. Öarna är placerade så att de passar med glasfasadens profiler, som är en annan faktor som avgör vart väggarna i ett rum placeras. Detta gör att väggar kan placeras i anslutning till glasfasadens profiler utan att de krockar med undertaksöarna, vilket skapar flexibilitet.

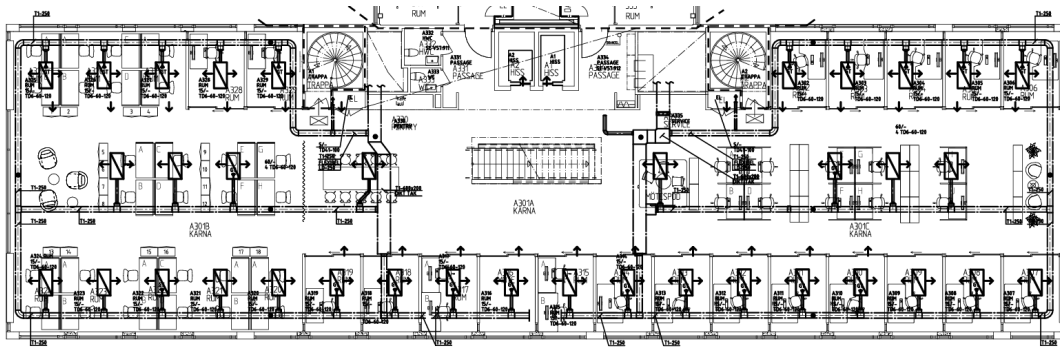
Ett ytterligare exempel där modulprincipen är tillämpad är i ett av Akademiska hus lokaler, närmare bestämt *A working lab* där utstick är placerade symmetriskt i moduler så att de ska vara flexibelt för ombyggnationer. I figur 1 nedan syns en av de öppna planlösningarna där det byggdes till ett konferensrum. Den enda ändringen som gjordes var att byta ut donen till mindre djupa don, för att passa i undertaket som önskades i rummet. Utöver det behövdes inga fler åtgärder göras. Se figur 2 för hur det ser ut idag.



Figur 1. A working lab: Exempel på där modulprincipen tillämpats



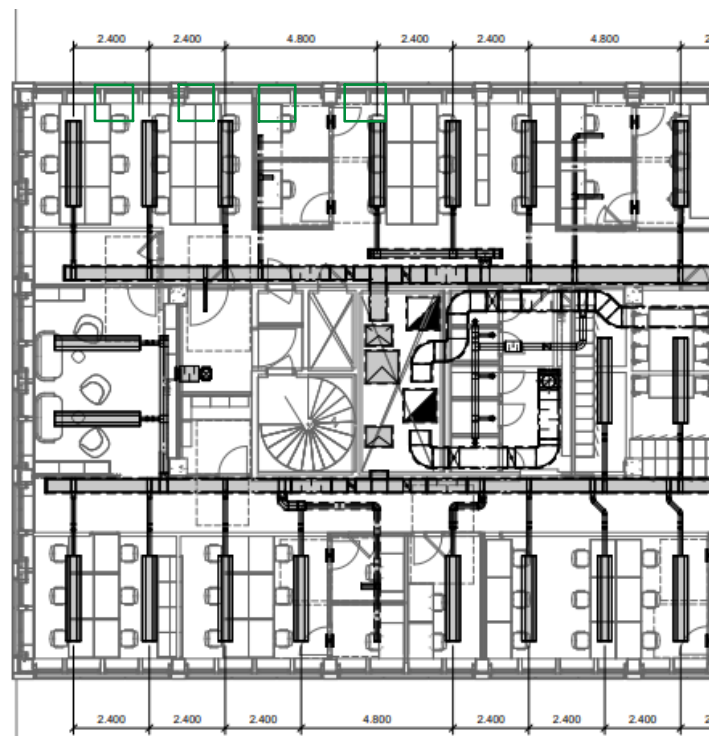
Figur 2 Ytterligare bilder på exemplet ovan av a working lab: I det öppna kontorslandskapet byggdes ett mötesrum in i efterhand.



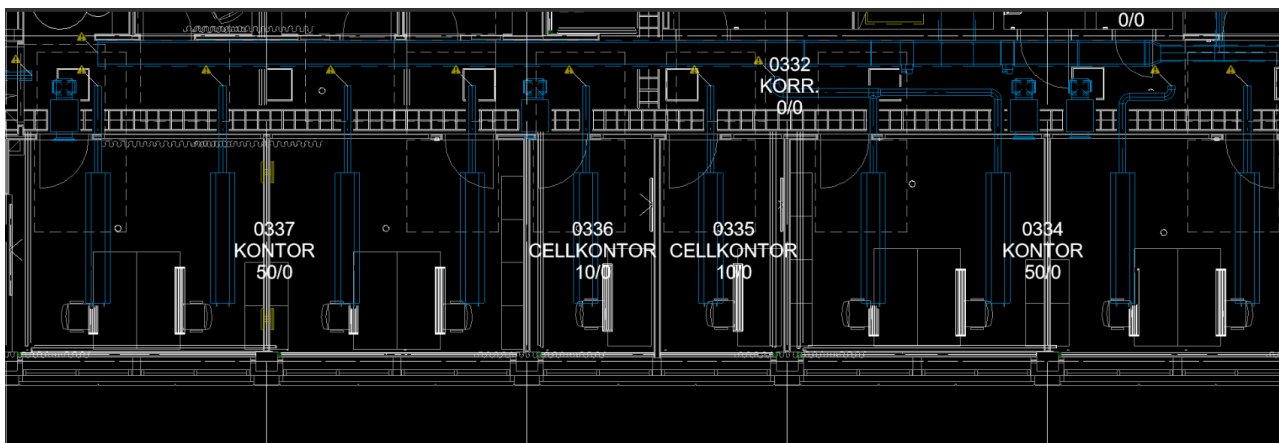
PLAN 3A

Figur 6 Ventilationsritning av plan 3. Visar hur den nya/befintliga planlösningen med öppet kontorslandskap ser ut idag.

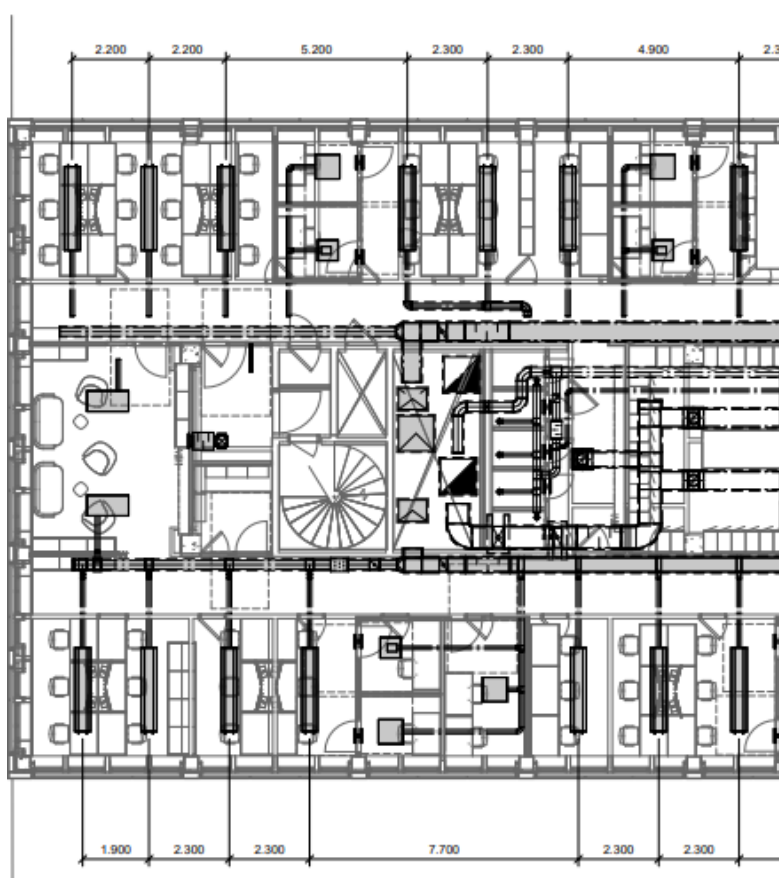
Ett projekt som visat svårigheterna med att implementera modultänk är ett kontorshus Norconsult jobbat med. I projektet var flexibilitet med i projekteringen från början och originalplanen kan ses i figur 7. Där användes ett modultänk med jämn placering mellan kylbafflar. De undveks medvetet att placeras vid pelare, samt vid mittmättet där en eventuell vägg skulle kunna placeras (se gröna markeringar). I ett senare skede upptäcktes dock att de kylbafflarna skulle krocka med belysningen, se figur 8, ovan kontorsplatserna vilket ledde till justeringar från jämna c-c måtten, se figur 9. Detta innebär att anpassningar för att undvika kollisioner med pelare eller placeringen av en eventuell vägg behövde göras.



Figur 7 Projektexempel med symmetriskt utplacerade don, men där donen krockar med bland annat belysning



Figur 8 Ritning som visar hur kylbafflarna krokar med belysningen



Figur 9 Efter att donen flyttats så att de inte krokar med andra tekniska system

4.3.2 Placering av huvudkanaler

Enligt Tomas Utterhall och Lars Ekberg placeras huvudkanalerna med fördel i korridorerna eftersom det är där alla disciplinerna kan enas om en lägre takhöjd och sällan blir problem om det görs om till öppen planlösning senare. Exempel på detta kan ses i figur 6 och 7 ovan. Enligt Utterhall förblir ofta korridorer ungefär på samma plats vid ombyggnationer. Troligen beror detta på att det finns ljuskrav för arbetsplatser. Ytor för tillfällig vistelse, så som korridorer, placeras oftast längre in i rummen, medan fasta arbetsplatser sätts närmare fönstren för att tillgodose behovet av dagsljus. Mattias Larsson förklarar att alla system som

ligger i fasadens riktning placeras utanför rummen, då det skulle innebära mycket extra jobb med ljudisolering och tätning om tekniken skulle dras genom rummen.

4.3.3 Kan ringmatning erbjuda flexibilitet?

Ett alternativ till den traditionella utformningen av kanalsystem där kanalerna förgrenas är ringmatning som diskuteras nedan:

Carl Martin beskriver att den största utmaningen vid ombyggnad är att förflytta rätt mängd luft eller kyla. Om man exempelvis använder ringmatning så är det lättare att "förflytta" flödena, annars krävs det eventuellt större ingrepp. Peter Cottman menar att ringmatning kan vara ett fördelaktigt alternativ om förutsättningarna är rätt, vid exempelvis en mer kvadratisk form på planlösningen. Det blir då friare med placering av rum osv. Många gånger är ringmatning en stor fördel eftersom det skapar flexibilitet för framtida hyresgästpassningar. Kristina Nilsson håller också med om att ringmatning är en bra utformning av huvudkanalsystem. Då finns det möjligheter att förtäta eller bygga om i vissa delar eller hörn utan att det blir problem, eftersom ringledningen hjälper till att jämnar ut trycket. Tack vare flexibiliteten det skapar är det en lösning hon ofta använder i projekt om takhöjden tillåter menar Nilsson. Skulle planet dessutom behöva delas in i olika brandceller är det bara att sätta in brandspjäll på kanalerna som matar runt, vilket är en överkomlig kostnad. Även Mattias Larsson belyser fördelarna av att kapaciteten kan fördelas på ett jämnare sätt med hjälp av ringmatning.

