

SLUTRAPPORT FUTURE

Case 3 – Dela och balansera energiflöden



EXECUTIVE SUMMARY

The SUS Malmö hospital area is undergoing extensive rebuilding and modernization. As part of the infrastructure for energy is also being reviewed. The hospital area uses approximately 40 GWh of heat annually and is estimated to have a future need of approximately 20 GWh of cooling per year.

This sub-project, within the "Future-project" aims to investigate and install a pilot plant for balancing energy flows with a suitable distribution for two buildings within the SUS Malmö hospital area, named buildings 46 and 96. Balancing is done by connecting rooms with cooling needs via heat pump and transferring excess heat to systems with heating needs.

The project also describes methods for local sharing of energy between properties or within districts and the software development that has taken place linked to this.

Project lead



PORTEN TIL GRÖN VÄXST



Funding partners



Region
Hovedstaden



Projektet stöds av Europeiska regionala utvecklingsfonden & Interreg ÖKS, liksom Region Hovedstaden, Region Sjælland och Region Skåne.

Region Skåne

Regionfastigheter

David Nilsson

David.p.Nilsson@skane.se

EON

EON Energilösningar AB

Ellen Corke

ellen.corke@eon.se

Publicerad av

FUTURE

Layout

Kasper Laulund Kjeldsmark (Gate 21)

Malmö sjukhusområde

Fotograf: Perry Nordeng

2021

FUTURE FRAMTIDENS INTELLIGENTA ENERGI- OCH RESURSSYSTEM

Projekt FUTURE består av sju visionära samarbeten som baseras på fallstudier och täcker de tre regionerna i Greater Copenhagen. De sju fallstudierna testar och demonstrerar olika tekniker, verktyg och affärsmodeller för förnybar energi eller resursanvändning:

- Case 1: Flexibel energilagring i individuella byggnader
- Case 2: Integration af vedvarende energi i komplekse byggnader
- **Case 3: Forbedret energihusholdning gennem balanceret varme og køling i sygehusbygninger**
- Case 4: Energioptimering gennem smarte grids i bygninger
- Case 5: Cirkulære løsninger, der integrerer energi, ressourcer og affald
- Case 6: Resttekstiler som en del af fremtidens byggeri
- Case 7: Intelligent brug af produktdata, der forbedrer og fremmer genbrug i cirkulære samfund

Förnybar energi

Projektet ska:

- Använda, integrera och lagra förnybar energi på ett bättre sätt för att få ett mer flexibelt energisystem.
- Främja energieffektiva lösningar i byggnader.

Därför ska vi designa lösningar och infrastrukturer som kan överbrygga klyftan mellan behovet av försörjningstrygghet och faktumet att förnybara energikällor ofta fluktuerar.

Resursanvändning

Projektet ska:

- Öka resurseffektiviteten och skapa en cirkulär omställning av samhället. Vi ska förlänga livslängden på material samt återanvända avfall och restprodukter för att de ska kunna ingå i det nya kretsloppet.
- Begränsa produktionen av jungfruliga material och därmed energiförbrukningen.

Därför demonstrerar projektet hur man lokalt kan styra produkt- och materialflöden med syftet att främja en mer intelligent användning av material.

Läs mer på

<https://www.gate21.dk/future/>

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

- 2 Executive summary**
- 5 Balansering och delning av energiflöden.
Inom, mellan byggnader och för stadsdelar**
- 7 Dela och balansera energiflöden**
- 13 Pilotanläggningar**
- 22 Diskussion och slutsatser**

BALANSERING OCH DELNING AV ENERGIFLÖDEN. INOM, MELLAN BYGGNADER OCH FÖR STADSDELAR

Inledning

Framtidens städer är hållbara och försörjs via återvunnen och förnybar energiproduktion. Välisolerade, energieffektiva byggnader värms och kyls så effektivt som möjligt och förluster såväl som ofrivillig uppvärmning sommartid minimeras. Optimering av fastigheters energianvändning sker och eventuell överskottsenergi utnyttjas och delas inom eller mellan byggnader. Energisystemet digitaliseras vilket förbättrar möjligheter till optimering, fördjupar kunskap och ger förutsättningar för till exempel delning av energi.

I takt med att byggnader blir allt mer energieffektiva och välisolerade ökar problem med alltför höga inomhustemperaturer. Behov av att kyla bort överskottsvärme kan uppstå i delar av byggnaden, i enskilda utrymmen eller för byggnaden som helhet. Bakgrunden kan till exempel bero på värmealstrande utrustning eller vara årstidsrelaterad. Energikrävande kylning av enskilda utrymmen eller av byggnaden som helhet kan vara påkallad för att skydda teknisk utrustning eller för personals/boendes komfort. Samtidigt som ett kylbehov finns i delar av byggnaden eller i byggnaden som helhet kan andra system eller intilliggande fastigheter ha ett värmebehov. Att i första hand överföra, lokalt balansera energiöverskott och energibehov är en metod för att minska inköp av primärenergi.

Energimål Region Skåne och EON

Region Skåne, som bland annat utvecklar och förvaltar sjukhuset SUS Malmö, har ambitiösa energimål. År 2030 ska all energianvändning inom Region Skåne vara förnybar med lägsta möjliga primärenergifaktor. Region Skåne ska vidare minska energianvändningen i sitt byggnadsbestånd inklusive däri bedriven sjukvårdsverksamhet till 184 kWh/m², år (år 2025) för att därefter ytterligare sänka energiförbrukningen. Flera sjukhusområde står också inför stora förändringar och i samband med det vill Region Skåne också se över sin infrastruktur för energi.

Region Skånes strategiska mål och tillhörande strategiska områden ligger i linje med projektets ambitioner, bland dessa kan som exempel nämnas:

Strategiska mål

- Senast år 2030 ska merparten av byggnaderna inom Region Skånes sjukhusområden vara sammankopplade i smarta nät, som balanserar/styr behoven av värme, kyla och el.
- Senast år 2025 ska, där det är möjligt, överskottsvärme/-kyla säljas till energibolagen.

Strategiska områden

- Region Skåne ska effektivisera sin energianvändning inom el, fjärrvärme och fjärrkyla samt fokusera extra mycket på att minska baslasterna av elanvändning.
- Region Skåne ska kontinuerligt arbeta med omvärldsbevakning kring nya tekniska möjligheter, sprida denna information inom organisationen samt testa ny teknik.

Samverkan

- Region Skåne ska samarbeta med energileverantörer och entreprenörer samt överväga partnerskap där detta behövs så att vi tillsammans bidrar till att nå våra övergripande energimål.

E.ON har höga ambitioner, bland annat med mål om att all energi som erbjuds företagets kunder ska vara återvunnen eller förnybar senast år 2025. En faktor för att lyckas i detta är ett nära samarbete mellan aktörer som producerar, distribuerar och använder energi i staden. Det nu genomförda projektet är exempel på hur samarbete mellan aktörerna, E.ON och Region Skåne, möjliggör utveckling och implementation av ny teknik för att uppnå ett gemensamt mål – att bidra till en hållbarare stad.

Projektets syfte och mål

På sjukhusområdet SUS Malmö pågår omfattande ombyggnation och modernisering. Som en del i detta förändringsarbete ses även infrastruktur för energi över. Sjukhusområdet använder årligen ca 40 GWh värme och bedöms ha ett framtida behov om ca 20 GWh kyla/år.

Detta delprojekt syftar bland annat till att för två byggnader inom SUS sjukhusområde Malmö, benämnda byggnad 46 och 96, utreda och installera en eller flera pilotanläggningar för balansering av energiflöden med för byggnaderna lämplig utbredning. Balansering ska ske genom att via värmepump förbinda utrymmen med kylbehov och överföra överskottsvärme till system med värmebehov.

Region Skåne och EON har i samverkan uppfört två pilotanläggningar. Projektet har skalbarhet och är med vissa modifieringar replikerbara för liknade befintliga eller framtida byggnader. Erfarenheter av konceptet på SUS kan vara viktiga för möjligheten att sprida och bygga vidare på konceptet inom Greater Copenhagen regionen eller internationellt.

