



Linnéuniversitetet

Kalmar Växjö

Examensarbete i Byggteknik

Energikartläggning inom kvarteret Körsbäret i Växjö

Energy mapping in block Körsbäret in Växjö



Författare: Filip Erixon, Viktor Svensson

Handledare: Leif Gustavsson

Examinator: Åsa Bolmsvik

Handledare, företag: Tony Timm InPro
Installationsconsult AB

Datum: 2014-06-02

Kurskod: 2BY03E, 15 hp

Ämne: Byggteknik

Nivå: Högskoleingenjör

Institutionen för Byggteknik

Sammanfattning

Befolkningen ökar och levnadsstandarden förbättras därmed ökar behovet av energitjänster. I Sverige står bebyggelse för ungefär 40 procent av den faktiska energianvändningen.

Sveriges regering satte år 1999 upp framtida mål för energianvändningen. För bostäder och lokaler ska energianvändningen minskas med 20 procent till år 2020 och med 50 procent till år 2050 med referensåret 1995.

I Sverige under 1950-och 1960-talet rådde akut bostadsbrist, därför togs beslutet att en miljon bostäder skulle produceras. De bostäderna är nu runt fyrtio år gamla och i behov av renovering. Endast en tiondel av bostäderna har blivit renoverade och då låg inte fokus på energianvändningen.

Inpro Installationsconsult AB var intresserade av en energikartläggning över kvarteret Körsbäret. Kvarteret Körsbäret gick igenom en renovering av uppvärmning-och vattensystemen år 2013. Detta innebar att det installerades ett vertikalt varmvattencirkulationssystem istället för det gamla horisontella i källarplan. Huvudinriktning på studien lades på varmvattencirkulation. Huvudmålet med studien är att se på skillnader i värmeförluster för de olika systemen samt hur vattenförbrukningen varierar. Ute i systemet finns mätpunkter för att kunna undersöka fjärrvärme, el, vatten- och varmvattenförbrukningen. Då mätvärdena som framkom var bristfälliga övergick studien till att endast undersöka varmvattencirkulationen och då endast teoretiskt.

Syftet med studien blev att kartlägga hur värmeförlusterna och vattenförbrukningen varierar för det horisontella kontra det vertikala vvc-systemet. En förenklad beräkning över vattenförbrukningen togs fram för tappstället längst bort från undercentralen i huset. Med hjälp av programmen Isodim och Paroc Calculus beräknades värmeförluster per meter rör och på respektive system. Eftersom det inte fanns några kompletta mätvärden att bygga studien på gjordes en del förenklingar av problemen.

Resultatet av studien tyder på att man sparar vatten genom det vertikala vvc-systemet men att systemet har högre värmeförluster och större elanvändning jämfört med det horisontella systemet.

Summary

The population increases and living standards improved thereby increasing the need for energy services. In Sweden the building stands for about 40 percent of the actual energy consumption.

The Swedish government put up future targets for energy use in Sweden in the year 1999. Residential and commercial buildings will reduce energy use with 20 percent by 2020 and with 50 percent by 2050 with reference year 1995.

In the 1950s and 1960s in Sweden there was an urgent shortage of housing, therefore it was decided that one million homes would be produced. Those homes are now around forty years old and in need of renovation. Only a tenth of the homes have been renovated and focus was not on energy consumption.

Inpro Installationsconsult AB was interested in an energy mapping of the block Körsbäret. Körsbäret went through a renovation of the heating and water systems in 2013. This meant it was installed a vertical circulating hot water system instead of the old horizontal system in the basement. Main focus of the study was put on the hot water circulation system. The main objective of the study is to look at differences in heat loss for the various systems and how water use varies. Out in the system there are data points to examine district heating, electricity, water and hot water that are used in the project. When the readings that emerged were incomplete the study changed to examine only the hot water circulation and only theoretically.

The idea behind the study was instead to try to map how heat loss and water consumption looks for the horizontal versus the vertical water circulation system. Simplified calculations of water were produced for the worst of the tap in the house. Using computational programs Isodim and Paroc Calculus for calculate heat loss per meter of pipe and on the respective systems. Since there were no complete measurements of building the study made some simplifications of the problems.

The results we came to suggest are that it saves water with the vertical vvc-system, but the system has higher heat loss and greater use of electricity compared to the horizontal system.

Abstract

I studien jämförs värmeförluster och vattenförbrukning mellan ett horisontellt och ett vertikalt varmvattencirkulationssystem (vvc-system).

I studien ges även ett förslag på hur en energikartläggning kan utföras med hjälp av mätning.

Resultatet tyder på att man sparar vatten genom ett vertikal vvc men att systemet har högre värmeförluster och elanvändning än ett horisontellt system.

Nyckelord: Varmvattencirkulationssystem (vvc), energikartläggning, mätpunkter, värmeförluster, vattenvolym, temperaturminskning.

Förord

Som sista del i vår utbildning till högskoleingenjörer i byggnadsteknik på Linnéuniversitetet i Växjö genomförs ett examensarbete på 15 högskolepoäng. Studien har utförts i samarbete med Inpro Installationsconsult AB och Växjöhem AB. Studien avsåg att få underlag för en energikartläggning på kvarteret Körsbäret, och att undersöka energianvändningen i ett modernt varmvattencirkulationssystem jämfört med ett äldre system.

Studien har gett oss en djupare kunskap inom VVS och framförallt varmvattencirkulation. Vi har under arbetets gång försökt att ta in och lära oss så mycket som möjligt. Vi hoppas att arbetet kan vara till god hjälp kring energianvändning av varmvattencirkulationssystem.

Under arbetets gång uppkom en hel del frågor och problem. Då problem uppstod fick vi hjälp av ett antal personer. Personerna som vi speciellt vill tacka är följande:

Först vill vi tacka Tony Timm på Inpro Installationsconsult AB för att ha bidragit med sin långa erfarenhet inom VVS samt teknisk kunskap kring hur systemen fungerar och hur vi skulle kunna räkna på problemet.

Vi vill tacka Växjöbostäder AB och våra två kontaktpersoner Rodrigo Fuentes och Anders Jansson som bidragit med rundvandring på området och mätvärden till vår studie.