Däremot säger Tomas Utterhall att ringmatning är en lösning han inte använder sig så ofta av. Enligt honom krävs det mer material för att bygga ett ringmatat system där man överdimensionerar kanalstorlekarna för att eventuellt koppla på ett avstick i framtiden, och med dagens teknik finns det bättre lösningar. Det är ett system som är svårare att justera, samt att felsöka då man i vissa punkter i systemet inte vet vilket håll luften eller vattnet går åt. Det var en bra lösning förr, men idag finns andra lösningar med intelligenta system som kan ersätta ringmatningens funktion med till exempel tryckstyrda spjäll eller ventiler. Han menar på att man idag hellre ska fokusera på att överdimensionera de traditionella systemen för framtida avstick.

Ringmatning kräver vissa förutsättningar som flera av konsulterna tidigare har påpekat, och Larsson och Ekberg lyfter några exempel på situationer där det inte fungerat. Larsson nämner *Platinan* som ett exempel där ringmatning inte kunde användas. Anledningen var att de använder fläkt i drift och att det var svårt att förutse hur brandcellerna skulle delas upp. Ett ytterligare exempel som Ekberg delade med sig av var en byggnad där ringmatning matades från 2 olika aggregat som inte lyckades samarbeta. När det ena aggregatet minskade sitt varvtal, ökade det andra, vilket resulterade i stora fluktuationer i flödet. Eftersom byggnaden var avlång uppstod dessutom stora tryckfall, vilket ytterligare försvårade samarbetet mellan aggregaten. Slutresultatet blev därmed att systemet delades upp så att varje aggregat försörjde varsin halva av verksamheten.

4.4 Kärnan, Frånluftsdon och överluftsdon

I följande kapitel diskuteras hur frånluftssystem ska placeras i förhållande till byggnadens utformning.

4.4.1 Kärnan och frånluftsdon

Utformningen av den centrala delen i en kontorslokal, den så kallade "kärnan", är ofta uppbyggda på samma sätt. Hiss, trapphus, toaletter och installationsschakt hamnar på de mörka ytorna i lokalen, det vill säga centralt i huset. Kristina Nilsson förklarar att detta är

fördelaktigt ur ett flexibilitetsperspektiv då dessa delar sällan förändras vid ombyggnationer. Enligt resterande konsulter verkar det inte heller tycka det finnas några större problem med placering av frånluftsdon och dess kanaler i lokaler. Många konsulter nämnde samma saker, bland annat påpekade både Tomas Utterhall, Peter Cottman och Lars Ekberg att frånluftsdon med fördel placeras centralt och nära installationsschakten. Placeringen minskar behovet av att dra frånluftskanaler genom resten av planet, förutom undantag som gäller för utrymmen som alltid har ett frånluftsuttag, till exempel pentry/kök. En klassisk placering av frånluftsdon är vid toalettutrymmen, förklarar Utterhall. Det är smart eftersom man inte vill sprida den luften till resten av planet. Det är också fördelaktigt ur ett flexibilitetsperspektiv, eftersom toaletter sällan flyttas vid ombyggnationer av kostnads- och logistikskäl, fortsätter Utterhall. Att flytta toaletter är både dyrt och komplicerat eftersom det kräver att alla vattenledningar följer med och behovet av toaletter kvarstår oftast.

Ett problem som kan uppstå vid ombyggnationer som nämns är vid uppdelning av lokaler med en vägg som skiljer olika hyresgäster åt säger Utterhall. Vanligtvis vill en hyresgäst inte ha någon annans frånluft i sitt utrymme, särskilt inte om olika luftkvalitetsbehoven varierar. Då kan det behövas kompletteras med extra frånluftsdon vid ombyggnad. Cottman förklarar att man ofta i första hand försöker att ha ett separat schakt för till- och frånluft till olika hyresgäster. Om en ny hyresgäst flyttar in utan att det har planerats för tidigare, löses det ofta med stora överluftskanaler och brandgasspjäll i syfte att säkerställa brandcellsuppdelning, fortsätter Cottman. Nilsson tillägger att det i större byggnader bör planeras in två eller fler schakt i kärnan för att dra ut frånluften centralt. Det kan därför vara fördelaktigt att ha två schakt om det finns planer på att dela upp byggnaden i olika hyresenheter i framtiden. Ett exempel där de gjorts så är i *Platinan*, som har 6 till 7 stora schakt. Detta är fördelaktigt i stora hus eftersom det underlättar att dela upp huset för olika hyresgäster, berättade Larsson.

4.4.2 Överluftsdon

En enklare lösning för att leda luften rätt till frånluftsdon i nya rum är att använda överluftsdon. Tilluftsdon måste fortfarande installeras, men frånluftsdon kan i vissa fall ersättas med överluftsdon. Utplaceringen av rumsväggar är ofta enkelt att lösa med överluftsdon som är lätta att installera och placeras utifrån tryckskillnader mellan utrymmena utvecklar Peter Cottman. Lars Ekberg håller med om denna fördel, men påpekar att det är en avvägning som kräver att man är medveten om att luftkvaliteten i korridorer kan bli något sämre vid användning av överluftsdon.

En viktig aspekt som Ekberg också belyser är ljuddämpning i system med överluft och frånluft. Han menar att ljuddämpning är något som lätt glöms bort under den initiala projekteringen. Ljudövergång genom överluftsdon och frånluftskanaler är vanligtvis inte ett problem i öppna planlösningar, men blir mer relevant vid ombyggnationer till stängda kontor och rum om det kräver sekretess. Det är relativt enkelt att sätta in ljuddämpare i efterhand för att uppnå god ljudisolering, men medför en extrakostnad och därför kan vara fördelaktigt att installera redan i ett tidigt skede av processen.

4.4.3 Centraliserat vs decentraliserat system

Alla konsulter är överens om att centraliserade system är vanligast. Enligt Peter Cottman som varit med i projekt som utrett decentraliserade system beror det framför allt på praktiska och ekonomiska skäl. Det finns många fler drift- och underhållspunkter som ökar de kostnaderna i ett decentraliserat system. Mattias Larsson tillägger också att det inte är fördelaktigt i kontorsbyggnader, då åtkomsten till aggregatet ofta blir via en hyresgäst, vilket fastighetsägare inte vill. Angående investeringskostnaderna beskriver Tomas Utterhall att han aldrig varit med om att ett sådant system lönat sig.

Fördelen med att ha ett centraliserat system är att det krävs mindre underhåll, styrsystem och material, och därmed blir billigare och mer hållbart förklarar Utterhall. Fördelen med att ha ett decentraliserat system med flera aggregat som försörjer olika delar av byggnaden är att det underlättar för att ha olika verksamheter på olika plan. Dessutom blir det enklare att styra de olika planens system, exempelvis genom att sätta i gång ventilationen för ett plan under helgen om det skulle önskas. Det går dock ändå att lösa med centraliserat system genom att ha ett tryckstyrt ventilationssystem till varje plan som reglerar flödet, förklarar Utterhall. Larsson betonar även att det går att dimensionera för en lägre total kapacitet i ett centraliserat system som inte är möjligt i ett decentraliserat system.

Lars Ekberg fortsätter och förklarar att ett decentraliserat system kan vara relevant om kanalerna behöver dras långt i sidled, något som kan leda till höga tryckfall. I sådana fall kan det vara bättre att dela upp systemet på två eller fler schakt och aggregat. Finns det bara ett aggregat måste fläkten arbeta intensivare, vilket i sin tur leder till högre energiförbrukning. Ekberg nämner också att decentraliserat system potentiellt kan fungera bra i verksamheter som har bred variation i användning. Till exempel i skolor, där klassrum används för olika aktiviteter vid olika tidpunkter. Där kan de i princip ha ett aggregat till varje klassrum menar Ekberg. Han påpekar även att det kan vara relevant för specialverksamheter, såsom restauranger och laboratoriemiljöer. Även Kristina Nilsson nämner att hon bara varit med om att decentraliserade system används i specialfall. Exempelvis när det varit extrem platsbrist, eller i mindre lägenhetsbyggnader där ett fläktrum skulle ta för mycket plats. I dessa fall har det varit smidigare att sätta in aggregat i varje lägenhet.

4.5 Inbyggd överkapacitet

Något som många konsulter kopplar flexibilitet till är inbyggd överkapacitet i ett system. Alltså att dimensionera systemet för en högre kapacitet än vad den aktuella verksamheten behöver. Kristina Nilsson menar att det är den lägsta nivån av flexibilitet. Hur mycket extra kapacitet som ska finnas diskuteras med beställaren. Det kan bland annat handla om att använda en större dimension på rör och kanaler eller ha extra plats i elcentralen. Det kan också handla om att lämna fysisk plats i installationsschakten för att ha viss möjlighet att komplettera med fler kanaler, vilket både Nilsson och Cottman menar nästan alltid görs idag.

4.5.1 Kostnadseffektivt att överdimensionera kanaler, aggregat och rör

De flesta konsulterna håller med varandra om att det är enklare och mer kostnadseffektivt att ha lite överkapacitet i hela systemet från början än att behöva ändra i efterhand. Det är även lättare att motivera för beställaren. Cottman säger:

”Ofta överdimensionerar de hela systemet med vattenledningar och allt. Det kostar förhållandevis lite att överdimensionera från början, jämfört med om man senare behöver byta alla ledningar.”

Nilsson höll med om det. Hon förklarar också att flexibilitet i de centrala systemen med lite överkapacitet i aggregatet, kylsystemet och i den centrala kylmaskinen ger låga tryckfall i början och mer normala tryckfall när man pressar upp systemet:

”Det är ju vettigt då det klarar en förtätning om det finns nog med kylkapacitet. Det kanske bara handlar om att gå upp en dimension på rören, men det ger flexibilitet till en rimlig kostnad. En lättare lösning som är relativt billigt och som man lättare kan övertyga beställare om.”

Även Martin håller med om att det kan vara en rimlig investeringskostnad långsiktigt:

” Man får ju ställa den kostnaden kontra att investera hela flexibilitetskostnaden på en gång. Vet man med sig att man kommer bygga om i framtiden så blir det kanske billigare att betala den kostnaden från början.”

Cottman nämner också att det finns andra fördelar med att kunna öka luftflödet, och att överdimensionering inte enbart är fördelaktigt ur flexibilitetsskal. De flesta större aktörerna miljöklassar sina byggnader, där energiförbrukningen spelar en central roll. Genom att överdimensionera aggregatet får man ner SFP-värdet och tryckfallen, vilket i sin tur minskar elanvändningen, något både Cottman och Ekberg belyste.

Mattias Larsson påpekar dock att överdimensionering kan leda till ökade kostnader och utrymmesbehov. Han menar att det handlar om att hitta en balans mellan flexibilitet och kostnadseffektivitet, snarare än att överdimensionera för alla tänkbara scenarier.