Projektet har omfattat följande faser:

- Identifiering av lämpliga byggnader utifrån energiförbrukning av värme och kyla, verksamhet i byggnaden och det pågående ombyggnadsprojektet inom SUS sjukhusområde.
- Kartläggning och dimensionering av planerade installationer. Bedömning av lämplig fysisk "utbredning" i ett inledande skede, dvs vilka utrymmen, anläggningsdelar ska kopplas till den nya installationen.
- Upphandling, installation, idrifttagning.
- Provdrift med utvärdering.

Parallellt med etableringen av pilotanläggningarna har utveckling skett av affärsmodeller för delningsekonomi samt utveckling av mjukvaruplattform för delning och balansering av energiflöden.

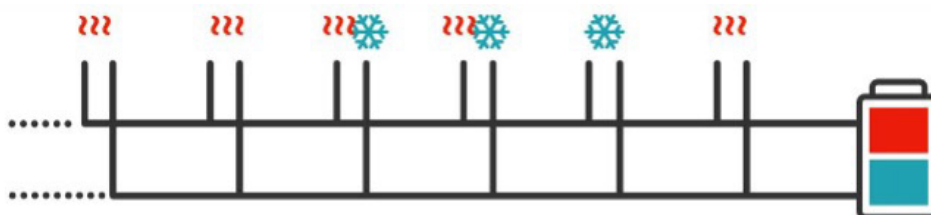
DELA OCH BALANSERA ENERGIFLÖDEN

Balansering av energiflöden, beskrivning

I en modern europeisk stad finns det betydande parallella energiflöden för värme- och kylbehov. Kylbehov hanteras vanligtvis via kylmaskiner och uppvärmning sker ofta med lokal gasförbränning eller i vissa fall fjärrvärme. I samband med utfasningen av gas ökar behovet av att isolera byggnader för att minska energibehovet, men också för att kunna sänka systemtemperaturer i radiatorkretsar och därmed skapa bättre förutsättningar för värmepumpar. Lägre systemtemperaturer, energieffektivisering och behov av att ersätta befintlig värmeinfrastruktur skapar nya möjligheter att integrera systemen för värme och kyla.

Balansering av energi inom eller mellan byggnader förbättrar resursutnyttjande. Gemensamma energikällor utnyttjas bättre och optimala förutsättningar för värmepumpars verkningsgrad (COP) skapas. I första hand balanseras energibehovet i en enskild byggnad och därefter, om ytterligare överskott finns, mellan olika byggnader. I det senare fallet kan byggnader förbinds via ett ledningsnät, ett lågtempererat tvårörssystem där det ena röret innehåller något varmare vatten än det andra. Vanligtvis är det ca 10 grader varmare vatten i det varma röret jämfört med det kalla. En byggnad med värmebehov, utrustad med värmepump, hämtar varmt vatten från det varma röret och lämnar kallare vatten i det andra röret. En annan byggnad, ansluten till samma ledningsnät, som samtidigt har ett kylbehov kan dra nytta av en lägre temperatur i ledningsnät och generera kyla via värmepump (kylmaskin). Som "spill" från denna lokala kylproduktion levereras värme till den varmare ledningen.

För att hantera obalans mellan kyla och värmebehov i systemet utrustas systemet med en gemensam energikälla för balansering. Det kan vara en ackumulatortank för dygnsutjämning och en borrhålsvärmepump för utjämning mellan säsonger.



Figur 1: Schematisk bild av byggnader med värme-, värme-och kyl samt enbart kylbehov anslutna till ett lågtempererat gemensamt ledningsnät (en varmare och en kallare ledning) samt en ackumulator.

Internbalansering

Inom en byggnad kan det finnas samtidigt kyl- och värmebehov. Det kan finnas teknisk utrustning som genererar ett lokalt värmeöverskott eller teknisk utrustning som behöver kylning för att inte gå sönder. Verksamheten, som operationsrum på ett sjukhus, ställer höga krav på ett kontrollerat inomhusklimat tex vad gäller temperatur och luftfuktighet. Vidare kan system finnas för komfortkylning av byggnaden vid höga utomhustemperaturer.

Lokala kylmaskiner kan vara installerade för kylning i enskilda utrymmen/rum. Kylmaskiner kan också förse flera utrymmen med kyla via ett vätske- eller luftburet system. Ofta använder sig kylmaskinen av utomhusluften "som värms" för att generera lokal kyla. Byggnaden kan också vara ansluten till ett ledningsnät som levererar fjärrkyla till byggnaden.

Kylbehov kan vara näst intill konstant över året (för att kyla värmealstrande utrustning) eller direkt relaterat till och snabbt ökande vid hög utomhustemperatur som komfortkylning av byggnader.

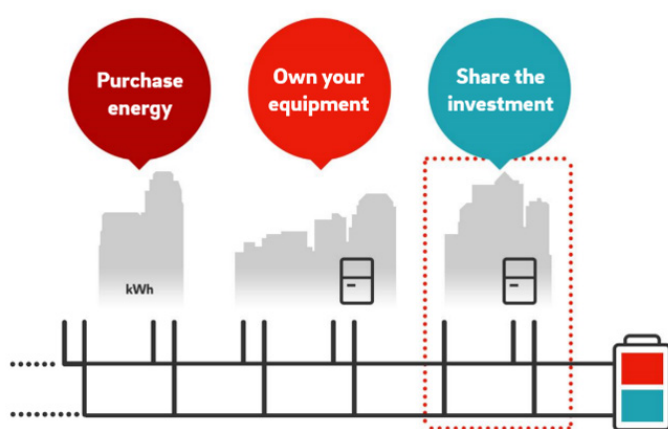
Värmebehov i en komplex byggnad som en sjukhusbyggnad kan utgöras av tex uppvärmning via radiatorkretsar och ventilation, uppvärmning och varmhållning av tappvarmvatten, annan värmekrävande verksamhet exempelvis poolvärme och anläggning för luftkvalitet i operationsrum.

En värmepump, vars "kalla sida" kyler utrymmen samtidigt som den "varma sidan" levererar värme inom en och samma fastighet internbalanserar laster. I princip tar man värme från utrymmen med kylbehov, överskott av värme, höjer kvalitén (temperaturen) och levererar den till utrymmen eller anläggningsdelar med värmebehov. Hög effektivitet, COP (Coefficient Of Performance) kan nås bland annat om den temperatur som levereras på den varma sidan kan hållas relativt låg. Lågt ROI (Return Of Investment) kan nås bland annat om anläggningen har många drifttimmar under året, dvs att det finns avsättning för både värme och kyla samtidigt som investeringar, inte minst i etablering av internt ledningsnät kan hållas nere.

Affärsmodeller för balanserade lokala energisystem med lågvärdiga spillvärmeflöden

Arbetet med utveckling av affärsmodeller för lågvärdiga spillvärmeflöden är huvudsakligen baserat på den svenska marknadens förutsättningar. Vi har dock sett att grundtankarna är överförbara till andra marknader (Tyskland, Nederländerna, Storbritannien och Italien) med vissa kompletteringar och justeringar.

För att skapa flexibla systemgränser där kunder kan engagera sig i den utsträckning det passar deras förutsättningar, har ett affärsmodellskoncept tagits fram med i huvudsak tre olika nivåer där investering, löpande kostnader, risker, och ansvar fördelas olika mellan kund och leverantör beroende på respektive parts engagemang.



Figur 2: Nivåer för kundens engagemang

Tre olika nivåer av engagemang / affärsmodell för kunden:

1. Traditionell energiförsäljning där kunden inte gör någon investering
2. Investering i fastighetsegna komponenter som medför lägre driftskostnad
3. Investering i fastighetsegna komponenter och andel av nätkomponenter, dvs en modell som medför högre kapitalkostnad och ännu lägre driftskostnad

Arbetet har tydliggjort att svensk lagstiftning inte möjliggör en handelsplattform för energi där medverkande aktörer kan handla direkt med varandra. På den svenska marknaden är därför inriktningen att E.ON eller motsvarande bolag har en roll som systemansvarig för ett energidelningskluster och säkerställer att respektive aktör som är med och delar energi gör det på marknadsmässiga villkor, dvs den aktör som i större utsträckning än de andra kan balansera systemet erbjuder en prisnivå som är anpassad till det. Den funktionalitet som IT-plattformen kommer att använda för att balansera systemet optimalt mäter energiflöden till och från fastigheter och utgör därmed grunden för att kunna etablera handel mellan aktörer om det blir aktuellt att införa det, tex om lagstiftningen i Sverige ändras eller om det visar sig finnas andra legala förutsättningar på en annan marknad än den svenska.