Till sist riktar vi ett tack till vår handledare på Linnéuniversitetet Leif Gustavsson som bidragit med kunnande kring upplägget av rapporten samt bidragit med sin erfarenhet kring de tekniska aspekterna.

Växjö

2014-06-02

Filip Erixon

Viktor Svensson

Innehållsförteckning

1. Introduktion	1
1.1 Bakgrund	1
1.2 Syfte och mål	2
1.3 Avgränsningar	2
1.4 Tidsram	3
1.5 Problemformulering	3
2. Teori	4
2.1 Fysikaliska grunder för värmetransport	4
2.1.1 Värmeledning	4
2.1.2 Strålning	4
2.1.3 Konvektion	5
2.1.4 Vattnets värmekapacitet	5
2.2 Byggnadens mekaniska system och dess delar	5
2.2.1 Fjärrvärme	5
2.2.2 FT- och FTX-system	6
2.2.3 Fjärrvärmecentral	7
2.2.4 Värmeväxlare	7
2.2.5 Varmvattencirkulation, VVC	9
2.2.6 Fläktar	9
2.3 Vattenkrav och temperaturvariation	10
2.3.1 Kallvattentemperatur	10
2.3.2 Varmvattentemperatur	11
2.3.3 Rör och isolering av rör	11
2.4 Byggnadens energibehov	12
3. Metodologi	14
3.1 Forskningsmetoder	14
3.1.1 Kvalitativ metod	14
3.1.2 Kvantitativ metod	14
3.1.3 Validitet och Reliabilitet	14
3.1.4 Urval	15
3.1.5 Studiens forskningsmetoder	15
3.2 Undersökningsmetod	15
3.2.1 Fallstudie	15
3.2.2 Generaliserbarhet	15

3.2.2 Observation.....	15
3.2.3 Studiens undersökningsmetod.....	16
3.3 Datainsamlingsmetod.....	16
3.3.1 Primär- och sekundärdata	16
3.3.2 Insamlad data.....	16
4. Genomförande.....	17
4.1 Platsbesök	17
4.2 Beskrivning av anläggningen.....	17
4.2.1 Fjärrvärmecentral på kvarteret Körsbäret.....	17
4.2.2 Vvc-systemet.....	17
4.2.3 FTX-systemet.....	18
4.3 Beräknad energikartläggning innan ombyggnation	18
4.4 Plan för beräkningsgång av energikartläggning.....	18
4.4.1 Mätpunkter för energiberäkning.....	18
4.4.2 Mätpunkter på Sandviksvägen	19
4.4.3 Teoretisk beräkning av mätpunkter och energikartläggning.....	20
4.4.4 Mätdatainsamling för energikartläggning.....	21
4.5 Beräkningsgång av värmeförluster i tappvarmvattensystem med vertikal kontra horisontell varmvattencirkulation	21
4.5.1 Beräkningsgång av värmeförluster i tappvarmvattensystemet vid horisontell varmvattencirkulation.....	22
4.5.2 Beräkningsgång av värmeförluster i tappvarmvattensystemet vid vertikal varmvattencirkulation.....	25
5. Resultat och analys	27
5.1 Beräkning av vattenvolym.....	27
5.2 Beräkning av utspolad vattenvolym och tid för spolning i horisontella tappvarmvattensystemet.....	27
5.3 Beräkning av utspolad vattenvolym och tid för spolning i det vertikala varmvattencirkulationssystemet	27
5.4 Beräkning av värmeförluster i det horisontella varmvattencirkulationssystemet.....	28
5.5 Beräkning av värmeförluster i det vertikala varmvattencirkulationssystemet.....	29
5.6 Jämförelse mellan vertikalt och horisontellt vvc-system.....	30
6. Diskussion och slutsatser	31
6.1 Diskussion värmeförluster vvc-system	31
6.2 Slutsatser	32
7. Referenser	33
7.1 Figur referenser	34

7.2 Datorprogram	35
8. Bilagor	36
8.1 Bilagsföreteckning	36

1. Introduktion

Befolkningen ökar och levnadsstandarder förbättras och därmed ökar behovet av energitjänster. Samtidigt står samhället inför nya utmaningar gällande energianvändningen i byggnader (Boverket 2014). I Sverige står bebyggelse för ungefär 40 procent av den faktiska energianvändningen. Om energianvändningen inom bebyggelse kan effektiviseras medför det en stor miljöbesparing (Dodoo et al. 2011a).

Förbättrad energieffektivitet i byggnader är en viktig del av klimat- och energipolitiken i Sverige och EU. EU kräver att medlemsländerna tillämpar minimikrav på energieffektivitet för nybyggnationer och för renoveringar av äldre byggnader (Gustavsson et al. 2011).

År 1999 satte Sveriges regering upp framtida mål för energianvändningen. För bostäder och lokaler ska energianvändningen minskas med 20 procent till år 2020 och med 50 procent till år 2050 med referensåret 1995 (Dodoo et al. 2011b). Fastighetsägare försöker hålla ner driftkostnaderna för fastigheterna, och hitta nya och mer energieffektiva sätt för uppvärmning, ventilation och luftkonditionering (Maripuu 2009).

I Sverige under 1950 och 1960-talet rådde det akut bostadsbrist. För att lösa denna kris togs beslutet att en miljon bostäder skulle produceras. Framför allt i det så kallade miljonprogrammet 1965-74. När det byggdes som mest uppfördes 110,000 bostäder per år. Dessa bostäder är nu runt fyrtio år gamla. Installationer, tak och fasader börjar bli utnötta och det börjar bli hög tid för en upprustning. Endast en tiondel av beståndet har blivit ombyggt, och i de genomförda renoveringarna har insatserna för att minska energianvändningen inte varit i fokus (Hall 1990, 5-6).