4.5.2 Hur mycket inbyggd överkapacitet ska systemet ha?

Hur mycket överkapacitet systemet ska ha varierar beroende på beställaren, men Cottman nämner att 30 % ofta är en förekommande siffra. Nilsson instämmer i att det är rimligt, men påpekar att hon själv inte vill ge en exakt siffra eftersom det är väldigt beroende av det specifika projektet. Nilsson gav dock ett exempel från sitt arbete med Göteborgs Stad, där det vid byggnation av skolor och äldreboenden finns krav på hur mycket flexibilitet i systemkapaciteten som ska byggas in. Beställaren vet med sig att om det till exempel byggs ett storkök kommer det förmodligen byggas om i framtiden och därför vill de ha ca 20% extra kapacitet. Nilsson jämförde även med el där det generellt sägs att det ska finnas möjlighet att reservera ca 25 % ytterligare plats. Detta görs nästan alltid för att konsulterna vet att hyresgästen kommer att vilja lägga till utrustning i efterhand. Liknande exempel gav även Cottman om att det ska finnas möjlighet att lägga till extra grupper och rader i elcentralen, samt cirka 30% fler utnyttjade utgångar från anslutningar. Ekberg tyckte också det var svårt att ge en siffra på inbyggd överkapacitet i luftflödet men gissade runt 10-15%, men att det avgörs av hur mycket beställaren är beredd att betala.

Fortsättningsvis betonade både Nilsson och Ekberg att om en ombyggnation ska genomföras måste det vara möjligt att kunna se framför sig vad resultatet ska bli, så att förberedelser kan göras för båda eventualiteterna. Att faktiskt fundera på hur en lokal rimligtvis kommer byggas om och ställa sig frågan om hur lokalen eventuellt kan utnyttjas i framtiden. Nilsson fortsätter förklara att till exempel ett kontor troligtvis inte kommer byggas om till en bostad i framtiden och därför inte ska anpassas för det. Det är onödigt att överdimensionera eller anpassa en lokal med dyra flexibilitetsanpassningar om det troligtvis inte kommer utnyttjas. De är även svårt att övertyga beställare om dessa extra kostnader. Nilsson sammanfattar det kort:

”Så det är något som diskuteras med beställaren, då det kostar en del att skapa den här flexibiliteten från början. Man får diskutera med beställaren vad en annan möjlig verksamhet skulle kunna vara. De har ändå en uppfattning av vad lokalen kan byggas om till eller inte byggas om till. Vad som är rätt nivå av överkapacitet är svårt att säga. Det beror på vad det är för verksamhet nu och vad man tror att det skulle kunna bli senare. Alternativt om verksamheten förblir samma men att den kanske växer och behöver klara ett större antal personer”

Förutom eventuell förändring av planlösning är det viktigt att fundera på kapaciteten för antalet människor i lokalen. Nilsson gav ett exempel på ett klassrum, där det inte var någon idé att överdimensionera systemet eftersom det redan nått maxkapacitet i relation till antalet

personer som får plats i utrymmet. Tomas Utterhall diskuterar också detta i sin intervju och säger att ett system i första hand ska kunna klara av att försörja en yta på 10 m²/person. Om det befinner sig extra personer i byggnaden ska systemet vara dimensionerat för att klara 5 m²/person. Fler personer än så får knappt plats på en yta, därför dimensioneras systemet inte för mer.

4.6 Radiatorers placering

Samtliga intervjuade konsulter enas om att radiatorer vanligtvis placeras centrerat under fönstren, och ska oftast vara lika breda, alternativt smalare än fönsterna. Tidigare placerades radiatorer under fönster för att förhindra kallras som uppstod på grund av att de var dåligt isolerade. Idag är nya fönster så pass bra att risken för kallras är betydligt mindre. Trots detta placeras radiatorerna fortfarande under fönster av gammal vana. Ur flexibilitetsaspekt är denna placering dock fördelaktig. Av samma anledning som för don, kommer väggar som flyttas aldrig placeras mitt i ett fönster. Dessutom placeras de ofta mot fönsterväggar då de är i anslutning till kylande yttervägg. Risken är därmed minimal att radiatorerna begränsar möjligheterna att ändra planlösningen, och detta är något som samtliga intervjuade håller med varandra om. En problematik Tomas Utterhall dock belyser är att i ett kontorshus med många mindre fönster kan det bli ofördelaktigt att placera radiatorerna under varje fönster på grund av dyra kostnader och överdrivet antal installationer. Då kan det vara fördelaktigt att de sträcker sig över 2 fönster i stället, men det kan leda till problem om planlösningen ändras.

Värmebehovet i en kontorslokal förblir oftast konstant trots byte av hyresgäster. Antalet och storleken på radiatorerna behöver därför sällan ändras, menar Peter Cottman. Kristina Nilsson nämner dock att det eventuellt kan uppstå problem med värmefördelningen om rumsfördelningen ändras. Det kan exempelvis bli krångligt i lägenhetsbyggnader, där det ofta är olika storlek på fönsterna vilket gör att det blir olika storlek på radiatorerna. Om lägenheten då börjar delas av kan det bli obalans i värmefördelningen i lägenheten. Däremot påpekar Nilsson att i ett kontorshus är fasadmönstret för fönster ofta relativt upprepat och lika stora, vilket gör att radiatorerna har en jämnare placering.

4.7 Vätskeburen eller luftburen kyla

Angående val av vätskeburen kyla med aktiva kylbafflar eller luftburen kyla med don ur ett flexibilitetstänk resonerade konsulterna lite olika. I resultatet som följer handlar det om aktiva kylbafflar, alltså inte passiva. Vilka systemval som väljs beror delvis på preferenser som Carl Martin beskriver:

”Som mycket annat här i världen så har olika personer och företag sina egna favoritlösningar. Vissa gillar ringmatning, andra gillar kylbafflar och VAV-system osv. Det beror på vad man gillar och vad man är upplärd i.”

Enligt Tomas Utterhall är kylbafflar det vanligaste alternativet, eftersom de kan kyla effektivt och kräver ett mindre antal don och kanaldimensioner, vilket sparar takhöjd. Martin instämmer med att det vanligast i deras lokaler är att ha kylbafflar. Utterhall förklarar:

”Vanligaste kylsystemet är kylbafflar då de kan kyla med stor effekt. Med kylbafflar kan man ha mindre kanaler vilket i vissa fall gör att man får plats med ett extra plan. Alternativet är att kyla med luft och ha ett variabelt flöde. Det gör att flödet och därmed kanalerna behöver vara större. Om flödet är större så behövs det kanske fler än ett don, med tanke på att det krävs ett visst avstånd mellan donen så blir det svårt att placera dem framför fönsterna. Om en ny hyresgäst vill flytta väggarna så är det en större risk att de krockar med donen, vilket minskar systemets flexibilitet.”

Enligt Peter Cottman varierar valet beroende på kundens preferenser. Ur ett flexibilitetsperspektiv anser han dock att don är mer flexibla, eftersom de inte kräver rördragning i taket. Han utvecklar med att säga:

”Angående kylsystem är det väldigt varierande om vi använder kylbafflar eller kylar med luft. Vissa kunder har ramprogram som bestämmer hur deras kontorshus ska byggas. De har kylbafflar som grund som kompletteras med vanliga don där det behövs. Andra kunder vill att deras lokaler bara ska kylas med luft. Det på grund av att de har högt ställda energimål som är svåra att nå med en kylbafflösning. [...] Kylbafflar är nästan mindre flexibla än kylning med luft. Dels tar själva kylbafflarna mycket plats, dels för att det krävs att det dras både luft och vatten till kylbaffeln som även måste flyttas tillsammans med kylbaffeln.”

Kristina Nilsson föredrar oftast kylbafflar och förklarar nedan:

”Luft tar ju mycket plats, och om systemet ska överdimensioneras lite så måste det expandera mer, jämfört med vätskeburen kyla. Att förbereda ett vätskeburet kylsystem för en högre effekt kostar mindre och tar mindre plats.”

Flera av konsulterna fortsätter att förklara att valet mellan luft och vätskeburen kyla kan påverkas av ifall systemet har ett variabelt eller konstant flöde. Nilsson nämnde till exempel att det generellt sätt är lättare att skapa flexibilitet i ett CAV system ifall det är ett vätskeburet kylsystem då det går att få ner kanalstorlekarna.

Ett alternativ till takburna don och kylbafflar som dök upp under intervjuerna var fönsterapparater som både Utterhall och Martin diskuterade. Martin beskrev det som en lösning som fungerat bra i en av deras ombyggda lokaler där de kunde placeras under fönster och därmed inte behövde flyttas efter installationen. Han anser att trots att det är ett gammalt system, är det mycket flexibelt i sin enkelhet. Utterhall nämner att det är en smart lösning i byggnader med låg takhöjd. En nackdel Martin påpekar är dock att fönsterapparater ljudmässigt är svårt att få tätt.

4.8 Vid val av vätskeburen kyla

4.8.1 Temperaturer i kylsystem

Vid val av vätskeburet kylsystem behöver vissa systemval göras, som temperatur i vattenrören. Nedan visas hur konsulter anser att de ska dimensioneras kopplat till flexibilitet:

Intervjuad	Systemvalstemperaturer	Kommentar
Tomas Utterhall	Vanligt system 14 –17°C eller 15–18 °C.	I enstaka fall kan 16–19°C användas för att verkligen ha marginal till framtida klimatförändringar. Nackdelen med det är att det eventuellt måste installeras extra kylbafflar som, dels tar mer plats, dels är mindre hållbart. In- och utgående temperaturer till kylbafflarna har med tiden ökat på grund av ett varmare och fuktigare klimat, i syfte att minska risken för kondens. Med högre systemtemperaturer minskar kylbaffelns effekt, vilket i sin tur kräver ett större flöde genom kylbaffeln. För att uppnå de flödeskraven som finns kanske det krävs att

		fler kylbafflar installeras, vilket i sin tur minskar systemets flexibilitet.
Peter Cottman	15–18 °C	Att välja en kallare framledningstemperatur gör att man kan få ner dimensionerna på rören. Nackdelen är att på hösten, när det är varmt och fuktigt, måste det kompenseras med en högre framledningstemperatur vilket i sin tur leder till en lägre effekt.
Kristina Nilsson	14–17 °C	Den temperaturen är egentligen det kallaste du kan gå i ett torrt system. Om systemet dimensioneras för att klara ca 16–20°C finns möjligheten att sänka temperaturen och få ut en större kyleffekt om det skulle behövas i framtiden. Så länge temperaturen inte sänks får man också ett bättre COP-värde.

Lars Ekberg håller med om att ett kylsystem som är dimensionerat utifrån en högre temperatur skulle kunna innebära ökad flexibilitet. Om kylbafflarna ges en större dimension än traditionellt innebär det att systemet klarar ett framtida ökat kylbehov.

4.8.2 Placering av kylrörstråk

Kylrör kan placeras längs fasaden eller i korridoren. Enligt Peter Cottman placeras rören med fördel längs fasaden för att de ska slippa korsa andra tekniska system. Tomas Utterhall föredrar däremot att kylrör placeras i korridorerna. Han menar att det kan bli mer komplicerat att flytta kylrör som är längs fasaden om det i det aktuella rummet inte finns något undertak och kylrören är inklädda. Ett alternativ Kristina Nilsson nämner är att det går att lägga in flexibla slanganslutningar, som gör det enklare att flytta kylbaffeln kortare sträckor mellan undertaksplattorna vid behov.