Exempel på värden för kunden vid delning av energi:

- Affärsmodell med stor flexibilitet för kunden ger möjlighet till minskat beroende av energileverantören, samtidigt som fördelen av att en stabil och säker energileverans kan upprätthållas.
- Möjlighet att systemet tillhandahåller kyla i ett senare skede med en bibehållen investeringsnivå. Tillkommande kylbehov skapar istället ofta en driftfördel då överskottsvärmen ger ett positivt tillskott för systemet.
- Balansering av energibehov med hög effektivitet som följd, i kombination med låga kostnader för att etablera infrastrukturen möjliggör att kunderna kan erbjudas en attraktiv och konkurrenskraftig prisnivå.
- Ett energieffektivare system i linje med kundens strävande efter hållbara lösningar.
- Energisamarbete över fastighetsgränser och mellan olika energisystem är en utmaning för många aktörer som hindrat uppkomsten av energidelning. Energibolaget kan dock erbjuda ett värde som mäklare och möjliggörare.

I de fall där det finns en utpräglad spillvärmeaktör, tex en processindustri, och omgivande användare av värme, har en affärsmodell tagits fram för att hantera den inlåsning mellan olika aktörer som tidigare har varit en komponent som försvårat nyttiggörande av spillvärmen. Konceptet kallas Good Neighbor Energy och innebär att ett energiföretag samarbetar med en spillvärmeaktör så att respektive aktörs styrkor och tillgångar sammanförs och ökar möjligheterna att etablera ett energisamarbete med potentiella spillvärmeanvändare.

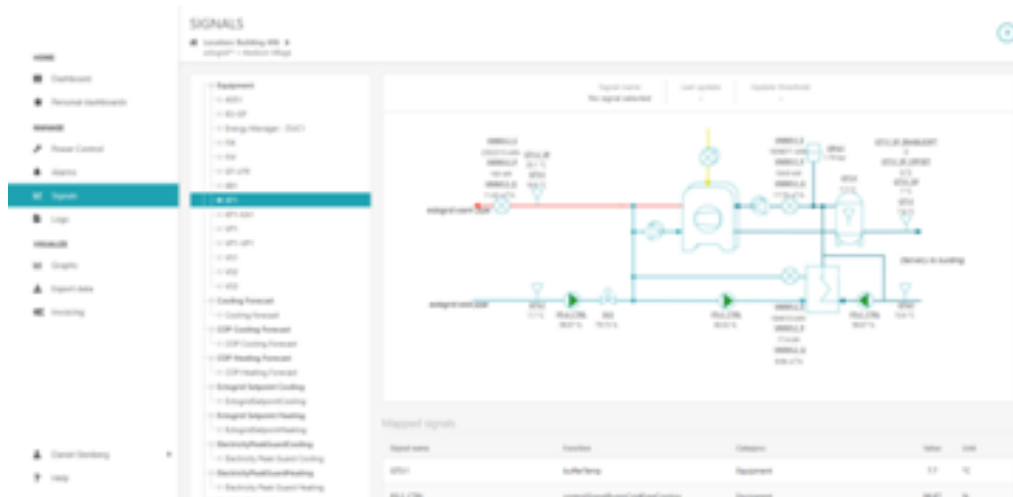
Affärsmodellen innebär att spillvärmeaktören ges incitament att skapa en mer hållbar produktion utan att riskera störningar i den egna produktionsprocessen, sänka uppvärmnings- och kylningskostnader, samt på sikt ta del av det resultat som genereras av energilösningar etableras med omgivande spillvärmeanvändare. Det är energiföretagets uppgift att sälja och bygga energilösningen till de omgivande användarna. Med hjälp av spillvärmen kan energilösningen bli högeffektiv och reducera användarnas energikostnad samtidigt som intäkter från spillvärmen ger förutsättningar för att finansiera investeringen.

Utveckling av funktionalitet för mjukvaruplattform

För att styra och optimera energiflöden i den komplexa miljö som ett decentraliserat energisystem med flera olika producenter och konsumenter utgör, så krävs en både robust och skalbar mjukvaruplattform som också kan utnyttja flexibiliteten som det decentraliserade systemet erbjuder. I projektet har betydande arbete lagts på att säkerställa att mjukvaruplattformen ska kunna fungera i kommersiell skala, inte bara som demonstration. Detta avser tex allt från att hantera beräkning av stora datavolymer, effektiv process för inkoppling av komponenter, till gränssnitt och funktionalitet för rationell storskalig drift. Därutöver har projektet också utvecklat funktionalitet för optimering av systemet.



Figur 3: Exempel mjukvaruplattform, energivisualisering



Figur 4: Exempel mjukvaruplattform, driftöversikt

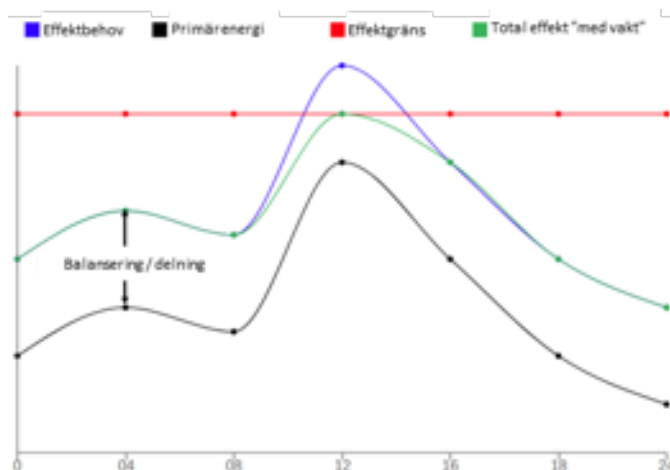
Exempel på utvecklingsarbete som bedrivits för att främja mjukvaruplattformens skalbarhet:

- Funktionalitet för att konfigurera decentraliserade anslutningsenheter via molnplattform för enkel integrering av sensordata. Enheterna är generiska och blir specifika genom att de hämtar sin konfiguration
- Upprättande av protokoll (API) för administration av enheter och för att hämta data samt styrning. API:er behövs för att olika program ska kunna prata med varandra.
- Upprättande av integrationsprotokoll (API) för att kunna använda data från externa system, som tex väderdata, samt för integration med interna system

Exempel på utvecklingsarbete som bedrivits för att skapa funktionalitet som optimerar systemet:

- Styralgorithm för övervakning och begränsning av eleffektuttaget baserat på realtidsavläsning av huvudmätare för elektricitet.
- Funktionalitet för att skapa processbilder och visa aktuella mätvärden och inställningar som ger bättre förståelse och överblick för driftpersonal och tekniska användare.
- Peer to peer simulering av marknadsplats, tex ett marknadsmässigt förhållande mellan två kunder eller att flera aktörer kopplas ihop på en marknadsplats.
- COP-optimerande funktion för systembalansering med kylvärmepump, med förbättrad beräkningsmässig precision och robusthet

Den ovan nämnda funktionaliteten för övervakning och begränsning av effektuttag beskrivs här mer i detalj. Eftersom decentraliserad värme- och kyla-produktion vanligtvis utgör en betydande del av en kunds totala elförbrukning kan höga effekttoppar leda till problem med kostnader. Funktionaliteten kan tillfälligt begränsa produktionsenheters elanvändning så att den totala belastningen för en transformatorstation och / eller elnätsabonnemang ligger inom en definierad gräns. Funktionsprincipen illustreras av diagrammet nedan där en annars obegränsad decentraliserad produktion skulle bidra till att den totala användningen (blå linje) överstiger en definierad gräns (röd linje). Genom att tillämpa funktionaliteten begränsas den totala användningen (grön linje) så att den håller sig under gränsen så länge som användningen utanför systemets kontroll (svart linje) inte i sig överskrider gränsen.