1.1 Bakgrund

InPro Installationsconsult AB stod för underlaget vid renovering av fyra flerbostadshus på kvarteret Körsbäret i Växjö *se Figur 1*. Projektet genomfördes av Hyresbostäder AB numera Växjöbostäder AB. Renoveringen blev klar i början av 2013. Renoveringen innebar nya kulvertledningar för värme, varmvatten och varmvattencirkulation mellan de fyra befintliga byggnaderna, samt renovering av varmvattencirkulationssystemet (vvc). I respektive byggnad har ventilationssystemet gjorts om till ett FTX-system med nya luftbehandlingsaggregat i nya fläktrum på taken. I FTX-system används den varma frånluften till att värma upp den kalla tilluften, detta för att minska uppvärmningskostnader. Nyberg, Waldén (2013) skriver att värmebehovet sänks betydligt när ett FTX-system installeras i en byggnad. InPro Installationsconsult AB är intresserat av hur energianvändningen för uppvärmningen, fördelas på radiatorsystem och ventilationssystem. Företaget vill även veta vattenförbrukningen och energianvändning i ett förändrat vvc-systemet, från enbart ett horisontellt system till ett system med en vertikal varmvattenslinga som cirkulerar varmvattnet för att varmvatten hela tiden ska finnas tillgängligt.



Figur 1. Översiktsplan, kvarteret körsbäret, Sandviksvägen 32-38 (Google Earth 2014)

1.2 Syfte och mål

Syftet med studien är att genomföra en energikartläggning av energianvändningen för uppvärmning och drift av fastigheterna på Sandviksvägen 32-38, fördelat på radiatorsystemet och ventilationssystemet. Syftet är även att få fram värmeförlusterna och vattenförbrukningen för två olika vvc-system.

Målet med studien är att ta fram ett underlag för hur mycket av den totala energianvändningen som går åt för uppvärmning drift av radiatorsystemet och ventilationssystemet, samt för tappvarmvattenförbrukningen och värmeförluster i vvc-systemet. Studien ska kunna användas som riktmärke för ombyggnation för liknande bostadsområden vid framtida renoveringar.

1.3 Avgränsningar

Studien avgränsas till att enbart undersöka de fyra flerbostadshusen med totalt 87 lägenheter på kvarteret Körsbäret i Växjö. Ingen hänsyn tas till bostädernas storlek, hyresgästens ålder eller hur många som bor i varje lägenhet. Mätvärden analyseras månadsvis för år 2013 för att kunna visa på energianvändningens årliga variation.

Studien begränsas enligt följande punkter för beräkning av värmeförluster i tappvarmvattensystemet vid det horisontella kontra vertikala varmvattencirkulationssystem.

- Att enbart beräkna för en lägenhet. Den lägenhet som ligger längst bort från varmvattencirkulationen.
- Att förenkla tappningstillfällena till två gånger per dygn. Klockan 07.00 och 19.00. Vid dessa tidpunkter tappas vattnet konstant i en timme.
- Att inte ta med rören inne i lägenheten på grund av att de är likadana för båda fallen.
- Att inte ta med rören som finns i källarplan då de värmeförlusterna anses vara lika stora för båda fallen.
- Att anta att inomhus temperaturen är 20 °C året om.
- Ingen hänsyn har tagits till att delar av varmvattenrörens värmeförluster kan bidra till uppvärmning av byggnader

1.4 Tidsram

Studien utförs våren 2014 under veckorna 13-21 på Linnéuniversitetet i Växjö. Under tidsperioden utförs arbetet på helfart (100 %).

1.5 Problemformulering

Hur kan en energikartläggning över uppvärmning, varmvatten och tappkallvatten av de fyra husen utföras med hjälp av mätning?

Hur ser energianvändningen och tappvarmvattenförbrukningen ut med horisontellt kontra vertikalt varmvattencirkulationssystem?

2. Teori

Teoriavsnittet behandlar de olika teorierna och data som är relevanta för att genomföra energikartläggning.

2.1 Fysikaliska grunder för värmetransport

Enligt Sandin (2010, 24) orsakar temperaturskillnader alltid en utjämnande energitransport vilket leder till att temperaturskillnaderna utjämnas. Värmetransport sker genom ledning, strålning och konvektion men värme kan även överföras genom fukttransport. Vid beräkning eller praktiska tillämpningar gör man ingen skillnad mellan de olika transportmekanismerna. När det gäller värmeledning i ett material avses normalt att den innehåller alla tre värmetransporterna.

2.1.1 Värmeledning

Värmeledning inträffar i fast, flytande eller gasform. Detta sker genom partiklarnas rörelseenergi. Alvarez (2006, 360) skriver att partiklar som har en högre temperatur har en större rörelseenergi, vilket sedan överförs till närliggande partiklar som har mindre rörelseenergi på grund av sin lägre temperatur.

Den grundläggande formeln man använder vid beräkning av värmeledning togs fram av Fourier 1822 (Sandin 2010, 24).

$$q = -\lambda * \frac{dT}{dx} \quad (1)$$

Där q är värmeflödet (W/m^2) och λ är värmekonduktivitet (W/mK) och $\frac{dT}{dx}$ är temperaturgradienten (K/m).

2.1.2 Strålning

Alla kroppar avger termisk strålning (Sandin 2010, 25). Strålningen i detta fall är elektromagnetisk energistrålning. Om all strålning absorberas av en kropp kallas detta för en svart kropp. Det finns ingen verklig yta som är helt svart men många ytor beter sig på samma sätt som en svart kropp. Detta leder till att man kan använda sig av de lagar som gäller för en svart kropp eftersom de är relativt enkla.

$$q_s = \sigma_s * T^4 \quad (2)$$

Där q_s (W/m^2) är intensiteten hos den angivna strålningen hos en svart kropp och σ_s är Boltzmanns konstant som är $5,7*10^{-8}$ (W/m^2K^4) och där T är kroppens temperatur (K).

Enligt Sandin (2010, 25) kan strålningen delas in i kortvågig strålning och långvågig strålning. Den kortvågiga strålningen är solstrålning som har en hög temperatur. Långvågig strålning är värmestrålning mellan ytor med en normal temperatur ($20\text{ }^\circ C$). Värmeöverföringskoefficient på grund av strålning beräknas enligt.

$$\alpha_s = 4 * \epsilon_{12} * \sigma_s * T_m^3 \quad (3)$$

α_s (W/m²K) är värmeöverföringskoefficienten och ε_{12} är emittansen och σ_s är Boltzmanns konstant som är $5,7 \cdot 10^{-8}$ (W/m²K⁴), T_m är medelvärdet av de olika ytornas temperaturer.