4.8.3 Injustering i vätskeburna system

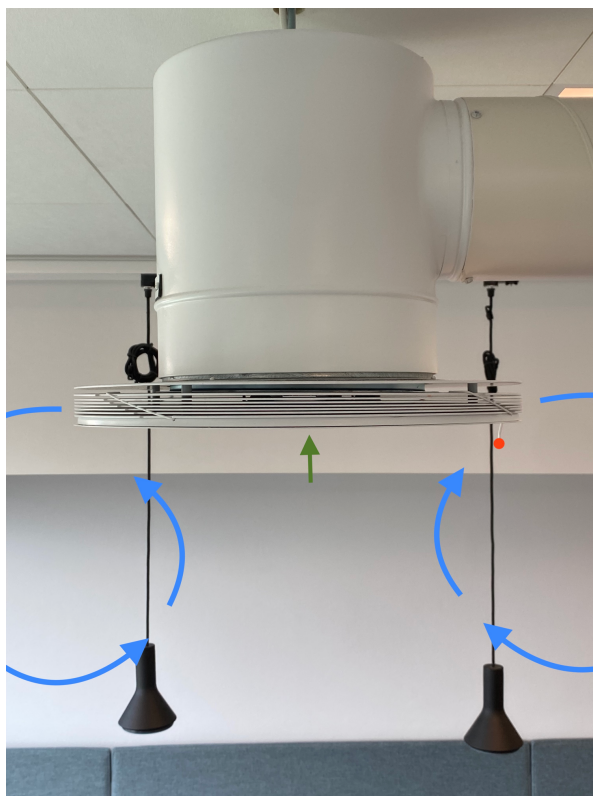
I vätskeburna system används ventiler för att reglera flödet i systemen. Dessa ventiler kan justeras, ställas in på konstant tryck eller maxflöde om de är tryckoberoende, vilket gör det möjligt att anpassa flödet vid förändringar i systemet och bibehålla effektivitet och balans. Patrik Öman och Martin Nylund som arbetar med dessa produkter diskuterar olika injusteringsmetoder. De menar att dynamiska injusteringssystem med tryckoberoende ventiler ger större flexibilitet jämfört med den traditionella statiska injusteringen. I ett system dimensioneras ventiler och kylbafflar utifrån ett specifikt flöde. Om flödet i systemet minskar på en plats ökar det tillgängliga trycket på en annan, vilket leder till ett högre flöde och potentiella obalanser i systemet. Vid förändringar i en lokal, exempelvis genom att fler kylbafflar installeras kräver det traditionella statiska systemet en totalinjustering av samtliga ventiler. I större byggnader med många enheter blir det en kostsam process. I ett dynamiskt system reglerar en differentialtrycksventil trycket fram till en grupp kylbafflar, alternativt att varje kylbaffel har en egen tryckoberoende styrventil. Detta säkerställer att trycket (eller maxflödet) förblir konstant trots förändringar i resten av systemet. För större byggnader innebär detta en mer effektiv drift, vilket sparar både tid och pengar.

4.9 Styrsystem i långsiktigt perspektiv

Som bland annat Tomas Utterhall påpekar är det oftast smarta system nuförtiden som gäller. Fastighetsägaren vill kunna koppla upp sig och se hur systemet fungerar, samt kunna styra det från ett annat ställe. I detta kapitel behandlas vilka olika val som kan göras inom styrsystem för flexibilitet.

4.9.1 Givare

En viktig aspekt att överväga vid utformning av smarta system är givarnas placering, särskilt ur ett flexibilitetsperspektiv. Enligt Lars Ekberg är den bästa placering för givare de som är integrerade i själva donet. Han menar att det är fördelaktigt att ha så mycket som möjligt av det ”smarta” (temperatur-, närvarogivare och reglage för luftrikning) i själva donet. Då kan det säkerställas att all teknik följer med vid omplacering av don eller väggar. Den bästa placeringen, enligt Ekberg, är något nedåtlutan vid sidan av donet vid omblandad ventilation, se röd markering i figur 10. Om givaren placeras centralt, kan det uppstå en zon där luften ej cirkulerar och även kylning från metallplattan i donet kan påverka mätningarna negativt, se grön markering i figur 10.



Figur 10 Principbild som visar luftens rörelsemönster samt givarens placering

Utterhall, å andra sidan, menar att den vanligaste placeringen av givare som mäter temperatur och styr variabla flödena är placerade vid dörrar, nära lampknappar. Detta görs för att möjliggöra gemensamt elkablage med andra installationer. Ett motargument mot att placera givarna i väggarna som Ekberg lyfter är att väggar ofta flyttas vid ombyggnationer, vilket gör det mer fördelaktigt att i stället placera dem i donen. Även Peter Cottman håller med om att givare bör undvikas att placeras i väggar.

Ett exempel Mattias Larsson gav var från projektet *Platinan*, där de valde att sätta givare på väggarna i stället. I det projektet ville de undvika att binda sig till en specifik leverantör och ett stängt system eftersom vissa produkter är låsta till interna system och fabrikat. Då donen och givarna kommer från olika leverantörer, förklarar han att det i efterhand är möjligt att installera givare i donen även i ett öppet system, men att detta skulle medföra högre kostnader. Det blir därmed ett kostnadsrelaterat ställningstagande för beställaren.

4.9.2 Öppna eller stängda system

Vid dialoger med konsulterna angående smarta system refererade flera till ”*öppna*” och ”*stängda*” system. Vad konsulterna menat med ”*stängda*” är att vissa produkter är låsta till specifika fabrikat och programvaror, att system ofta är optimerade för sina egna komponenter. Detta kan leda till en så kallad inlåsningsseffekt och då krävs den specifika leverantörernas egna verktyg för att göra justeringar, felsökningar eller samla in data. Det gör det svårt att samverka med tredjepartsprodukter (till exempel andra VAV-don, CO₂-givare eller styrventiler och styrsystem). Det kan även göra att andra användare och drift- och underhållstekniker har svårare att få tillgång till mätdata och inställningar. I ett ”*öppet*” och fabrikatsoberoende system är olika leverantörers system och produkter mer kompatibla med varandra.

Både Martin, Larsson och Ekberg upplever att de flesta styrsystem är ganska stängda idag. Lars Ekberg pratade dock om att det är mycket utveckling på gång på den fronten och att det kommit många nya lösningar de senaste 10 åren. Det har blivit mer satsningar på att försöka göra systemen öppnare då beställare kräver det, nämner bland annat Utterhall. Marknaden styr åt det hållet då många konsulter inte vill jobba med stängda system. Exempelvis säger Peter Cottman att hos dem väljer de oftast öppna system som inte är låsta till ett specifikt fabrikat så att olika styrentreprenörer kan jobba i systemet, vilket även Larsson nämnde. Utterhall säger också det är relativt stängt nu. Lokalt kan det vara svårt att kombinera olika leverantörers produkter, men han upplever det mer öppet när det handlar om att koppla upp till styr högre upp i systemet.

4.9.3 Vid val av VAV eller CAV- system, hur byggs de flexibelt i ett långsiktigt perspektiv

Att välja VAV- eller CAV-system har konsulter haft svårt att svara på utifrån endast flexibilitetsaspekt och är väldigt beroende på projekt och beställare. Det handlar om kostnader, hur mycket energi de vill spara långsiktigt och hur mycket underhåll de vill göra kontinuerligt. Det är även väldigt kopplat till vilka andra systemval man väljer, som vätskeburen eller luftburen kyla, se kapitel 5.7. Cottman beskriver att det oftast handlar om vad beställarna vill ha.

4.9.3.1 VAV

Martin menar på att VAV-system ofta är lättare att anpassa vid ombyggnationer och förändringar i lokaler eftersom de har större överkapacitet och kan hantera variation i luftflöden bättre. Martin säger att det nästan alltid går att räkna hem ekonomiskt och energimässigt, särskilt när det finns ett långsiktigt perspektiv på fastighetsägandet. För Alecta som äger och hyr ut sina fastigheter möjliggör det att de högre initiala installationskostnaderna för ett VAV-system kan tjänas in över tid. Nilsson menar att ett VAV-system är lättare att göra flexibelt, både med luftburen kyla men framför allt med vätskeburen kyla. Hon trycker dock på att den främsta fördelen med ett VAV system är att det är energieffektivare, vilket Cottman håller med om. Han tillägger att många miljöcertifieringar ställer höga krav på elanvändningen, vilket kan bli avgörande vid valet mellan VAV och CAV då många CAV-system inte kan uppnå de energikraven. Cottman och Nilsson menar även att VAV-system med kylbafflar är fördelaktigt vid låga takhöjder då kanalstorleken blir mindre. Olle Nyström menar också att han föredrar ett VAV-system ur flexibilitetsynpunkt. Dessutom gör det lättare att ha kontroll över inomhusklimatet och möjliggör energibesparingar jämfört med ett CAV-system. En annan faktor som Utterhall lyfter är att om ett VAV-system väljs, som är mest fördelaktigt ur energi, så ska det vara ett externt styrsystem. Detta för att systemet inte ska bli inaktuellt och inte kunna samarbeta med nya system i framtiden.

4.9.3.2 CAV

Konsulterna anser överlag att ett VAV-system är det bättre alternativet långsiktigt, men lyfter även några nackdelar med systemet. Martin nämner exempelvis att injusteringen kan ta tid. Då projekten byggs mycket på spekulation så leder det till att mycket justeringar i systemet behövs göras i början. Olle Nyström tillägger att injusteringarna i början ofta beror på att det finns en del felkopplingar, exempelvis att givare ger rätt värde men är kopplat till fel rum. Många kan därför ändå se att ett CAV-system kan vara användbart då det är billigare och kräver mindre underhåll. Ekberg menar att ett CAV-system fungerar i byggnader där det ej behövs mycket variation i luftflödena. Han lyfter även att VAV-system, som ofta leder till en viss sammanlagring, i sin tur kan medföra att stamkanalerna får mindre dimensioner jämfört med ett CAV-system, som dimensioneras för maximalt flöde i hela systemet. Detta gör VAV-system mer resurs- och utrymmeseffektiva, men samtidigt mindre flexibla om framtida behov skulle kräva högre luftflöden än vad systemet klarar.

I Cottmans intervju diskuterades varför fastighetsägare väljer ett CAV-system i stället för VAV-system trots att energiförbrukningen blir lägre och att det är mer kostnadseffektivt långsiktigt. Han gav då exempel på en av deras beställare som oftast väljer att ha ett CAV-system med kylbafflar. De har länge haft en filosofi om att satsa på robusta, enkla och nästan självreglerande system som kräver lite underhåll. Han påpekar dock att på grund av de ökade energikraven, är det svårt att uppnå låg energianvändning utan att implementera mer avancerad styrning av flöden baserat på närvaro. Även Nilsson menar på att ett CAV-system kan vara mer flexibelt ur ett långsiktigt perspektiv då det krävs mindre underhåll. Är det en lokal med bra takhöjder så är det troligtvis billigare med ett luftburet kylsystem. Hon påpekar dock att ett luftburet kylsystem med inbyggt överkapacitet kan få problem med för låga lufthastigheter och tryck som gör att spjäll inte fungerar som de ska. Då är det mer flexibelt att ha ett vätskeburet kylsystem i ett CAV-system. Hon tillägger att det kostar mer med kylbafflar, men att det fortfarande är billigare än ett VAV-system.

4.10 DVUT och DSUT- Förbereder för framtida klimatförändringar

I samtal med konsulterna har behovet av flexibilitet i tekniska system utifrån ett långsiktigt perspektiv diskuterats. Hur ökade lufttemperaturer, förändrade nivåer av luftfuktighet samt justeringar av DVUT och DSUT kan komma att påverka framtida krav på ventilation och klimatsystem. Dessa dialoger har framför allt kretsat kring förutsättningarna i Göteborgsområdet.