Figur 5: Begränsning av effektuttag

PILOTANLÄGGNINGAR

Inom sjukhusområdet sökte projektet byggnader med premisser för pilotanläggning. Exempel på sådana premisser var:

- Byggnader med kylbehov, befintlig kylutrustning som tex kyltorn, kylmaskiner, köldmediekylare, kylsplittar.
- Kylbehov av processkaraktär dvs kylbehov över hela året (tex på grund av värmealstrande utrustning med konstant behov av kylning)
- Utrymmen med lokalt eller eventuellt tillfälligt värmeöverskott (tex motionslokal, undercentral, värmealstrande utrustning, konferensanläggning med kylning, kök, köksmaskiner)
- Byggnader med behov av lågtempererad värme (tex golv-/markvärmesystem, poolvärme, lågtempererade hetvattenkretsar).
- Värmebehov sommartid (tex beredning och varmhållning av varmvatten, "processluft")
- Tillgängligt internt ledningsnät som kan utnyttjas för energibalansering, internt i byggnader eller mellan byggnader.
- Tillgängligt utrymme för nya ledningsstråk i kulvert och schakt.
- Möjlighet att öka elförbrukning för att försörja en värmepump.

Exempel på hypoteser som projektet ville undersöka var

- Möjlighet att reducerad fjärrvärmeanvändning i byggnader
- Minskat effektuttag, värme.
- Skapa redundans till existerande kylutrustning i utrymmen med känslig utrustning.
- Eventuella problem i nuvarande anläggning som kan byggas bort.
- Få kunskap om hur mycket överskottsvärme olika utrymmen genererar och hur denna värme kan återvinnas.
- Få kunskap om möjlighet att återvinna kondensorvärme vid avfuktning av tilluft för ex OP/Steril.
- Lära oss/ta fram en metodik för inventering av balanserings-, delningspotential.

Två byggnader, byggnad 46 och 96, valdes ut för installation av pilotanläggningar. Byggnaderna har väsentligt olika ålder, karaktär och användningsområde men ligger bredvid varandra, är förbundna med gångkulvert och är väl avgränsade från pågående och planerade ombyggnadsprojekt inom sjukhusområdet. Båda byggnaderna har värme och kylbehov. Båda byggnaderna har ett visst kylbehov även under vinter, höst och vår.

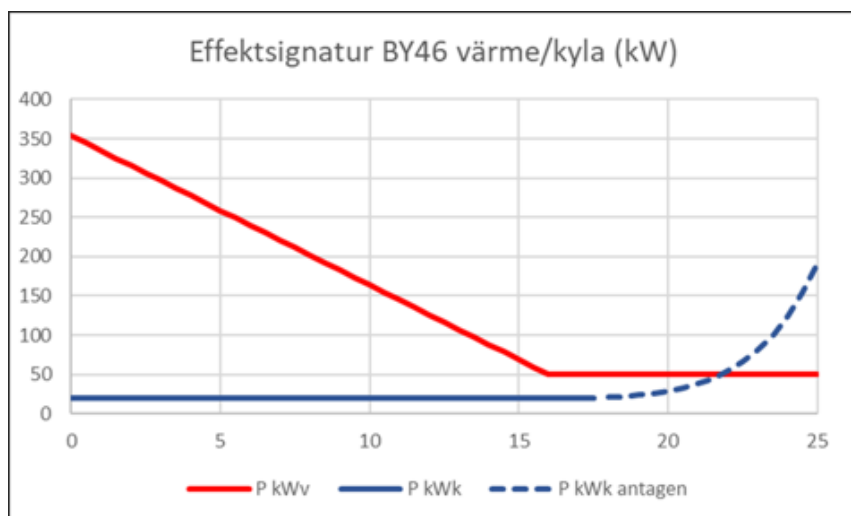
Byggnad 46

Byggnad 46 består av tre äldre byggnadskroppar, här benämnda "syd", "väst" och "norr" uppförda under -50 talet och -70/80 talet med en total yta om ca 15.000 m² (BRA). Byggnadskropparna har i "syd" sju respektive i "väst" åtta plan. Byggnadskroppen "norr" har ett plan. Byggnadskropparna är förbundna i källarplan men även via en mediekulvert mellan undercentralen i "norr" och byggnadskroppen, vårdlokalerna i syd.

Byggnaden utgörs främst av vårdlokaler (syd), kontorslokaler (väst) samt konferens och aula (norr).

Byggnaden är ansluten till fjärrvärmenät i Malmö och förbrukar årligen 1500-1700 MWh/år fjärrvärme för lokaluppvärmning samt beredning och varmhållning av tappvarmvatten. I källarplan på den södra byggnadskroppen finns en mindre rehabiliteringspool om ca 50m³, värmd till 33-34°C. I byggnaden finns ett antal spridda kylmaskiner dels i källarplan för processkyla (splitters i teknikutrymmen för UPS och forskningsfrysar) dels på två kylmaskiner i vindsplan, våning 7 och 8, för komfortkyla via kylbafflar och ventilationssystem. Kylanläggningarna är inte förbundna ledningsmässigt.

En effektsignatur för byggnadens värmeförbrukning indikerar ett genomsnittligt effektbehov om ca 350 kW vid 0°C samt ett basbehov om ca 50 kW sommartid, då utomhustemperaturen överskrider ca 17°C. Förbrukning/effekt av kylning uppskattades initialt utifrån installerade effekter på kylmaskiner och kylsplitters och där så fanns (KMSK väst), drifttimmar samt information om hur styrning sker av komfortkyla.

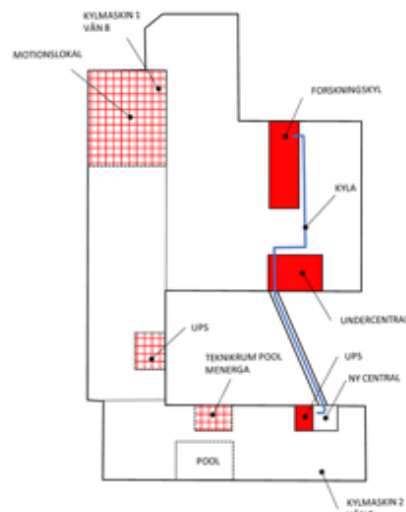


Figur 6: Effektsignatur byggnad 46, värme och kyla. Komfortkylans effekt är osäker

En initial kartläggning genomfördes. Kartläggningen skulle främst besvara:

- Installerade kyleffekter, process/komfort
- Övertempererade utrymmen
- Lämplig systemmässig avsättning för internbalanserad värme
- Möjligheter att förlägga nya ledningsstråk eller utnyttja befintlig infrastruktur
- Andra värden tex skapa redundans, behov av komfortkylning, kontroll av elkapacitet, kontroll av utrymmen.

	Volym (m ³)	Ti (före) (°C)	Befintlig kylning	Ansluten skede 1	Kylleverans (kW)	Ti efter (°C)
Forskningskyl	270	ca 27	Splitters, frikyla	Ja	10-12	18
Undercentral	150	28(s) - 32(v)	-	Ja	2-2,5	21
UPS	40	24	Splitter	Ja	0,7	16
Teknik pool	80	30	-	-	-	-
Menerga	20	25	-	-	-	-
UPS	40	24-25	"Pingvin (2 kW)"	-	-	-
Motionsrum	400	21v - 24s	Splitter/ny vent	-	-	-
KMSK syd vån 7	-	-	komfortkyla/OP	-	-	-
KMSK väst vån 8	-	-	Komfortkyla	-	-	-



Byggnad 46 källarplan. I skede 1 anslöts Forskningskyl, undercentral samt UPS-rum via ny kylledning till värmepump placerad i teknikutrymmet "Ny central". Inför skede 2 kan övervägas anslutning av Teknikrum pool / UPS väst samt anslutning av teknikutrymmen vån 7.

Tabellen redovisar bland annat rumstemperaturer före/efter anslutning till värmepumpen samt via det nya systemet mätta kylleverenser.

Figur 7: Kartläggning av kyla byggnad 46 samt den gemensamma anläggningens utbredning i "skede 1"

Anläggningsbeskrivning

Källarplan i byggnad 46 är trångt. Ledingsförläggning begränsas av att installationsutrymmen är fyllda eller olämpliga att passera, tex elcentral. Inom ramen för skede 1 beslutades att ansluta nåbar processlast samt utrymme med väsentlig spillvärme vilket ledde till att tre rum utrustades med totalt 8 st fläktluftkylare anslutna till en gemensam drygt 100m långt ledningsnät för kyla. Fläktluftkylarna "hämtar överskottsvärme" från de aktuella utrymmena.