2.1.3 Konvektion

Värmeutbytet som uppstår när en gas eller vätska strömmar förbi en yta kallas konvektion. Inom byggnadsfysiken är oftast luft det värmeöverförande mediet. Gränsskiktet för denna värmeöverföring sker mellan luften och ett fast material som till exempel väggar, golv och tak (Sandin 2010, 32).

År 1701 definierade Newton värmetransporten från ytan av ett fast ämne till luft.

$$q_k = \alpha_k * (T_0 - T_l) \quad (4)$$

Där q_k (W/m²), α_k är värmeöverföringskoefficienten gå grund av konvektion (W/m²K) och där T_0 är yttemperatur, T_l är lufttemperatur.

Konvektion delas upp i naturlig och påtvingad konvektion (Sandin 2010, 32). Naturlig konvektion beror på densitetsskillnader i luften. Varm luft är lättare och stiger uppåt. Påtvingad konvektion är lufrörelsen genom yttre påverkan, till exempel genom vind eller fläktar. Ofta är det svårt att skilja på naturlig och påtvingad konvektion.

2.1.4 Vattnets värmekapacitet

Värmekapacitet C är ett mått på den mängd värme som går åt för att höja mediets temperatur med en grad. Mängden material har stor betydelse för värmekapaciteten, mer materia tar längre tid att värma upp.

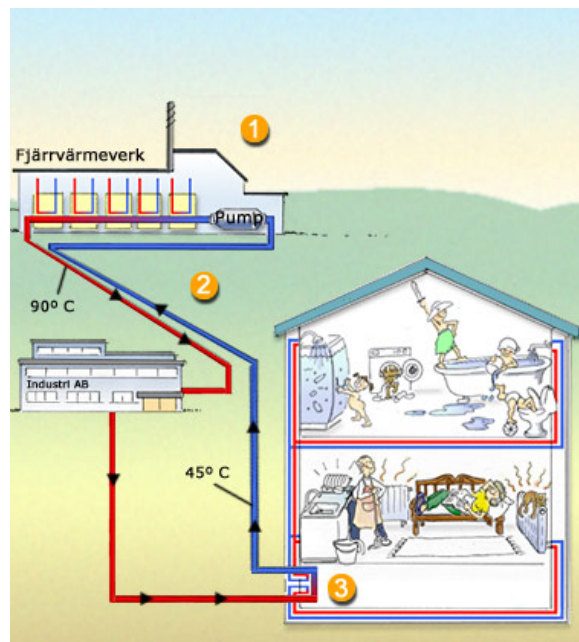
$$C = m * c = \rho * V * c \quad (5)$$

Där C står för värmekapacitet (Ws/K), m är mediets massa (kg), c är mediets värmekapacitet per massenhet (Ws/kgK), ρ är mediets densitet (kg/m³) och V är mediets volym (m³) (Sandin 2010, 62).

2.2 Byggnadens mekaniska system och dess delar

2.2.1 Fjärrvärme

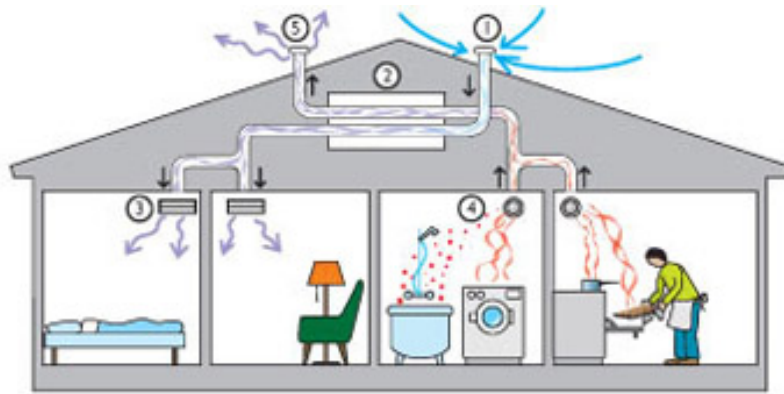
Fjärrvärmesystem används för uppvärmning av byggnader och består av tre huvuddelar: centralt värmeverk, fjärrvärmenät och fjärrvärmecentral (undercentral) se Figur 2 (Warfvinge, Dahlblom 2010, 4:69). Ett fjärrvärmenät försörjer hela eller delar av en tätort med värme från ett gemensamt värmeverk. Värmen distribueras via nedgrävda välisolerade rör, där fjärrvärmevattnet (primärvattnet) cirkulerar i systemet. Vattnet från värmeverket håller en temperatur mellan 70 och 120 grader och distribueras under högt tryck för att inte koka. Fjärrvärmenätets storlek begränsas av distributionskostnader. Det är ofta inte lönsamt med fjärrvärme på glesbygden eftersom värmeförbrukningen är låg. I småhusområden blir det ofta billigare med individuella värmelösningar. I byggnaden finns en värmeväxlare som överför fjärrvärmen till sekundärvattnet i byggnadens värmesystem.



Figur 2: "1 En värmekälla i form av ett värmeverk. 2 Kulvert, det vill säga nedgrävda rörledningar som förbinder värmeverket med stadens fastigheter: 3 En kundcentral i varje fastighet" (solvesborgenergi 2014)

2.2.2 FT- och FTX-system

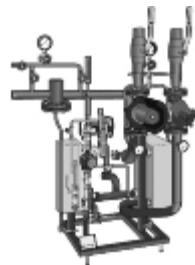
Ett ventilationssystem med tilluft, frånluft och med värmeåtervinning kallas för FTX-system (Warfvinge, Dahlblom 2010, 2:16). Det förekommer även system med styrd till- och frånluft utan värmeåtervinning, vilket kallas för FT-system. Fördelen med systemen är att luften kan värmas och renas i jämförelse med självdrags- eller frånluftsventilerade byggnader. En nackdel med systemen är att det finns risk för ljudproblem från fläktar. Systemen är även känsliga för nedsmutsning, vilket leder till ökat underhåll. Eftersom luften som ska in i systemet ska vara så ren som möjligt bör den helst tas in högt upp på byggnaden. FTX-systemet drivs med två fläktar, en för tilluft och en för frånluft. Fläktarna ventilerar huset genom två kanalsystem, ett för tilluft och ett för frånluft *se Figur 3*. Tilluften går till vardagsrum och sovrum medan frånluften tas ifrån kök, badrum och tvättstugor. Växelvärmaren överför värme från den varma frånluften till den kalla tilluften. Enligt Energimyndigheten (2014) kan veckningsgraden FTX-system vara i storleksordningen 50-80 procent jämfört med om värme inte återvinns.