Enligt Lars Ekberg har inte DVUT eller DSUT ändrats med tanke på framtida klimatförändringar, men det är något som bör göras snart. Enligt honom kommer DVUT förmodligen inte ändras, eftersom det anses acceptabelt att inomhustemperaturen under de kallast 1–2 dagarna per år tillfälligt sjunker under 18 °C. Tomas Utterhall uttryckte sig liknande och tillade att i Göteborg sätts DVUT oftast till -16 °C.

Ekberg beskriver vidare att han tycker DSUT pratas alldeles för lite om och borde lyftas mer både i konsultbranschen och i akademiska världen. Till exempel nämner han att deras övnings- och tentamensuppgifter alltid har förutsättningar på 25 °C och 60% RF, och är något som eventuellt borde ändra med tanke på framtidens klimat. Utterhall berättade också att DSUT är något som har förändrats i branschen senaste åren. När han började jobba sattes DSUT till 25 °C och 50% RF. Nu används i stället 26 °C och 50% RF. Han vet även vissa som använt 27 °C och 50%/60% RF. Utterhall menar på att fastighetsägare har höjt temperaturerna eftersom de får många klagomål från hyresgäster när det blir varmare och fuktigare i augusti. Även Cottman nämnde samma förändring. Han belyste också att valet av

DSUT beror på fastighetsägare eftersom vissa har tydliga riktlinjer angående vilken som ska användas. Jobbar deras beställare till exempel med LEED och andra miljöcertifieringar så ingår det att göra klimatriskanalys där de måste visa hur hänsyn tas till framtida värmeböljor.

Kristina Nilsson intygar att man generellt sätt inte tar hänsyn till framtida klimatförändringar när ventilations- och kylsystem dimensioneras. Hon nämner också att det vanligtvis dimensioneras för en utetemperatur på 26 °C, och att detta inte har förändrats trots att klimatet blivit varmare. Hon påpekar att det finns vissa undantag, så som sjukhus, laboratorier och kyl- och frysrum, där man dimensionerar för "värsta tänkbara temperaturen". För vanliga byggnader menar hon dock att de accepterar att det kan bli varmare än dimensionerat under några få dagar per år. Nilsson fortsatte också uppmärksamma att klimatförändringarna börjar påverka vissa projektplaneringar. Särskilt när det gäller att installera kylsystem i byggnader som traditionellt sätt inte haft det, så som skolor och äldreboenden. Hon ger exempel på en skola som behövt stänga under de varmaste perioderna för att innetemperaturen blivit ohållbart hög. Vidare förklarar hon att diskussionen kring kylsystem ofta har fokuserat på huruvida kylning ska finnas överhuvudtaget, snarare än på hur systemen ska utformas och implementeras.

4.11 Flexibelt tänk, före utformning av flexibelt system

Något en av fastighetsförvaltarna, Carl Martin, ville lyfta var att det mest hållbara och "flexibla" är att inte ändra något i lokalen alls och fokusera på att hitta hyresgäster som vill ha den planlösning som redan finns. Han säger:

"Flexibilitet kostar ganska mycket och ofta får man ställa sig frågan om det är värt det? Flexibilitet går oftast inte hand i hand med de miljökrav som ställs på byggnader idag, vilket gör att vissa inte ens satsar på att vara flexibla. Det mest hållbara är att inte ändra något i lokalen alls. Om en anläggning är i okej skick så är det inte lönt att ändra något, utifrån ett hållbarhetsperspektiv. Vi försöker i den grad det går att hyra ut lokalerna som de är utan att göra några ändringar [...]. Det allra bästa är om en ny hyresgäst flyttar in och kan tänka sig att behålla exakt samma planlösning. Det i sig är ju superflexibelt och klimatsmart"

Enligt Martin är detta något de lyckats väl med under senare tid. Han nämner som exempel en kontorslokal som endast krävde minimala ombyggnationer. Han påpekar dock att i det fallet rörde det sig om en lokal med stora öppna ytor, vilket gjorde det enklare att övertyga hyresgästen om att behålla planlösningen. En orsak till att hyresgästen ej genomförde så mycket förändringar var kopplat till deras klimatmål som säger att utsläppen ej får överstiga 25 kg CO₂-ekv per LOA (lokalarea) vid ombyggnation. Det innebär i praktiken att det nästan krävs att de inte bygger om alls. Martin framhåller att klimatboven i detta projekt var just VVS-systemen som bestod av stora mängder plåt och rör.

Att bygga om så lite som möjligt är något Tomas Utterhall också lyfte:

"Kontorshus byggs om rätt ofta när nya hyresgäster flyttar in. Förr så rev man ut allt för att sedan installera nya system och väggar osv. Idag är det viktigare med återbruk och att försöka spara så mycket som det bara går. I första hand försöker man få hyresgästen att acceptera den nuvarande planlösningen. Om hyresgästen ändå vill göra om lite så flyttas det befintliga systemet så att det passar den nya planlösningen."

4.12 Ytterligare flexibla lösningar

En första lösning Peter Cottman berättar om, som förenklar ombyggnation av storkök placerade på bottenplan. Om avloppsrör och andra tekniska system är ingjutna i bottenplattan är det svårt, ofta omöjligt, att ändra. Om ett kök planeras att byggas om, vilket är en vanlig önskan hos nya köksägare, finns möjlighet att i stället sänka ner bottenplattan. Det utrymme som då uppstår kan fyllas med lättfyllning, varefter ett tunnare lager betong gjuts ovanpå. Detta möjliggör att köket lättare kan byggas om, om så önskas.

En andra lösning Ekberg lyfter är fördelarna med att använda don där luftflödesriktningen kan justeras. En sådan lösning möjliggör att tillförd luft inte riktas mot exempelvis en skrivbordsplats och minskar risken att uppleva obekvämt drag. Denna flexibilitet blir särskilt värdefull i miljöer där möbleringen kan komma att förändras över tid. Om en arbetsplats till exempel flyttas eller skrivbord orienteras i en annan riktning, kan donens inställning enkelt justeras för att bibehålla ett behagligt inomhusklimat utan att behöva göra om själva ventilationssystemet. Utöver riktningen kan även kastlängd i dessa don justeras. Larsson nämner att i vissa typer av don går det att bibehålla samma kastlängd även vid lägre luftflöden, vilket är fördelaktigt om lokalens storlek eller flödesbehov förändras.

En tredje lösning Kristina Nilsson nämner som ett kompletterande alternativ vid för låga luftflöden, är installation av en särskild typ av ventil i ytterväggar. Det går att installera i efterhand och rör sig om en ventilationslösning där ett mindre rör monteras i väggen, utrustat med en ventil som alternerar mellan att suga in och blåsa ut luft. Röret innehåller ett material som absorberar värme när luften åker ut och släpper värmen när luften sugts in. Detta system kan användas för små luftflöden, till exempel i bostäder eller för att stötta upp ventilationen i ett enskilt rum. Hon har dock inte själv projekterat detta system och är osäker på exakt hur det fungerar i praktiken.

En fjärde lösning Ekberg gav handlar om alternativa ventilationstyper och heter hybridventilation, även kallat "mixed-mode ventilation". Principen är att blanda mekanisk ventilation och självdrag. När förutsättningarna är rätt, alltså när uteluften har önskad temperatur, används självdrag. Annars är ventilationen mekaniskt styrd. Det kan vara en alternativ typ av ventilationssystem att ha i åtanke i framtiden för att det sparar energi vilket även litteraturstudien stödjer. Däremot påvisar litteraturenstudien i kapitel 3.2.1 att det inte erbjuder någon flexibilitet då kanalmängden blir densamma.

5. Diskussion

5.1 Olika tolkningar av begreppet flexibilitet

En av studiens huvudfrågor har varit: ”Hur definierar konsulter och fastighetsägare begreppet flexibilitet inom VVS?”. Intervjuerna visade att det finns en gemensam grundsyn av vad begreppet betyder. De beskriver *flexibilitet* som VVS-system anpassade för förändringar i byggnadens användning och design utan att större ombyggnationer och åtgärder krävs i systemet. Flera betonar vikten av att systemen är framtidssäkrade. Det vill säga är utformade så att funktion och prestanda bibehålls även vid framtida förändringar. Några pekar också på att flexibilitet ofta innebär en högre initial investering i syfte att möjliggöra enklare justeringar i framtiden.

Hur mycket fokus på flexibilitet som finns i branschen och hur det implementeras i praktiken är något som konsulterna däremot resonerar olika kring. Det fokus som flexibilitet får i projekt finns inget entydigt svar på. En del menar på att det sällan är styrande. Andra upplever att det ofta diskuteras, framför allt i kontor och offentliga byggnader där ombyggnationer och hyresgäst Anpassningar är vanliga. Flera anser att det emellanåt diskuteras i början av projekt, men att andra faktorer så som kostnader och energieffektivitet ofta prioriteras högre. Framför allt finns det inga tydliga branschkrav inom området och hur mycket flexibilitet beaktas beror därför till stor del på beställarens prioriteringar och byggnadstypen.

Det finns även lite olika uppfattningar om hur flexibilitet ska implementeras i praktiken och byggprocessen. Utifrån intervjuerna kan tre huvudsakliga områden med olika fokus identifieras. Flexibilitet kan dels fokusera på tekniska lösningar (exempelvis tryckoberoende ventiler och VAV-system), andra på planeringsaspekter (modultänk, placering av kärna/don), och några på strategiskt förhållningssätt (till exempel genom att minska behovet av förändring). Det kan därmed finnas ett behov i branschen av att tydligare definiera vad flexibilitet faktiskt innebär i praktiken eller åtminstone tydliggöra vilken av dessa 3 som diskuteras i samtalet:

1. **Specifika tekniska lösningar:** Här ligger fokus på vilka system- och produktval som kan möjliggöra ett mer flexibelt system. Exempelvis:
 - Vilken typ av don som ska installeras
 - Val mellan ett VAV- eller CAV-system
 - Vätskeburen kontra luftburen kyla
 - Temperaturval i systemet
2. **Planering:** Flera lyfter vikten av att ha med sig ”flexibilitetstänket” redan i tidigt skede av projekteringsprocessen. Det handlar dels om utformningen av lokalen som helhet, dels om samverkan mellan olika discipliner. Att tidigt i projekteringen samverka mellan discipliner från både installation-, arkitekt- och konstruktionssidan med fokus på att skapa en flexibel planlösning. Exempel på planeringsaspekter är placering av kärna, schakt, toaletter och korridorer samt utformning av fasadmönster. Allt för att skapa flexibla utrymmen.
3. **Strategiskt förhållningssätt:** Det tredje perspektivet handlar om ett flexibelt tänk före ett flexibelt system. Att minska behovet av ombyggnation snarare än att underlätta dem. Ett helhetstänk där målet är att minska behovet av förändringar över tid. Exempelvis genom att hitta verksamheter som passar lokalens befintliga utformning.

Att lägga mer fokus på att hitta passande hyresgäster för lokalen än vice versa. En annan viktig faktor är att beakta vad lokalen med största sannolikhet kommer att byggas om till. Redan i projekteringen bör man överväga hur lokalen sannolikt kommer att användas i framtiden för att kunna anpassa systemet därefter. Det är ingen idé att implementera flexibla lösningar och ha inbyggd överkapacitet om det inte kommer utnyttjas. Systemet går heller inte att anpassa för exakt alla förutsättningar. Detta tankesätt kan medföra att graden av flexibilitet kan variera i en byggnad.