För den äldre kylmaskinen i väst (komfortkyla) fanns viss driftdata. Maskinen hade historiskt haft mycket få gångtimmar per år (ca 40h) och låg elförbrukning. Maskinen är svår att nå ledningsmässigt. Kylmaskinen på taket av den södra byggnadskroppen är nyare men historisk driftdata saknades. Kylmaskinen startas då utomhustemperaturen överskrider ca 19°C och har en betydande installerad kyleffekt. Under Q3/4 2020 har mätning av maskinens elförbrukning skett. Denna var dock lägre än förväntat och har för helåret beräknats till ca 15MWh_{el} (uppskattningsvis 30-40 MWh komfortkyla) vilket ska beaktas om "skede 2" ska realiseras.

Av vikt var att ansluta kylrum för forskningsfrysar, här bedömdes processlasten störst. Utrymmet innehåller ett 20 tal större forskningsfrysar (-80°C) som genererar mycket överskottsvärme. Antalet frysar i utrymmet kom under projektets gång att utökas. Utrymmet har frikyla (uteluft) samt kylsplittrar/DX-kyla. Tanken var att låta befintlig kylutrustning verka som redundans till ny kylanläggning genom att inställt börvärde till dessa sätts över fläktluftkylarnas börvärde. Alternativt, om kylbehov finns kan båda anläggningsdelarna kyla.

Ledningsnätet passerade också byggnadens befintliga undercentral. Då denna är mycket varm, framförallt vintertid då rumstemperaturer över 34°C noterats, utrustades även detta utrymme med två stycken fläktluftskylare.

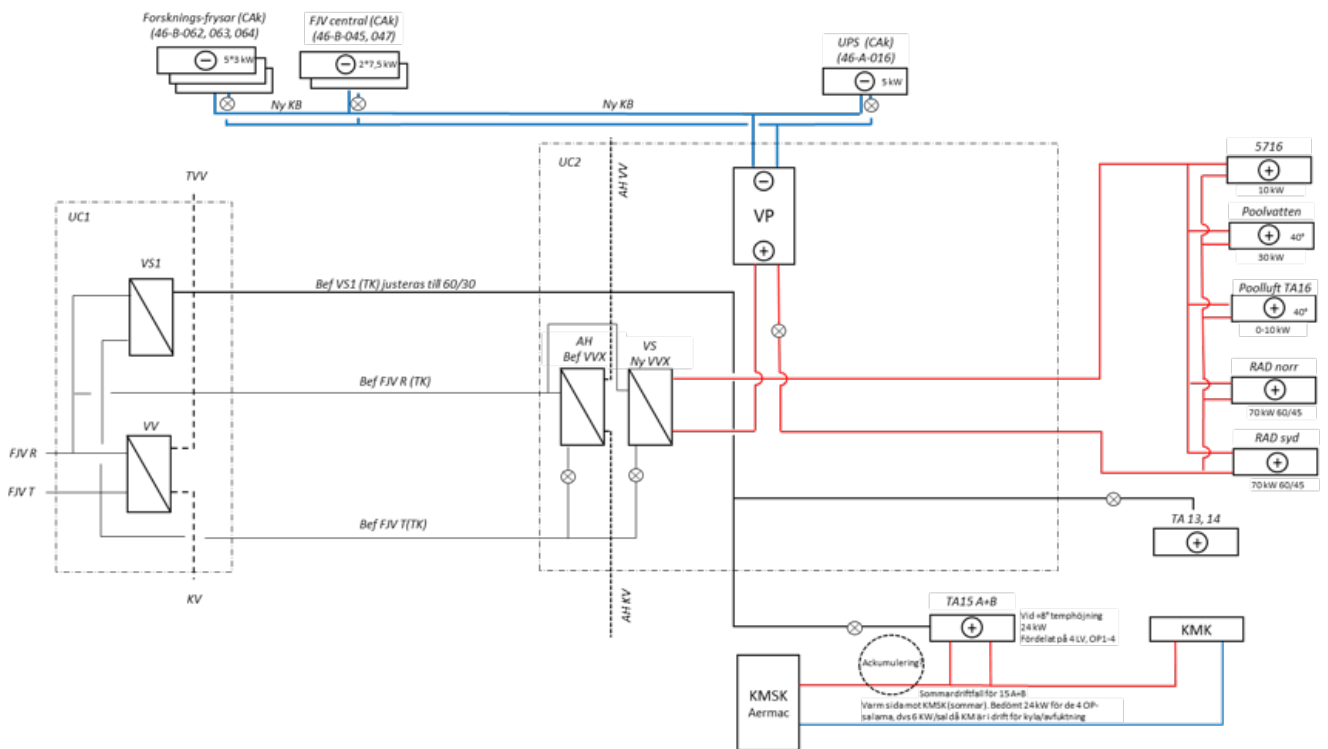
En ny värmecentral byggdes i den södra byggnaden i samband med installationen dels för att underhållsbehov fanns men också för att separera hetvatten- och radiatorkrets. Även den nya värmepumpen placerades i detta utrymme. Installerad värmepump är en standardprodukt med två kompressorsteg och en möjlig värmeleverans om 80-90 kW.

Slutligen anslöts teknikrum med UPS och tele till ledningsnätet för kyla. Utrymmet har kylsplitter men försågs med fläktluftkylare. Börvärde på befintlig anläggning höjdes och verkar som redundans.

Parallellt med arbetet har ett antal värmemängdsmätare installerats för att mäta energiflöden i systemen. Undermätning ger också möjlighet att separera värmeförbrukning till byggnad 46 södra del från byggnadens totala värmeförbrukning vilket underlättar bedömning av lämplig omfattning av "skede 2"

Värmepumpens varma sida levererar värme till en hetvattenkrets i den nya centralen som förutom två stycken radiatorkretsar (60/45) också innehåller två stycken luftbehandlingsaggregat samt poolvärme. Hetvattenkretsen får i första hand värme från värmepumpen och, om denna inte är tillräcklig, spetsvärme från fjärrvärme.

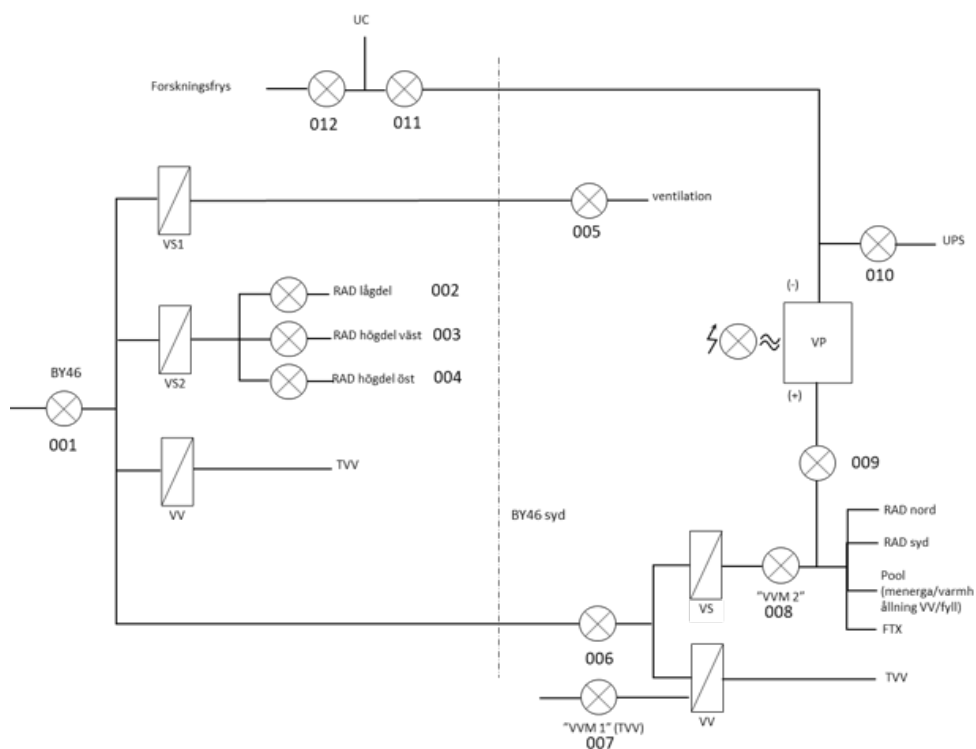
I skede 1 anslöts värmepumpen mot ett tämligen konstant kylbehov som bedömts inom intervallet 25-35 kW och ett årstidsberoende värmebehov som uppskattats till ca 30-40 kW sommartid och ytterligare 70-100 kW vid 0°C, mätdata saknades dock i detta läge.