Figur 3: "Bilden visar ett FTX-system. 1. Frisk uteluft tas in = tilluft. 2. Den kalla tilluften värms i en värmeväxlare med hjälp av den varma rumsluften som ska lämna huset = frånluft. 3. Uppvärmad tilluft fördelas i huset. 4. Den förorenade frånluften tas ut från kök och badrum. Ofta finns det en separat kanal från köksfläkten eftersom det annars kan samlas fett i värmeväxlaren, vilket kan vara en brandrisk. 5. Frånluften som har lämnat sin värme till tilluften i värmeväxlaren passerar ut." (Energimyndigheterna 2014)

2.2.3 Fjärrvärmecentral

Warfvinge, Dahlblom (2010, 4:69) Genom värmeväxlaren mellan fjärrvärmen och husets egna värmesystem i byggnadens fjärrvärmecentral är primär- och sekundärvattnet skilt (Warfvinge, Dahlblom 2010, 4:69). Vid ett eventuellt läckage i byggnadens värmesystem eller fjärrvärmenät sprider sig inte läckaget till det andra systemet. På så sätt kan värmeverket ha kontroll på mängden primärvatten. De är även skilda åt på grund av det högre trycket och den högre temperaturen i fjärrvärmenätet. En fjärrvärmecentral har minst två värmeväxlare se Figur 4, en för uppvärmning och en för tappvarmvattenberedning.



Figur 4, Fjärrvärmecentral med en värmeväxlare för värmesystemet och en för tappvarmvattenberedning (Armatec 2014)

2.2.4 Värmeväxlare

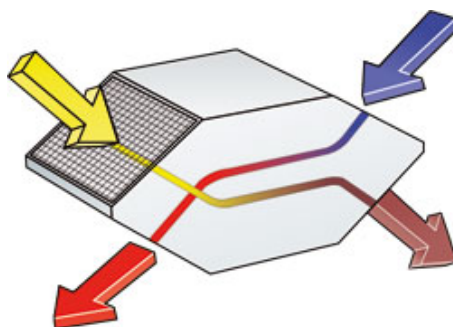
En värmeväxlare överför värme från ett medium till ett annat (Alvarez 2006, 406). Dessa medier är till exempel gas eller fast form. Värmeväxlare förekommer i vardagen som varmvattenradiatorer eller kylaren på bilar. I värmeväxlare finns ofta en skiljevägg som skiljer mediet åt. Skiljeväggens värmegenomgångskoefficient ska vara hög för att effektivt överföra värmen mellan medierna.

Warfvinge, Dahlblom (2010, 7:11) skriver att en plattvärmeväxlare se Figur 5 utformas med tunna parallella metallplåtar, med hög värmeledningsförmåga. I spalterna som blir mellan lamellerna strömmar varm frånluft och kall uteluft i varannan lamell. Luftflödena kommer aldrig i kontakt med varandra och på så sätt

förhindras att föroreningar överförs mellan varm- och kallluft. Verkningsgraden för själva plattvärmeväxlaren är ofta kring 50-60 procent. Vid låga utetemperaturer kyls frånluften ner under daggpunkten, då bildas kondens. Vid utetemperaturer -6°C bildas det is på plattvärmeväxlaren. Det kan förhindras genom att:

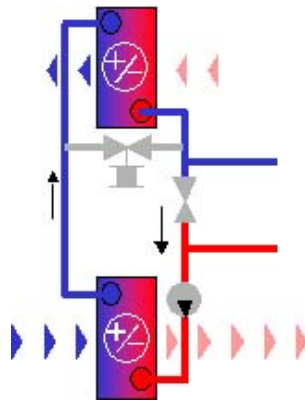
- *"den kalla uteluften styrs förbi med by-pass"*
- *tilluftsfläkten stängs av tillfälligt*
- *tilluften blockeras partiellt och sekvensvis"* (Warfvinge, Dalhblom 2010, 2:57)

Det behövs även ett avlopp med ett kar under frånluftsdelens för uppsamling av smältvattnet.



Figur 5: I plattvärmeväxlare möter kall uteluft (blå pil) varm frånluft (gul pil). Detta sker separerat med hjälp av lamellerna (Svenskventilation 2014.)

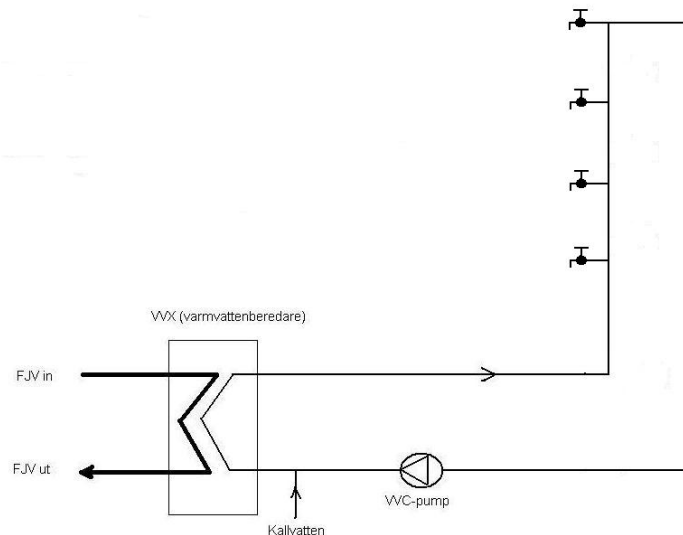
Warfvinge, Dahlblom (2010, 7:11) förklarar att en vätskekopplad värmeväxlare innebär att värmen återvinns genom två luftbatterier som sammankopplas med en vätskekrets *se Figur 6*. Ett batteri är placerat i frånluftskanalen och det andra är placerat i tilluftskanalen. Mellan dessa cirkulerar vatten med hjälp av en pump. Batteriet i frånluftskanalen värms och batteriet i tilluftskanalen kyls. Verkningsgraden ligger kring 50 procent eftersom värmen överförs via vatten. Vattnet är dessutom blandat med frostsäddsvätska för att inte frysa. Det påverkar valet av cirkulationspump. Även här behövs ett kar som samlar upp smältvatten och kondens som bildas av fukt i frånluften. *"Avfrostning sker antingen genom att cirkulationspumpen stoppas eller att vattenflödet 'by-passas' förbi batteriet i tilluften"* (Warfvinge, Dahlblom 2011, 2:58).