Detta tyder på att begreppet *flexibilitet* ofta används utan att det preciseras vilken aspekt man syftar på. En viktig reflektion är därför att branschen tydligare behöver definiera vad flexibilitet innebär, eller åtminstone klargöra vilken av dessa tre dimensioner som avses i olika sammanhang.

5.2 Sammanvägning av intervjuvaren

I nedanstående kapitel sammanfattas vad konsulterna varit eniga samt oeniga i.

5.2.1 Konsensus hos konsulterna - branschpraxis

Flera av de intervjuade konsulterna resonerade på ett liknande sätt kring vissa frågor där metoder, tekniska lösningar och utföranden praktiseras av större del av branschen. Vissa av de lösningar som beskrivs som flexibla kan idag betraktas som självklara och etablerade arbetsätt i branschen och kan ses som någon form av standardpraktik. Dessa kan sammanfattas i följande punkter:

Placeringar i relation till fönster

Det finns konsensus i branschen att don, kylbafflar och radiatorer vanligtvis placeras centrerat i anslutning till fönster för att skapa flexibilitet. Detta anses fördelaktigt eftersom det är ovanligt att väggar placeras framför ett fönster och att arbetsplatser vanligtvis planeras nära fönster på grund av dagsljuskrav. Denna placering skapar en flexibel grundstruktur som möjliggör framtida ombyggnationer utan att tekniska installationer påverkas i större utsträckning.

Strukturerat ”modultänk”

Ett koncept som flera av konsulterna tog upp på olika sätt var ett så kallat modultänk. Grundprincipen handlar om att arbeta med ett förutbestämt måttssystem/rutnät eller symmetrisk indelning av en byggnad där tekniska installationer så som don, belysning och sprinklers placeras med jämna avstånd (exv. cc 2,4–2,7 m). Detta gör det enklare att flytta väggar utan att behöva justera installationer. Flera nämner även vikten av att ha en tidig dialog med arkitekter och konstruktörer eftersom de är avgörande för planlösningens utformning.

Centraliserade system förekommer oftare än decentraliserade system

I litteraturstudien lyfts det att ett decentraliserat ventilationssystem kan erbjuda en högre grad flexibilitet med tanke på dess förmåga att styra luftflöden oberoende av varandra. Konsulterna är dock överens om att centraliserade system är vanligaste lösningen i kontorsbyggnader. Det är oftast ekonomiskt överlägset, kräver mindre material och är enklare att installera. Decentraliserade system förekommer mer sällan och endast där det finns särskilda förutsättningar eller behov som motiverar det. Till exempel vid stora byggnader som kräver långa kanaldragningar med varierande användning eller lokaler av hög driftsäkerhet så som sjukhus och laboratorier.

Frånluftssystemets placering och kärnans utformning

Konsulterna är eniga om att det är fördelaktigt att placera frånluftsdon centralt, i anslutning till kärnan där hissar, trapphus, toaletter och installationsschakt normalt placeras. Dessa ytor förändras sällan vid ombyggnationer vilket gör dem till stabila punkter för tekniska system ur ett flexibilitetsperspektiv. Det beskrivs av flera som ett effektivt och logiskt val. Frånluftsdon placeras vanligtvis vid toaletter eftersom de sällan flyttas och för att förorenad luft inte ska sprids till övriga ytor. Genom att samla frånluften nära kärnan minskar också behovet av att dra långa kanaler genom resten av byggnaden. En notering är dock att vid uppdelning av lokaler. Vid nya hyresgästanpassningar kan det exempelvis uppstå problem om flera enheter ska dela på samma frånluft. I större byggnader där olika delar kan hyras ut separat förespråkas därför att planera för flera separata schakt redan från början.

5.2.2 Oenigheter hos konsulterna

Det fanns frågor som konsulterna resonerade olika kring och där deras åsikter skiljer sig. De olika preferenserna beror på vilken utbildning, yrkesbakgrund eller typ av projekt de har erfarenhet av och vad de resonerar som mest flexibelt. Till exempel hur vissa arbetat med kontor och andra har arbetat med skolor och äldreboenden. Det kan också bero på hur mycket erfarenhet de har av ombyggnationer. De tekniska lösningar som väljs och hur mycket flexibilitet prioriteras beror även till stor del på beställarnas behov och krav. Fördelen med att konsulterna har olika bakgrunder är att vissa har kunnat resonera från erfarenhet medan andra kunnat se problemen med nya ögon. Nedan redovisas frågor där det fanns meningsskiljaktigheter:

Inbyggd överkapacitet

Inbyggd överkapacitet innebär att systemet dimensioneras för ett ökat framtida behov än vad som initialt krävs, exempelvis genom större rördimensioner, extra plats i elcentraler eller reserverat utrymme i installationsschakt. De flesta konsulter menar att det är en relativt enkel och kostnadseffektiv lösning för att skapa flexibilitet. Dessutom kan det vara fördelaktigt ur ett energiperspektiv då det till exempel kan få ner SFP-värdet. Många betonar dock vikten av att en eventuell överkapacitet verkligen motsvarar ett framtida behov. Att överdimensionera utan en tydlig plan för hur kapaciteten ska användas kan bli både onödigt dyrt och ett slöseri med resurser. Det är därför viktigt att föra en tidig dialog med beställaren kring vad lokalen kan komma att användas till i framtiden. Avslutningsvis lyfter konsulterna att överdimensionering ofta innebär en låg merkostnad, jämfört med kostnaden för ombyggnationer i efterhand. Det är därmed fördelaktigt att göra detta från början om möjligheten och behovet finns.

Utformning av huvudkanaler och användbarhet för ringmatning

De flesta konsulterna rekommenderar att huvudkanaler placeras i undertaket ovanför korridorer då det är en plats där en lägre takhöjd kan tillåtas. Korridorer är inte heller de delar av en kontorsbyggnad som ofta flyttas, vilket gör det till en bra plats att placera större kanaler. Däremot fanns det delade meningar hos konsulterna kring implementering av ringmatning som en eventuell lösning. Ringmatning diskuterades med flera av konsulter som en möjlig strategi för att skapa flexibilitet i kanalsystem. Metoden möjliggör jämn tryckfördelning och enklare tillägg av nya anslutningar utan omfattande ombyggnationer. Många håller med om att ringmatning är fördelaktigt ur ett flexibilitetsperspektiv eftersom det är lätt att öppna, stänga och justera nya instick med kanaler och spjäll utan att behöva göra om hela systemet. Det är dock en princip som kräver förutsättningen att huset har takhöjden för de dimensionerna, är relativt symmetriskt och saknar långa avstickande delar i planlösningen eftersom det annars blir svårt att få en jämn tryckfördelning. Dessa begränsningar lyfts också

tillsammans med att det bland annat krävs en högre materialåtgång och platskrav. Konsulternas användning av ringmatning i projekt varierar därför inom branschen och avgörs ofta av projektets specifika förutsättningar.

Placering av kylrör

Angående placering av kylrör diskuterar konsulterna två olika alternativ; i undertaket i korridoren eller längs fasaden. Det kan vara smidigt att placera rören i korridorerna tillsammans med övriga tekniska system då allt är på samma ställe. Fördelen med att dra rören längs fasad är att trängsel i korridorerna undviks, vilket skapar mer utrymme för andra installationer. Som alternativ nämns även mjuka slanganslutningar, vilka möjliggör viss rörelsefrihet vid mindre justeringar, exempelvis vid flytt av kylbafflar.

Val mellan vätskeburen och luftburen kyla

Intervjuerna visar delade uppfattningar kring vilket kylsystem som är mest flexibelt. Vätskeburen kyla, vanligtvis i form av kylbafflar, är vanligast och anses fördelaktig i byggnader med låg takhöjd, då det kräver lägre luftflöden och kanalutrymme. Däremot är systemet mer komplext att flytta, eftersom det kräver både vatten- och luftanslutning i form av rör och kanaler. Luftburen kyla ses av vissa som mer flexibel, eftersom det inte kräver rördragning. Samtidigt innebär det högre luftflöden och kanaldimensioner samt en högre takhöjd. Flera av konsulterna påpekar även att valet påverkas av ifall systemet har ett variabelt eller konstant flöde. Det nämns till exempel att det generellt sätt är lättare att skapa flexibilitet i ett CAV-system ifall det är ett vätskeburet kylsystem då det går att få ner kanalstorlekarna.

Temperaturval i kylsystem

Intervjuerna visar att konsulter vanligtvis arbetar med systemtemperaturer 14–18 °C, där valet beror på önskad effekt, kondensrisk och möjlighet till framtida justeringar. Det påpekades att om systemet dimensioneras för 16–20°C i stället finns möjligheten att sänka systemtemperaturen och få ut en större kyleffekt om det skulle behövas i framtiden. Så länge temperaturen inte sänks kan ett bättre COP-värde uppnås. Kylsystem som är dimensionerat utifrån en högre temperatur skulle det därmed kunna innebära ökad flexibilitet.

Val och förståelse för olika styrsystem

Utifrån intervjuerna framkommer det att det finns en bristande kunskap och kommunikation kring styrsystem i projekteringsskedet mellan styr och VVS-konsulter. Det finns därför skäl att vara källkritisk i denna del av studien, eftersom flera själva hänvisade till sina kollegor på styravdelningen för mer information. Det kan därmed vara bra att ha i åtanke att svaren delvis präglas av osäkerhet och vissa resonemang bör därför tolkas som pedagogiska antaganden snarare än faktabaserade uttalanden. Ämnet är dock relevant för att få med alla aspekter inom flexibilitet.

1. VAV eller CAV:

De flesta är överens om att val av styrsystem är en viktig del för att skapa flexibla och energieffektiva VVS-system. Det finns dock ingen enhetlig uppfattning om vilket system som är mest flexibelt, utan valet måste alltid anpassas till projektets förutsättningar. Valet mellan VAV och CAV är svårt att enbart basera utifrån flexibilitet och konsulterna menar att valet påverkas av flera faktorer såsom budget, energimål, driftstrategi och beställarens preferenser. Generellt lyfts dock VAV som det mer flexibla och långsiktigt energieffektiva alternativet men CAV har fortfarande en plats i projekt där enkelhet, låga kostnader och låg underhållsnivå prioriteras. Det är något som även lyfts i tidigare studier.

VAV anses av många konsulter vara mer flexibelt vid ombyggnationer eftersom de hanterar variationer i luftflöde bättre och har en inbyggd överkapacitet. Systemet är särskilt fördelaktigt vid långsiktigt ägande då de högre installationskostnaderna tjänas in över tid genom lägre energiförbrukning. De lyfts också som fördelaktiga i projekt där miljöcertifiering är ett mål, eller där det används kylbafflar och är låga takhöjder. Nackdelen är en högre initial kostnad samt ett mer komplext styrsystem, vilket kräver större driftkompetens. Detta lyfts också i tidigare litteraturstudier. Varför folk ändå väljer CAV-system är för att det är enklare, billigare och mer lättskött vilket gör dem attraktiva i enklare projekt eller där driftpersonalens kompetens är begränsad. CAV-systemen må vara mindre energieffektiva, men vissa menar att det ändå kan byggas relativt flexibelt. Till exempel om det kombineras med vätskeburen kyla och dimensioneras med viss överkapacitet.