Figur 8: Pilotanläggning i byggnad 46, värmepump samt varm respektive kall sida. Installationer i nedre högra hörnet KMSK/Aermac avser skede 2

Resultat

Covid-19 kom att påverka leveranstider för material och installation varför driftsättning och provdrift av anläggningar inleddes först i februari/mars 2021. Den hittills insamlad datamängden är därför begränsad och antaganden har gjorts av tex sommandriftfallet. Den nya centralen och de nya undermätarna medger att värmeförbrukningen till den södra byggnadskroppen kan mätas separerat från byggnad 46 som helhet. Värmemängdsmätningen är också separerad mellan den nya centralen och hetvattenkretsen, främst ventilation på plan 7. Mätningen på plan 7 kan ligga till grund för bedömning av åtgärder i "skede 2".



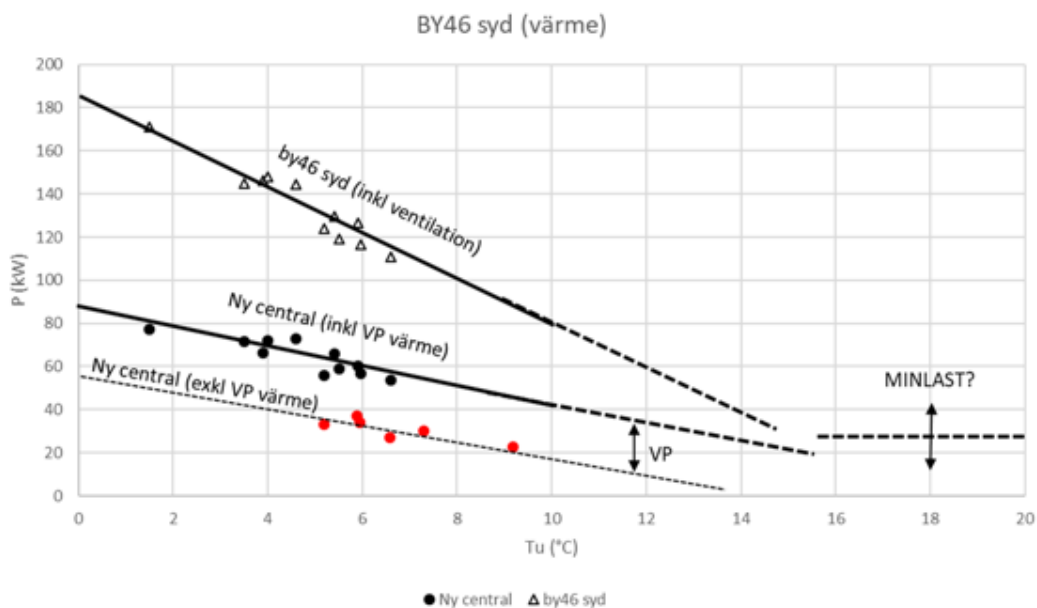
Figur 9: Ny mätarstruktur, separering av den södra byggnadskroppen

Funktionalitet och levererad energi vid utomhustemperaturer under 10°C har kunnat bedömas men sommar driftfallet, då avsättningsmöjligheten för värme i byggnaden är begränsad till rehabiliteringspool och avfuktningseftervärme återstår att göra.

Efter driftsättningsperiod har värmepumpen balanserats vid en värmeleverans om 20-25 kW. Värmeleveransen av fjärrvärme till "ny central" i byggnad 46 har reducerats med motsvarande effekt. Behovet av kyla på värmepumpens kalla sida begränsar i detta läge ytterligare värmeleverans. Den sammanlagda kylleveransen uppgår till ca 12 kW. Under korta testperioder har den sammanlagda kyleffekten uppgått till 18-20 kW och värmeleveransen till ca 35 kW, avkylningen i utrymmen på kall sida har dock då blivit för stor. Vilka rumstemperaturer som uppnås i kylda utrymmen samt vilken tillförd kyleffekt som tillförs dessa framgår av tabell, figur 7 ovan men typiskt kyler anläggningen utrymmena med ca $8-10^{\circ}\text{C}$ vid balansering.

Värmepumpen balanseras vid ca 12 kW kyla/22kW värme då utetemperaturer understiger ca 14°C , se figur 10. Anläggningens värmeeffektbehov sommartid kommer att avgöra lämplig balansering vid högre utomhustemperaturer. Mätdata saknas för detta men kan analyseras senare under våren och sommaren. Minlasten för den nya centralen har bedömts uppgå till ca 20 kW på de kretsar som är anslutna till VP varma sida. Här utgör uppvärmning av tilluft till operationsrum efter avfuktning, varmhållning av rehabiliteringspoolen samt ventilationen av poolrummet en väsentlig andel.

Effektbehov av kyla förväntas stiga något då utomhustemperaturen ökar, främst i utrymmet med forskningskylar då möjligheten att frikyla detta utrymme begränsas.



Figur 10: Mätdata och effektsignaturer (i princip baserat på veckomedelvärden) från byggnad 46 södra delen vårvintern 2021. Streckade linjer är osäkra

Baserat på den begränsade mätdata som nu finns tillgänglig för byggnadskroppen, "syd" har den totala värmeförbrukningen beräknats till 750-800 MWh/år. Av detta utgör hetvattenkretsen, som främst försörjer ventilation, ca 300-350 MWh/år. Förbrukare, anslutna till den nya centralen, dvs radiatorkretsar, poolvärme och ventilation beräknas ha en värmeförbrukning om ca 450 MWh/år. Baserat på testperioden beräknas den nu anslutna värmepumpen årligen leverera ca 200 MWh värme. Leveransen är internbalanserad mot en samtidig kylleverans om ca 100 MWh/år. Systemets elförbrukning, främst värmepump och fläktluftkylare uppgår till knappt 65 MWh/år vilket ger en systemmässig COP om ca 4,5. Drift av värmepumpen utgör merparten av elförbrukningen i systemet. El till övriga delar, främst fläktluftkylare utgör enstaka procent av systemets elförbrukning.

Värmepumpen kan årligen förväntas halvera energiförbrukningen för den nya centralen, sänka värmeförbrukningen för den södra byggnadskroppen med ca 25% och med byggnaden som helhet med ca 15%. Samtidigt genereras önskad kyla till de utrymmen som har kylbehov eller tydligt överskott av värme.

Ekonomi

Huvuddelen av investeringen, 60-65%, är relaterad till kostnader för lednings- och isoleringsmaterial samt arbetskostnad/montage av nya ledningar. Investeringar i maskinhårdvara, här värmepump och fläktluftskylare står endast för ca 15-20%. Resterande kostnader är främst relaterade till montage och anslutning (rör och el) av denna hårdvara. Det ska noteras att kostnader för att etablera nya ledningsstråk är höga, inte minst då om stråk är svårplacerade och utrymmen trånga. Värdet av ytterligare anslutning av teknikutrymmen ska ställas i relation till det. Andra investeringar som Region Skåne gjorde i "ny central", främst byte av äldre värmeväxlare, ingår inte i beräkningen då installationen av värmepumpen inte förutsatte det. Bytet var av underhållskaraktär.

Installationens ROI (Return Of Investments) uppgår till 7-8 år om enbart den reducerade värmeförbrukningen beaktas. Beträktelsen bygger på att den el som tidigare nyttjas till lokala kylanläggningar och den el som värmepump och nya installationer utnyttjar är i paritet. Äldre kylinstallationer verkar som redundans.

Om avstånd mellan utrymmen varit kortare, ledningssträckan i projektet uppgick till ca 100m och var tydligt kostnadsdrivande, så hade ROI förbättrats väsentligt. Att nå återbetalningstider på 3-4 år känns rimligt om förutsättningar är goda eller i samband med nyproduktion om hänsyn tas till samförläggning av teknikutrymmen. Noterbart är att om offererad installationskostnad hade hållits så hade ROI för anläggningen snarare varit i häraden 4-5 år istället för som nu 7-8 år.