Figur 6 Principen för ett värmebatteri, där den varma frånluften värmer vätskan som sedan värmer den kalla tilluften. (Flaktwoods 2014).

2.2.5 Varmvattencirkulation, vvc

I flerbostadshus får väntetiden på varmvatten inte överstiga 10 sekunder vid normflöde på 0,2 l/s (BBR 2014). Warfvinge, Dahlblom (2010, 5:11) skriver att under vissa perioder på dygnet förekommer ingen varmvattentappning. Det medför att varmvattnet står stilla och kyls ned. När varmvattenkranen öppnas måste först det kalla vattnet tömmas och nytt beredas, med hjälp av en vvc-pump kopplad parallellt *se Figur 7* med en vvc-ledning som kan upprätthålla varmvattencirkulationen. Temperaturen får inte vara lägre än 50 °C någonstans i varmvattensystemet på grund av smittorisk av legionella. Vvc-pumpen kan vara temperaturreglerad för att trygga temperaturkravet och minska energianvändningen.



Figur 7: VVC-ledningar (Wikimedia 2014).

2.2.6 Fläktar

Warfvinge, Dahlblom (2010, 2:58) förklarar att det finns två fläktar i ett FTX-system, en för tilluft och en för frånluft. Båda är till för att kompensera för tryckmotstånd i avluftshuvar, uteluftsgaller, don, spjäll, kanaler och komponenter i aggregatet. Fläktar delas in i två olika sorter beroende på arbetsprincip.

- Radialfläktar
- Axialfläktar.

Även tvärströmsfläktar förekommer men är mindre vanliga. Vid val av fläkttyp tas hänsyn till ventilationsflöde och nödvändiga tryckökningar men även accepterad ljudalstring, tillgängligt utrymme och kostnader.

Den mest förekommande typen för luftbehandlingsaggregat är radialfläkt. Detta eftersom den kan bygga upp ett stort tryck och stort luftflöde. Luften tas in i fläkten axiellt och trycks utåt genom skovlarna med hjälp av centrifugalkraften *se Figur 8 a*). In- och utlopp är ställda i 90 graders vinkel. Det finns två utföranden av radialfläktar och de är avgörande för fläktens egenskaper. De är framåt- och bakåtböjda skovlar i förhållande till rotationsriktningen. Framåtböjda skovlar (F-hjul) är billigare i inköp och utrymmessnåla. Nackdelar är den höga ljudnivån och den låga verkningsgraden cirka 55-65 procent. Bakåtböjda skovlar (B-hjul) har däremot högre verkningsgrad på 75-85 procent. En annan fördel med bakåtböjda skovlar är att de är tystare, dock kräver de större utrymme och är dyrare vid inköp.

En axialfläkt jämfört med en radialfläkt ändrar inte luftströmmens riktning *se Figur 8 b*). Den vanligast förekommande är propellertyp, där fläkten skruvar fram luften. På grund av en axialfläkts utformning kan den placeras på många olika ställen som till exempel i en vägg, kanal eller i ett aggregathölje. Motorn placeras vanligtvis i centrum av fläkten men om motorn placeras utanför kanalen drivs den av en rem mellan motor och fläkt. Verkningsgraden är maximalt 85 procent.



Figur 8: a) Radialfläkt (Ebmapapst 2014) b) Axialfläkt (Axialfläktar 2014)

2.3 Vattenkrav och temperaturvariation

2.3.1 Kallvattentemperatur

Kallvatten som tas från ytvatten varierar i södra Sverige mellan 4 °C och 15 °C, hos djupvatten är variationen 5 °C och 8 °C. Inga krav ställs på kallvattentemperatur, dock får inte kallvattnet oavsiktligt värmas. Därför läggs inte kallvattenledningar i bjälklag med golvvärme (BBR 2014).

2.3.2 Varmvattentemperatur

Vid tappstället måste tappvarmvattnet hålla minst 50 °C, det får dock inte överstiga 60 °C på grund av personlig hygien och risk för skållning. Tappvarmvattnet får inte någonstans i systemet understiga en temperatur på 50 °C. Därför kopplas inte längre handdukstorkar, golvvärmeslingor och liknande på varmvattenslingan. I varmvattenberedare och ackumulatortankar där vattnet står still bör inte vattnets temperatur understiga 60 °C. Därför kan vattnet ibland behöva blandas med kallvatten innan det når tappstället. Den höga temperaturen på stillastående vatten beror på tillväxt och spridning av legionellabakterier. Blandningen med kallvatten beror på skållningsrisk (BBR 2014).

Legionellabakterier finns naturligt i vatten och de förökas vid gynnsamma förhållanden. Tillväxten av bakterien är störst runt 40 °C, över 50 °C minskar antalet bakterier och runt 70 °C dör bakterierna inom en minut. Bakterien överförs via inandning av små vattendroppar som följer med ner i lungorna. Smittorisken är störst vid till exempel duschar som inte används frekvent (Warfvinge, Dahlblom 2010, 5:4).