I slutändan framgår det tydligt att det inte finns någon universallösning, utan att systemvalet måste anpassas till projektets funktionella, ekonomiska och tekniska förutsättningar. VAV lyfts dock oftast som det mest framtidssäkra alternativet i byggnader där flexibilitet är en prioriterad fråga.

2. Öppet eller stängt system:

Fortsättningsvis vid val av smarta system så som VAV betonas också att ett externt, öppet styrsystem är viktigt för att behålla flexibiliteten i framtiden. Öppna system lyfts av flera konsulter som mer framtidssäkra då de tillåter leverantörsberoende lösningar, är mer anpassningsbara vid förändringar och lättare att underhålla för alla. Det finns även en tydlig trend mot att fler använder öppna system. Stängda system är ofta låsta till specifika fabrikat vilket kan skapa problem vid uppdatering, felsökning eller utbyte av komponenter och gör att färre konsulter väljer det alternativet. Öppna system möjliggör leverantörsberoende lösningar och underlättar samverkan mellan olika produkter och aktörer.

3. Givares placering:

Angående givarnas placering har konsulterna också delade åsikter. Vissa förespråkar en placering direkt i donet vilket gör att givaren automatiskt följer med vid flytt. Andra föredrar placering på en vägg nära en dörr eller ljusknapp vilket innebär att de kan dela planerat elkablage. Nackdelen är att det finns en risk för komplikationer om väggar flyttas eller rivs.

5.2.3. Rekommendationer- sammanfattning

Nedan följer rekommendationer att fundera kring vid dimensionering av flexibla system:

- Tänk på flexibilitet redan i ett tidigt skede: samordna mellan arkitekter, konstruktörer och installatörer.
- Använd öppna styrsystem och tryckberoende ventiler där möjligt.
- Våga överväga annorlunda lösningar om planlösningen tillåter det, som till exempel ringmatning.
- Uppmuntra beställare att se flexibilitet som en långsiktig investering.

5.3 Framtidens behov och klimatförändringar

När frågan om framtida klimatförändringars påverkan på temperatur och fuktdimensionering behandlades var det många som svarade att de inte aktivt arbetat med frågan tidigare. Intervjuerna påvisar därmed att framtida klimatförändringar endast i begränsad utsträckning

påverkar dagens dimensioneringsval. För värmesystem ansåg flera att nuvarande DVUT är tillräcklig då en tillfälligt kallare inomhustemperatur under extremdag accepteras. Det finns däremot ett växande behov av att se över DSUT vid kylsystem då varmare somrar, ökande fukthalter och komfortkrav lett till att fler fastighetsägare idag efterfrågar högre kylkapacitet. Det finns redan idag exempel på skolor som tvingats stänga på grund av övertemperaturer, vilket visar att detta är ett växande problem. Den trenden kommer troligtvis att fortsätta.

Det finns en samsyn om att anpassningar till framtida sommarklimat bör diskuteras mer aktivt i branschen, särskilt i projekt med lång livslängd. DSUT spelar därmed en allt viktigare roll i arbetet med att framtidssäkra byggnaders inomhusklimat. På grund av det begränsade fokuset på klimatförändringar inom branschen finns en risk att många äldre system inte är anpassade för framtida förutsättningar. Det finns därmed en risk att de kommer bli inaktuella vilket kan leda till stora tekniska och ekonomiska utmaningar framöver. Ska flexibilitet diskuteras i det långsiktiga perspektivet måste man därför även se över vad de eventuella förändringarna ett förändrat klimat kommer innebära.

5.4 Utmaningar med flexibilitet

I följande kapitel diskuteras utmaningarna med konceptet flexibilitet. Bland annat teoretisk flexibilitet i förhållande till praktisk, hur ekonomiska överväganden påverkar val av lösningar, samt vad som kan betraktas som en rimlig nivå av flexibilitet.

5.4.1 Flexibilitetens roll i dagens byggprojekt- varför flexibilitet inte prioriteras

Teoretiskt i förhållande till praktiskt

I teorin är det fullt möjligt att utforma tekniska system med mycket hög grad av flexibilitet. Ett system som enkelt kan anpassas till en mängd olika verksamheter och framtida förändringar. Att denna teoretiska flexibilitet sällan implementeras i praktiken beror på en rad faktorer.

Det kan exempelvis vara svårt att implementera en ”modulstrategi” där don och kanaler placeras symmetriskt med jämna mellanrum då det riskerar att krocka med andra tekniska system. En annan faktor är att kanaler med en inbyggd överkapacitet i vissa fall kräver mer plats i schakt och teknikrum eller en högre våningshöjd. Detta extra utrymme är något som inte alltid finns, speciellt i äldre lågbyggda konstruktioner.

Att bygga ett anpassningsbart system med en viss överkapacitet innebär att mer material behövs i form av större kanaler och rör. Om det överdimensionerade systemet inte utnyttjas innebär det att resurser förbrukas utan att komma till nytta. Detta resulterar i att det kan vara svårt att motivera för beställare om det är osäkert huruvida byggnaden faktiskt kommer att byggas om. För att flexibilitet ska vara en kostnadseffektiv och hållbar lösning krävs därför en tydlig insikt i lokalens framtida användning och ombyggnadsbehov. I slutändan är det beställaren som avgör i vilken grad flexibilitet byggs in.

Kostnadsfrågan – ett återkommande tema

En röd tråd som är genomgående i studien är att flexibilitet sällan är gratis. I och med att implementeringen innebär en kostnad blir beslut som gynnar flexibilitet svårare att ta. Speciellt i en bransch där låga kostnader står i fokus. Samtidigt är det tydligt att det är billigare och enklare att bygga in flexibilitet från början än att försöka anpassa systemen i efterhand. Det är därför en svår balansgång mellan initiala kostnader och framtida besparingar eftersom det krävs att lokalen faktiskt byggs om för att investeringen ska vara lönsam. Det är därför ofta svårt att övertyga beställare om värdet av sådana investeringar, särskilt när det inte

finns några garantier för att en ombyggnad faktiskt kommer att ske. Det kan därför finnas fördelar med att införa tydliga riktlinjer, exempelvis i form av flexibilitetscertifieringar eller styrande krav som uppmantrar företag att reflektera över hur flexibilitet ska integreras i projekteringsprocessen.

Hur mycket flexibilitet är rimligt?

En fråga som diskuteras är hur mycket flexibilitet som är rimligt. Är det bättre att överdimensionera lite överallt eller att skräddarsy efter projektspecifika behov? Det är en balansgång mellan att ha ett generellt system som klarar en ombyggnation, men som även uppfyller kraven för den befintlig verksamhet. Det är en svår avvägning där flera ovannämnda aspekter spelar in.

Det går till exempel att diskutera ur en hållbarhetsaspekt. En central fråga blir då; När är det mer miljövänligt att återbruka snarare än att bygga flexibelt från början? Flexibla system kräver ofta mer material och utrymme, vilket är något som i sig kan innebära ökade klimatavtryck om överkapaciteten aldrig utnyttjas. Det kan då vara mer relevant att överväga återbruk vid ombyggnation i stället och går även att anpassa mer specifikt för den nya lokalens behov. En relevant fråga att ställa blir därför: I hur stor andel av fallen är det mest hållbart att bygga ett generellt, flexibelt system och när är återbruk det mest kostnads- och miljöeffektiva alternativet?

5.5 Utmaningar i projektet

Utöver de metodrelaterade utmaningar som diskuteras i *metoddiskussion* i kapitel 2.2 har vi under projektets gång stött på flera andra komplexa utmaningar som behöver diskuteras vidare.

En tydlig utmaning som tidigare nämnts har varit arbetet med styrsystem. Det är ett tekniskt komplext område där både vi som författare och flera av de intervjuade konsulterna har haft begränsade förkunskaper vilket påverkat djupet i samtalen. På grund av studiens begränsade omfattning har vi inte heller haft möjlighet att fördjupa oss i ämnet i den utsträckning vi önskat. I efterhand ser vi att det hade varit värdefullt att även inkludera intervjuer med styrkonsulter, för att få ett kompletterande perspektiv och mer teknisk noggrannhet.

En annan reflektion rör begreppet överdimensionering. I intervjuerna ställdes frågan: ”*Hur mycket ska ett VVS-system överdimensioneras?*”. Det är en fråga vi behövt förtydliga för flertal konsulter som inte förstått vad vi menat, vilket kan innebära en viss otydlighet i begreppet. En fundering som uppstått är ifall begreppet överdimensionering eventuellt kan ha en negativ klang. Att överdimensionering tolkas som en ”feldimensionering”. Det är därför något vi fått reflektera över ifall det kan ha påverkat hur konsulterna svarat. Trots det tror vi att efter förtydligande i intervjuerna har frågan ändå behandlats korrekt. I efterhand anser vi dock att begreppet *överkapacitet* hade varit mer lämpligt då det bättre speglar syftet med vår fråga. Det antyder mer att ett system ska ha extra kapacitet för ett eventuellt ökat behov.

En ytterligare reflektion är hur intervjumaterialet behandlats. Eftersom intervjusvaren sammanställts och redigerats för att skapa en läsbar och koncentrerad textmassa, har vi gjort vissa ordval och omformuleringar. Det innebär en viss risk för att nyanser gått förlorade eller att våra tolkningar påverkat innehållet. Det är även taget ur kontext så det är inte alltid tydligt vilken fråga som besvarats. För att minska risken för missförstånd spelades intervjuerna in, vilket möjliggjort att det som skrivits kunnat kontrolleras. Dessutom har sammanställningarna av resultatets skickats ut till respektive medverkande för återkoppling och revidering innan publicering. En aspekt vi uppmärksammat i efterhand är att delar av resultatet kan uppfattas

som om de intervjuade befunnit sig i samma rum, trots att intervjuerna genomförts enskilt 1 och 1. Detta beror på att vi, i syfte att undvika upprepningar och skapa ett mer lättläst och sammanvävt resultat har använt formuleringar såsom att en person "håller med" eller "tillägger". Även om detta val har underlättat läsbarheten, är vi medvetna om att det kan uppfattas som missvisande och skulle eventuellt kunna ha gjorts på annat sätt.

Avslutningsvis, har en återkommande röd tråd i intervjuerna varit att *"det är väldigt beroende på projekt och beställare"*. Vi har förstått att vissa av våra frågor som vi ställt till konsulterna egentligen bör riktas till beställarna. Många konsulter har betonat att deras möjligheter att påverka vissa beslut delvis är begränsade för att de i slutändan tas av beställarna. Det hade därför varit värdefullt att komplettera studien med fler intervjuer med fastighetsägare och beställare än vi fått med. Även många av de lösningar som diskuterats och rekommenderas är väldigt beroende på förutsättningarna för enskilda projekt, vilket försvårar generalisering. Att studera ytterligare projekt hade kunnat bidra till att konkretisera resonemangen ytterligare och skapat en tydligare koppling mellan teoretiska resonemang och praktisk tillämpning.

5.6 Rekommendationer för vidare forskning

I den här rapporten hinner vi tyvärr inte behandla allt och det finns vidare forskning som kan göras inom området. Genom samtal med konsulter och fastighetsägare har det blivit tydligt att val av tekniska lösningar är väldigt beroende på projektens förutsättningar och av beställarens krav och budget. Det vore därför intressant att i framtida forskning ta fram konkreta projektexempel, inklusive kostnads kalkyler, för att undersöka hur olika lösningar påverkar flexibilitet i praktiken. Vidare rekommenderas följande fortsatta studier:

Planlösningar och flexibilitet: Hur kan kontorslokalers utformning optimeras för att tillgodose ett brett spektrum av hyresgästers behov, med målet att undvika ombyggnationer?