Slutsatser, erfarenheter installation och drift

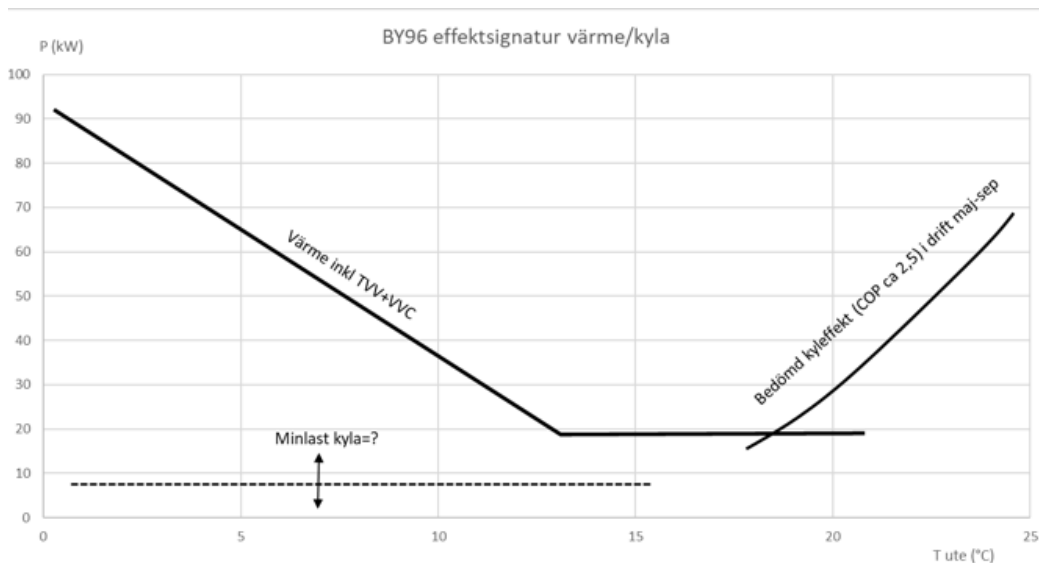
1. Projektet överskattade effektbehov av kyla i varma utrymmen. Märkeffekter på den befintliga kylutrustningen är i överkant. Det är möjligt att även effektbehov av värme sommartid är överskattat. Projektet har ännu inte någon data kring effektbehov vid högre utomhustemperaturer även om "baslasten" uppskattats.
2. De överskattade effektbehoven medförde att värmepumpen överdimensionerats, kanske med en faktor 3, vilket påverkat investeringen. En del av överdimensioneringen är dock kopplat till eventuell vidareutbyggnad av anläggningen i "skede 2"
3. Den hetvattenkrets som värmepumpen försörjer har låg temperatur. Under en stor del av året räcker det om värmepumpen värmer till ca 40-45° vilket ger goda förutsättning för bra verkningsgrad, högt COP.
4. Förläggning av ledningsmaterial är en väsentlig kostnadspost som kraftigt påverkar lönsamhet i projektet.
5. Effektmässig reglerbarhet av värmepumpens varma och kalla sida är väsentlig. Möjlig avsättning för kyla styr under uppvärmningssäsong, avsättning för värme under sommaren. Finns "extern" avsättningsmöjlighet, tex via yttre ledningsnät minskar denna betydelse. Integrering av värmepumpens styrning mot fastighetens överordnade styrsystem (BMS) eller annat överordnat externt styrsystem återstår för detta projekt.
6. Anläggningen är bygd av standardprodukter vilket har fungerat. Möjligheten att enkelt, beroende på gränssättande behov, kunna styra värmepumpen antingen mot kyl- och värmeeffekt är väsentlig.
7. Efter sommaren 2021 skulle värdet av kompletterande utbyggnad, "skede 2" kunna fastställas.
8. Värdet av installerad mätutrustning kan inte underskattas för den fortsatta förståelsen.

Byggnad 96

Objektet består av en nyare vårdbyggnad uppförd 2015-2016 innehållande 5 plan om totalt ca 7700 m² BTA med i huvudsak medicinska vårdplatser. På det översta planet finns fläktrum och kylmaskin för i huvudsak komfortkyla ansluten till samtliga ventilationsaggregat i byggnaden samt ett antal fläktluftkylare i källarens teknikutrymmen. Kylmaskinen är i drift under maj-september. Byggnaden förbrukar ca 400 MWh fjärrvärme för uppvärmning och tappvarmvatten samt ca 75 MWh_{el} till kylmaskinen, vilket beräknas leverera ca 150-200 MWh kyla varav merparten utgör komfortkyla via ventilation.

I källare återfinns diverse utrymmen för service, personal och teknik. Många av de tekniska utrymmena är utrustade med fläktluftkylare som är anslutna till kylmaskinen på tak. De tekniska utrymmena har konstant värmeöverskott, vilket leder till övertemperatur och driftproblem under de delar av året då kylmaskinen för komfortkyla är ur drift.

Utifrån befintlig mätdata för fjärrvärme och kylmaskinens elförbrukning (COP antaget till 2,5) kan effektsignaturer beräknas för byggnaden. Kylmaskinen är endast i drift sommartid varför kylbehov i teknikutrymmen antogs. Beredning av tappvarmvatten har beräknats till ca 7 kW utifrån kallvattenförbrukning. VVC-systemet i byggnaden är stort och delvis oisolerad (rör i rör) varför värmeförlusten i denna antogs hög, 15-20 kWh/m², år, vilket skulle ge ett "konstant" effektbehov för varmhållning av VVC om 13-18 kW.



Figur 11: Beräknade och antagna effektsignaturer för värme och kyla i byggnad 69

Primärt beslutades att i första hand försöka balansera det konstanta kylbehovet i teknikutrymmen mot VVC. Problemet med att förhållandevis stor andel av energi för uppvärmning avges via VVC i moderna byggnader är känt. Det uppfattades intressant att i första hand försöka internbalansera denna mot den kyla som kan hämtas i närliggande teknikutrymmen. Byggnaden har ett tydligt kylbehov under sommarhalvåret. Tiden som kylmaskinen är i drift är dock begränsad och behovet av värme är begränsat internt. Om externt värmebehov finns kan det vara intressant att utnyttja den överskottsvärme som anläggningen kan ge.

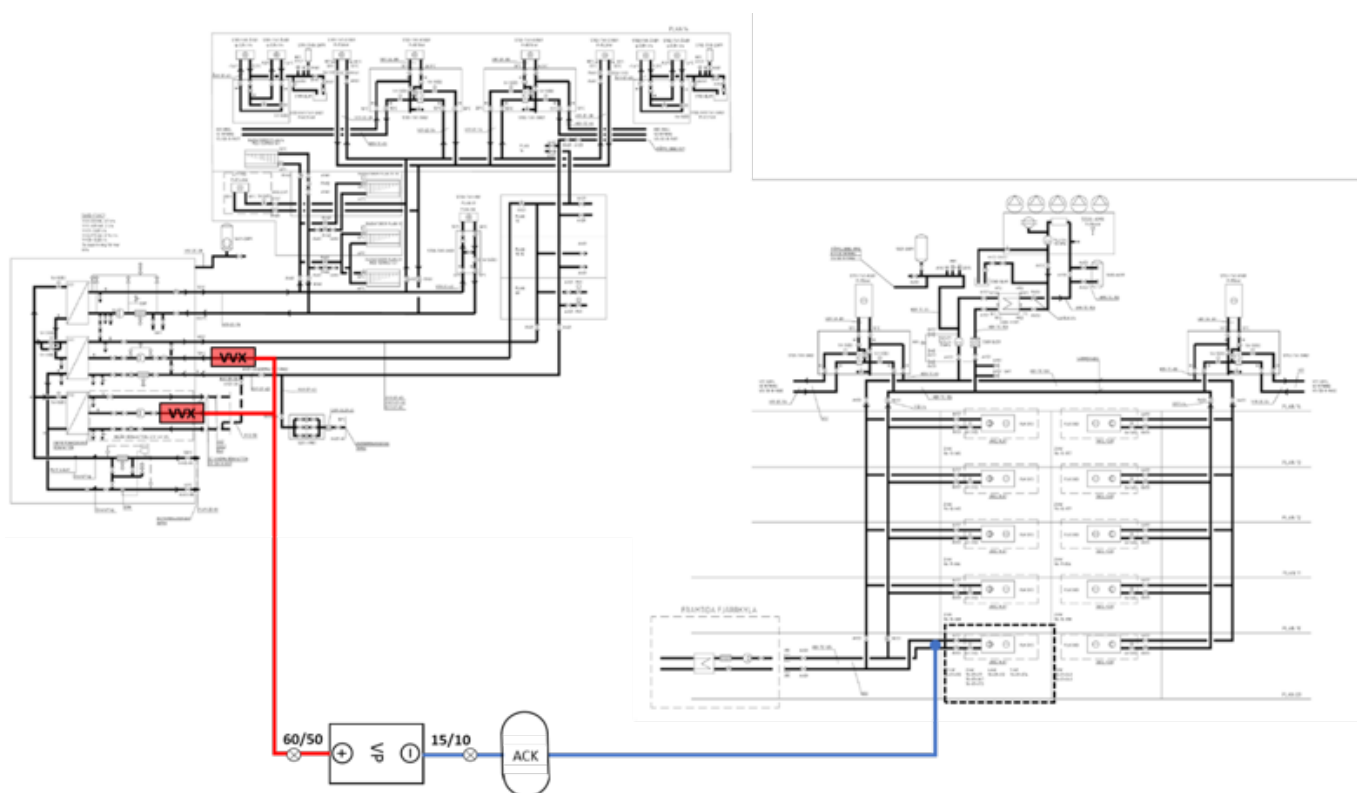
Då stora delar av befintlig installation kunde nyttjas var investeringen i offererad installation begränsad. Hur mycket av VVC som kunde balanseras av "processkylan" var beroende på det verkliga effektbehovet av kyla i teknikutrymmen men baserat på en rimlig andel av den installerade kyleffekten kunde ROI för installationen bedömas bli 3-4 år.