2.3.3 Rör och isolering av rör

Tappvattenledningar är i stort sett dominerat av fyra olika material koppar, rostfritt, stål och plast. Valet av material beror på rörens livslängd och dricksvattnets hygieniska krav. Plaströren som används är PE, PEX och PP (Warfvinge, Dahlblom 2010, 4:52).

Varmvattenledningar isoleras för att inte vattnet ska svalna och för att undvika uppvärmning av utrymmena som rören passerar igenom. För rör med en ytterdiameter upp till 20 mm rekommenderas att man väljer en isolertjocklek på 40 mm. För rör med ytterdiameter mellan 20 mm och 100 mm rekommenderas en isolertjocklek på 60 mm. Kallvattenledningar ska också isoleras och det för att undvika kondens och oönskad uppvärmning av det kalla vattnet. Isolertjockleken rekommenderas därför att vara 20-50 mm (Warfvinge, Dahlblom 2010, 4:52).

2.4 Byggnadens energibehov

Enligt Warfvinge, Dahlblom (2010, 4:13) kan byggnaders energianvändning variera mycket beroende på vilket sorts hus det är och vad huset används till. Passivhus, de mest energisnåla byggnader som byggs idag, har ett årligt behov av köpt energi på cirka $70 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$. En lokalbyggnad med utrustning som är elkrävande kan dra upp till $800 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$. Motsvarande för ett flerfamiljshus byggt på 1990-talet är cirka $150 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$ fördelat på:

- Uppvärmning $75 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$
- Varmvatten $30 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$
- Hushållsel $25 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$
- Fastighetsel $15 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$

Jämfört med en kontorsbyggnad på cirka $160 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$.

- Uppvärmning $65 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$
- Varmvatten $15 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$
- Verksamhetsel $50 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$
- Fastighetsel $30 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$
- Komfortkyla $10 \text{ kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$

I uppvärmning räknas energi till värmesystemet och värmen till ventilationsluft i ett eventuellt luftbehandlingsaggregat in. På grund av solinstrålning, värme som genereras genom elapparater och av personer minskar behovet av köpt el. Det går även minska behovet av köpt el om värmen i ventilationsluften återvinns som i till exempel ett FTX-system.

Energin för varmvattenberedning påverkas av flera faktorer som hur mycket varmvatten som används, hur kallt inkommande vatten är, värmeförluster från distributionsrör och vvc-ledningar. Det är vanligt att energin för varmvattenberedning och uppvärmning mäts med en gemensam mätare vilket leder till att uppföljning av respektive post blir svår.

Fastighetsel omfattar el för byggnadens drift, det vill säga fläktar, pumpar, belysning på gemensamma ytor, yttre belysning, hissar, värmekablar med mera.

I komfortkyla ingår fjärrkyla eller kylmaskin och det varierar stort om det används eller inte. I bostäder är det inte vanligt att komfortkyla används.

Hushållsel går till användning av vitvaror, belysning och hemelektronik.

Verksamhetsel används till belysning, kontorsapparater, eventuella vitvaror med mera i en lokalbyggnad. Att skilja på fastighetsel och verksamhetsel är ofta svårt eftersom lokalbyggnader vanligen bara har en elmätare.

Enligt Warfvinge, Dahlblom (2010, 4:13) ska alla nya och nyrenoverade byggnaders energianvändning kontrolleras. Energianvändningen ska beräknas under projekteringen och sedan mätas efter två års drift. De uppmätta värdena ska sedan kontrolleras mot BBRs krav på maximalt tillåtet behov av köpt energi, som är så kallat specifik energianvändning ($\text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$). $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ står för tempererad golvarea. Golvarea inkluderar all golvarea innanför ytterväggarnas insida som är avsedd att värmas till mer än 10 °C.

3. Metodologi

I detta avsnitt beskrivs redskap och tillvägagångssätt som använts för att belysa frågeställningen.

3.1 Forskningsmetoder

I följande avsnitt presenteras olika forskningsmetoder bland annat för att få en förståelse för hur data samlas in och behandlas.

3.1.1 Kvalitativ metod

Nationalencyklopedin (2014) förklarar att kvalitativ metod är när studien genomförs genom att analysera till exempel ord, intervjusamtal och observationsanteckningar. En kvalitativ studie är öppen och flexibel i sin form och kan komma ändra sig om ny information framkommer under studiens gång. Det innebär att studiens frågeställning kan förändras under tidens gång om något glömts bort eller formulerats fel. Informationen som blir intressant för studien beror mycket på informationskällan. Syftet med kvalitativ metod är att öka förståelsen för faktorerna i studien (Holme, Solvang 1997, 80). Kvalitativ metod lämpar sig väl för fallstudier där enheter undersöks som är begränsade i både tid och rum.

3.1.2 Kvantitativ metod

Nationalencyklopedin (2014) förklarar att kvantitativ metod är när studien samlar in empirisk och kvantifierbar data. Kvantitativa metoder är strukturerade och formaliserade. Utredaren kontrollerar i större utsträckning metoden. Utredaren gör, utifrån problemformuleringen, en definition av vilka förhållanden som är intressanta. Även vilka svar som är tänkbara finns med i metoden. Upplägget utmärks av distans och selektivitet till informationskällan. Detta är nödvändigt för att utredaren ska kunna utföra formaliserad analys och dessutom ompröva resultat som framkommit (Holme, Solvang 1997, 14). En kvantitativ studie är sluten och mer begränsad till frågeställningen och följer en tydlig omfattning av arbetet.

3.1.3 Validitet och Reliabilitet

Validitet och reliabilitet handlar i stora drag om det i studien uppkommit några systematiska eller slumpmässiga fel. Är problemformuleringen rakt skriven eller går den att tolka på olika sätt? Något fel vid insamling av material? Detta är frågor som måste belysas och kontinuerligt prövas för att uppnå bra validitet och reliabilitet (Holme, Solvang 1997, 163).