Klimatanpassning: Undersöka hur framtida klimatförändringar kan påverka uppvärmnings- och kylbehov i byggnader.

Regional variation: Genomföra fler intervjuer med konsulter från olika delar av landet för att identifiera geografiska skillnader i synsätt och arbetssätt.

Miljönytta av flexibilitet: Utföra exempelberäkningar för att visa hur flexibla system kan minska både klimatavtryck och mängden restavfall.

Funktionsomvandling: Utredda möjligheter och utmaningar vid ombyggnation av kontor till bostäder.

Samverkan mellan VVS och Styr: Undersöka kommunikationsglapp och dess orsak och konsekvenser.

Resultat i praktiken: Undersöka användbarheten av flexibla system efter ombyggnation i praktiken.

6. Slutsats

Studien visar att begreppet *flexibilitet* inom VVS-system har en tydlig och enhetlig definition i branschen. Trots att flera konsulter och fastighetsägare delar en grundläggande syn på att ett flexibelt system bör kunna anpassas till framtida förändringar med minimala ingrepp, varierar tolkningarna i hur detta bör uppnås. Det råder också olika uppfattningar om hur mycket fokus flexibilitet faktiskt får i projekteringsfasen. Ofta ses det som en önskvärd funktion, men nedprioriteras av faktorer som kostnad, energieffektivitet och beställarens prioriteringar.

Innebörden av *flexibilitet* handlar inte enbart om tekniska lösningar, utan även om strategisk planering och samverkan mellan olika discipliner. Studien identifierar tre huvudsakliga perspektiv på flexibilitet:

- **Specifika tekniska lösningar** – Till exempel val av system och komponenter.
- **Planering** – Till exempel moduluppbyggnad och placering av installationer.
- **Strategiskt förhållningssätt** – Till exempel att matcha lokalens utformning med framtida verksamheter.

Dessa nivåer används ofta parallellt, men utan att det klargörs vilken typ av flexibilitet som avses i projektdialoger. Detta är något som bidrar till begreppsförvirring.

Vidare visar studien att flera lösningar som beskrivs som flexibla så som placering av don i fönsterzon, modultänk, och centraliserade system, i praktiken redan är etablerade standarder i branschen. Samtidigt finns det tekniska och praktiska utmaningar att hantera eller där branschen föredrar olika lösningar. Exempelvis vid val av styrsystem, dimensionering för lokal- och hyresgäsförändringar, samt klimatanpassning till högre sommartemperaturer.

Slutligen visar arbetet att flexibilitet ofta är starkt beroende av projektets specifika förutsättningar, samt beställarens vision och budget. Konsulternas inflytande begränsas därför av externa faktorer, vilket belyser vikten av att även involvera beställarens perspektiv i vidare forskning. För att minska behovet av ombyggnationer och öka det långsiktiga tänket krävs en tydligare definition av vad flexibilitet innebär. Både begreppsligt och praktiskt, samt en ökad medvetenhet om framtida klimatförutsättningar och systemens långsiktiga funktion.

Referenser

- AFS 2020:1. (2020). *Arbetsplatsens utformning*. Arbetsmiljöverket. [AFS 2020:1 Arbetsplatsens utformning](#)
- BFS 2011:6. (2020). *Boverkets byggregler (2011:6) – föreskrifter och allmänna råd, BBR*. Boverket. [Boverkets byggregler BBR. Konsoliderad version.](#)
- BFS 2020:4, BBR 29. (2020). *Boverkets föreskrifter om ändring i Boverkets byggregler (2011:6) - föreskrifter och allmänna råd*. Boverket. [Boverkets föreskrifter om ändring i Boverkets byggregler \(2011:6\) - föreskrifter och allmänna råd, BFS 2020:4](#)
- Boverket. (2024b). *Termisk komfort*. [Termisk komfort - PBL kunskapsbanken - Boverket](#)
- Boverket. (2024a). *Risker med fel tilluftsflöden och felplacerade givare*. [Risker med fel tilluftsflöden och felplacerade givare - Boverket](#)
- Boverket. (2024c). *Termiskt klimat*. [Termiskt klimat - PBL kunskapsbanken - Boverket](#)
- Energy Building. (u.å). *Decentraliserad ventilation – så funkar det*. <https://www.energybuilding.se/decentraliserad-ventilation-sa-funkar-det/>
- Fastighetsägarna & White Arkitekter. (2022). *Flexibla fastigheter*. <https://www.fastighetsagarna.se/globalassets/rapporter/2022/flexibla-fastigheter.pdf?bustCache=1739283457993>
- FoHMFS 2014:18. (2014). *Folkhälsomyndighetens allmänna råd om ventilation*. Folkhälsomyndigheten. <https://www.folkhalsomyndigheten.se/contentassets/641784832543443ea4eebe9b300c244e/fohmfs-2014-18.pdf>
- Folkhälsomyndigheten. (2017). *Ljus och hälsa - En kunskapsställning med fokus på dagsljusets betydelse i inomhusmiljö*. FoHMFS. [Ljus och hälsa](#)
- Högberg, A., Ingelhart, G., Perzon, M., Berg, M. (2022). *Klimat effektiv arkitektur konstruktion och materialval*. Bengt Dahlgren AB. https://goteborg.se/wps/wcm/connect/15ee2d94-a002-420a-a560-58611bac1e02/Klimat effektiv arkitektur konstruktion och materialval 2022 Kunskapspaket Binom BS2C2C2BBengt Dahlgren.pdf?MOD=AJPERE&utm_source=chatgpt.com
- Jacobsson, C. (2018). *Vad är skillnaden mellan VAV och DCV?*. Swegon. [Vad är skillnaden mellan VAV och DCV?](#)
- Joo, L., & Normark, M. (2023). *Jämförelse av inbyggd klimatpåverkan för VAV och CAV-system med kylbafflar*. [Examensarbete, Chalmers tekniska högskola]. Chalmers ODR. [Jämförelse av inbyggd klimatpåverkan för VAV och CAV-system med kylbafflar](#)

Larsson, F., Al-Tayyaar, N. (2012). *Utformning och drift av ventilationen i en förskola – En jämförelse mellan CAV och VAV-system*. [Examensarbete, Chalmers tekniska högskola]. Chalmers ODR. [UtformningochDriftavVentilationenFörskola\(2012_08\)](#)

Lowden, A. (2019). *DagsljuskraV och utblick på arbetsplatsen: effekter på hälsa och beteende*. Arbetsmiljöverkets kunskapssamling. https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/kunskapssammanstallningar/dagsljuskraV_o ch_utblick_pa_arbetsplatsen_rap-2019-2.pdf

Maripuu, M., Aronsson, S., Filipsson, P., Edenhofer, V. (2024). *Behovstyrda ventilationssystem: Kartläggning av funktion och prestanda*. Belok. <https://belok.se/behovsstyrda-ventilationssystem-2/>

Nik, V., Johansson, D., Fransson, V., Javanroodi, K., Wallentén, P., Persson, M. (2022). *Klimatdata och klimatfiler för övertemperatursimuleringar i byggnader – en kunskapssammanställning*. [Kunskapssamling - Malmö universitet]. [Klimatdata och klimatfiler](#)

Seuntjens, O., Belmans, B., Buyle, M., Audenaert, A. (2022-01-19). *A critical review on the adaptability of ventilation systems: Current problems, solutions and opportunities*, Building and Environment. 212. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.108816>

Svenska Termoinstrument AB. (u.å). *Rumsgivare*. Svenska termoinstrument ([Rumsgivare | Precision och komfort i inomhusmiljöer](#))

Swedish Standards Institute. (2006). *Ergonomi för den termiska miljön – Analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt kriterier för lokal termisk komfort (SS-EN ISO 7730:2006)*. Svenska institutet för standarder. <https://www.sis.se/produkter/ergonomi-fb23d4ad/ergonomi--termiskt-klimat/sseniso77302006/>

Swegon. (2014). *Teknikguide för inneklimat*. <https://www.flipsnack.com/swegon/teknikguide-f-r-inomhusklimat/full-view.html>

BILAGA 1 - Intervjumall

1.1 Till konsulter

Vårt arbete handlar om flexibla VVS-system och hur de utformas. I branschen pratas det mycket om att systemen ska vara flexibla så att dess tekniska livslängd kan bli längre och att det ska vara anpassningsbart för olika verksamheter eller hyresgäster med olika behov. Just nu saknas det en definition av vad flexibla VVS-system är. Syftet med vårt arbete är att försöka ta reda på hur branschen, alltså konsulter och fastighetsägare, anser vilka faktorer och aspekter som spelar in för att skapa ett flexibelt system, samt försöka skapa en gemensam definition av själva begreppet. För att avgränsa studien har vi valt att endast titta på nybyggda kontorslokaler och butikslokaler.

1. Hur definierar ni begreppet flexibla system?
 - Hur definierar du begreppet flexibilitet inom VVS?
 - Hur jobbar ni med det i era projekt?
 - Finns det några riktlinjer som ni följer?
2. Hur mycket ska kapaciteten i ett system överdimensioneras?
3. Hur ska don/kylbafflar placeras strategiskt i förhållande till en planlösning som potentiellt kan förändras i framtiden?
4. Vilka systemval för värme, kyla och ventilation brukar ni använda? Vilka fördelar/nackdelar finns avseende flexibilitet?
 - Luftburen eller vätskeburen kyla?
 - Hur påverkar vattenrören flexibiliteten hos kylbafflars placering?
 - Temperatur i kylsystemet?
5. Placering och utformning av huvudkanaler/ kylrör/ värmerör?
 - Va tycker ni om ringmatning som flexibelt alternativ? Finns det andra system som kan vara flexibla?
 - Hur tänker ni när ni dimensionerar och placerar ut själva kärnan? (placering samt antal huvudschakt och aggregat)
 - Centraliserat eller decentraliserat system?
6. Vilka dimensionerade vinter och sommartemperatur samt relativ luftfuktighet räknar ni med, med hänsyn på framtida klimatförändring?
7. Vilka styrsystem använder ni er av? Hur påverkas ”styrdelen” av olika hyresgäster och ombyggnationer.
 - Placering av givare? Vad är konsekvenserna av förflyttning av dem för styrsystem ska ange rätt mängd. Flyttar på don etc.
 - Hur dimensionerar ni ”styrcentrum” i aggregatrummet efter förändrade behov?
 - Varför väljs CAV i stället för VAV? Vad rekommenderar ni till fastighetsägare?

1.2 Till fastighetsägare

1. Hur definierar ni begreppet flexibla system?
2. Vilka erfarenheter har ni av de ventilationssystemen som finns i era byggnader/lokaler?
3. Vilka VVS-mässiga åtgärder behövs göras vid byte av hyresgäst i kontor? Har ni exempel på projekt där VVS-systemen fungerar bra vid byte av hyresgäst, eller projekt när det fungerat mindre bra?
4. Använder ni smarta system som VAV eller DCV och hur har det fungerat i praktiken för er? Har det fungerat som det ska? Har det varit svårt/lätt att underhålla?



CHALMERS