Anläggningsbeskrivning

Kall sida: Befintligt ledningsnät för kyla med monterade apparater/fläktluftkylare fanns tillgängliga. Utrustningen betjänar teknikutrymmena i källare såsom UPS, elcentral, IT/telerum samt vattenreningsrum sommartid, den installerade kyleffekten uppgår till ca 15 kW, det verkliga behovet var obekant. Ledningsnätet för kyla var även förlagt till befintlig undercentral då byggnaden är förberedd för fjärrkyla. Befintlig anläggning kompletterades med kortare rörförläggning samt en ackumulator/bufferttank (ca 1000l).

Varm sida: Nytt ledningsnät med nya VVX på husets bäge VVC-kretsar för att lämna värme från värmepumpen.

Ny värmepump (ca 40kW) placerades i befintlig fjärrvärmecentral. Värmepumpens kalla sida anslöts mot ackumulator/bufferttank medan den varma sidan anslöts mot nya VVX som monterats på befintliga VVC ledningar före fjärrvärme-VVX.



Figur 12: Principskiss av installationen i byggnad 96

Slutsatser, erfarenheter av installation och drift

Då anläggningen driftsattes kunde det konstateras att volymen mellan värmepump och VVX på varm sida var på tok för liten för den aktuella värmepumpen. Värmepumpen hade svårt att reglera mot den mycket lilla volymen vilket indikerar behov av ackumulering/beredning även på den varma sidan. Värmepumpen gick i mycket korta cykler och för att inte riskera maskinen avbröts test.

Parallellt med detta genomfördes testdrift i byggnad 46 och det kunde där konstateras att kylbehov på kall sida var betydligt lägre än förväntat. De erfarenheterna talar för att det verkliga effektbehovet för att kyla ner teknikrummen snarare uppgår till 3-4 kW jämfört med installerade ca 15 kW. Beräkningsmässigt innebär det att ca 6-8 kW av VVC kan försörjas via värmepumpens varma sida vilket fördubblar ROI till uppskattningsvis 7-8 år. Även för denna anläggning kunde dock den offererade investeringen inte hållas vilket påverkat ROI negativt.

Region Skåne står inför valet att investera i en beredningsmöjlighet i byggnad 96, alternativt frigöra värmepumpen och ackumulatören till annan byggnad där värmepumpen, som även i detta fall är överdimensionerad, kan göra bättre nytta.

DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Erfarenheter och skalningsmöjligheter

Finns förutsättningar kan balansering inom en byggnad vara en metod att minska byggnadens totala energianvändning och i viss mån även dess effektbehov. Elförbrukning till lokala spridda kylanläggningar kan som alternativ nyttjas för drift av en värmepump som samtidigt som den genererar önskad kyla även kan tillvarata och leverera värme till byggnaden eller närliggande byggnader. I en befintlig byggnad kan balansering komplettera befintlig kylanläggning och utgöra redundans till denna vilket kan vara nog så väsentligt i sjukhusbyggnader.

Moderna, välisolerade byggnader har ett ökat kylbehov. Att tillvarata den överskottsvärme som kylningen kan generera internt, att dela den med intilliggande kanske äldre byggnader eller mot ett externt nät kan vara en del av ett mer hållbart resursutnyttjande. Miljövinster av en balanseringsanläggning ska främst ses som energibesparing kopplat till lokala miljöparametrar för värme-och eventuellt kylproduktion samt inköp av el.

Att på förhand fastställa kylbehov, tillgång till spillvärme i olika utrymmen, var problematiskt och medförde i projektet att delar av anläggningen överdimensionerades. Mätning av lokala kylanläggningars faktiska drifttid samtidigt som installerad kylutrustnings märkeffekt för kyla ifrågasätts kan bättre svara på verkligt kylbehov/spillvärmertilgång.

Då byggnation av ledningsnät är klart kostnadsdrivande för anläggningen ökar den ekonomiska risken om spillvärmertilgång i enskilda utrymmen överskattas, speciellt om utrymmena är spridda i anläggningen och i synnerhet mellan olika våningsplan. Samgruppering av utrymmen med kylbehov, kylanläggningar eller annan form av spillvärme redan på planeringsstadiet av en byggnad kan skapa förutsättningar för balansering. Lågtempererad värmekretsar med förbrukning även under den varma årstiden, tex poolvärme är av speciellt intresse vid balansering.

Om kalkylens återbetalningstid bygger på spillvärme från värmealstrande apparater ska det säkerställas att dessa är tänkta att vara kvar i utrymmet under längre tid. Modernisering av utrustning, tex UPS leder ofta till minskad värmealstring och minskat kylbehov.

Anläggningen behöver inte vara speciellt utrymmeskrävande men särskild hänsyn får tas till möjlig förläggning av tillkommande ledningsstråk och placering av ackumulatörer.

Standardprodukter kan användas men vikten av att enkelt kunna styra effekt på både kall och varm sida betonas. Anläggningen kan ha behov av integrering mot befintlig anläggnings styrsystem och eventuell extern parts styr- och övervakningssystem. Ska energi delas med extern part/partier (delningsekonomi) behöver anläggningen utrustas med teknik/system för delning.

Internbalansering sänker primärenergianvändningen till byggnaden och kan ha betydelse för byggnadens miljöcertifieringsnivå och möjlighet att förbättra dess energiprestanda. Inför projekt som avser balansering och delning mellan byggnader inom samma fastighet, mellan angränsande fastigheter med samma fastighetsägare eller mellan fastigheter med olika fastighetsägare behöver konsekvenser av rådande regelverk och certifieringssystem kontrolleras. Energileverantören kan vara en viktig aktör för att realisera delning legalt / systemansvar.

Balansering inom en byggnad kan vara en god och hållbar investering och kan bidra till att sänka byggnadens energiförbrukning. Även befintliga komplexa byggnader inom sjukhusområden med samtidigt värme- och kylbehov kan ha rätt förutsättningar för balansering, metoden är skalbar.

Lämpligen kan byggnadsbeståndet inventeras utifrån möjlighet att i första hand internt balansera samtidigt värme och kylbehov. Extra intressant är kylbehov under uppvärmningssäsong och avsättningsmöjlighet för värme under den varma årstiden. Främst är etablering av isolerat ledningsnät kostnadsdrivande, låga temperaturer på varm sida är eftersträvävärt. Ett flertal installationer kan handlas upp samlat av en för installationen och dess komponenter väl förtrogen installatör som tar ett helhetsansvar. Mätutrustning för verifiering och erfarenhetsåterkoppling bör komplettera installationen.

Byggnader med större kylbehov kan utgöra en lokal spillvärmeproducent till närliggande byggnader eller teknisk infrastruktur under hela eller delar av året. De möjligheter till delning av energi som en sådan byggnad kan ge till omgivande bebyggelse eller inom en stadsdel bör betraktas redan på byggnadens planeringsstadium.



FUTURESURSER
ENERGI