Varje studie ska vara så reliabel som möjligt. Hög pålitlighet uppnås till exempel när det utförs olika oberoende mätningar av samma problem, som påvisar samma resultat. Reliabiliteten kan kontrolleras genom jämförelse med tidigare studier, eller låta fler forskare undersöka frågan. Det finns dock sällan pengar till detta. Därför måste reliabiliteten vara hög innan studien utförs. Detta uppnås genom att använda olika mätredskap (Holme, Solvang 1997, 165). Reliabilitet är alltså ett mått på tillförlitligheten hos insamlad data eller instrument som använts (Ejvegård 2009, 77).

I en studie är det inte bara viktigt att ha reliabel information, den måste även vara valid. Det innebär om den information som har fått fram verkligen mäter det som avses att mäta. Har instrumenten använts på så sätt att de ger svar på frågor som ställts. Är informationen som framkommit relevant för frågeställningen (Holme, Solvang 1997, 163).

3.1.4 Urval

Studien utförs på fyra hyreshus i Växjö på kvarteret Körsbäret. Husen har fyra våningar och har 87 lägenheter. Ingen beaktning av de boendes ålder och kön har tagits. Kvarteret liknar många andra från miljonprogrammet i Sverige. Författarna tror att denna studie kommer kunna tillämpas på liknande kvarter runt om i landet.

3.1.5 Studiens forskningsmetoder

I studien har mestadels en kvantitativ metod används med insamling av viss data bland annat för indata i beräkningsprogram. Urvalet är gjort för passa ett vanligt kvarter från miljonprogrammet i Sverige.

3.2 Undersökningsmetod

Avsnittet som följer förklarar undersökningsmetoder som är relevanta för studien. Detta för att kunna besvara studiens frågeställningar och välja angreppspunkt på problemen.

3.2.1 Fallstudie

Ejvegård (2009, 35) skriver att det är vanligt att fallstudier används i de flesta vetenskapliga undersökningar. De kan göras mer eller mindre ambitiösa. Enligt Patel, Davidsson (2011, 56) kännetecknas en fallstudie av en undersökning på en mindre avgränsad grupp. Ett 'fall' är en situation, en organisation eller en enskild individ. En fallstudie kan även innebära en studie på två fall eller två situationer. Arbetssättet utgår från helhetsperspektivet och försöker få så utförlig information som möjligt. Fallstudier lämpas bra vid undersökning av processer och förändringar. Generaliserbarheten hos resultatet beror på hur noga fallen som undersöks valts.

3.2.2 Generaliserbarhet

Vid studier kan ofta inte alla fall undersökas, därför väljs representativa fall ut. Det gäller att de fallen väljs med omsorg så att resultatet kan sägas gälla för många fall, vilket ger en hög generaliserbarhet (Patel, Davidsson 2011, 56).

3.2.2 Observation

Patel, Davidsson (2011, 91) skriver att observation räknas som en vetenskaplig teknik för att samla information. I detta sammanhang får inte observationen vara slumpmässig utan måste motsvara kraven som kan ställas på en vetenskaplig teknik. En observation behöver vara systematiskt planerad och informationen behöver registreras systematiskt.

3.2.3 Studiens undersökningsmetod

Studien baseras på en fallstudie. I fallstudien är ett fiktivt fall uppsatt och undersökt. Generaliserbarheten är hög för flerbostadshus med fyra våningar.

3.3 Datainsamlingsmetod

Avsnittet som följer förklarar datainsamlingsmetoder som är relevanta för studien. Detta för att kunna behandla olika sorters källor.

3.3.1 Primär- och sekundärdata

Enligt Mälardalens högskola (2014) är primärdata en term som betecknar ursprungligt material. Primärdata är den information eller data som utredaren själv samlar in. Utredaren har kontrollen över undersökningsprocessen. Sekundärdata är sådana data som redan finns. Och där andra utredare ofta har analyserat informationen med egna utgångspunkter (Eliasson 2010, 24).

3.3.2 Insamlad data.

Studien har använt både primär- och sekundärdata. Vid de tillfälle då avgränsningar och antagande gjorts har sekundär data använts. När isolertjocklek, rörlängder och rördimensioner använts i studien är det primärdata insamlad av utredarna.

4. Genomförande

I detta kapitel kommer en beskrivning om kvarteret Körsbäret i Växjö. Husen beskrivningen kommer omfatta är Sandviksvägen 32-38. Detta ligger sedan till grund för att bedöma den totala energianvändningen för alla husen. Även beräkningsgång för beräkning av värmeförluster i vvc-system redovisas.

4.1 Platsbesök

Projektet började med ett platsbesök på Sandviksvägen 32-38, tillsammans med handledaren från företaget och kontaktperson från Växjöbostäder. Platsbesöket började med att försöka ta bilder med en värmekamera på de utvändigt belagda kulvertarna. På bilderna syns inte kulvertarna på grund av att de förmodligen är för djupt nedgrävda för att värmekameran skulle ge utslag. Ytterligare besök på plats gjordes för att eliminera att utetemperaturen var för hög vid första besöket men resultatet förbättrades inte. Sedan togs en närmare koll på undercentralen som är belägen på källarplan i hus 1 (Sandviksvägen 32). Här studerades vilka mätpunkter som kan användas i projektet och var de var belägna samt en granskning av undercentralens komponenter. Nästa stopp på besöket var det nyinstallerade FTX-systemet för att få en djupare förståelse hur systemet är uppbyggt. I fläktrummet som är beläget på plan 4 finns det nyinstallerat FTX-system. Handledaren och kontaktpersonen gick igenom systemet och alla delar, för att utredarna skulle få en bättre förståelse inför projektet

4.2 Beskrivning av anläggningen

Nedan följer en beskrivning av kvarteret körsbärets olika tekniska installationer.

4.2.1 Fjärrvärmecentral på kvarteret Körsbäret

På kvarteret Körsbäret finns det en fjärrvärmecentral i hus 1 Sandviksvägen 32. Fjärrvärmecentralen tar emot primärvattnet från fjärrvärmenätet och distribuerar sedan sekundärvattnet till hus 2 Sandviksvägen 34, hus 3 Sandviksvägen 36 och hus 4 Sandviksvägen 38. I fjärrvärmecentralen inkommer även kallvattnet för varmvattenberedning för tappvarmvattnet. Kallvattenservisen som inkommer i hus 1 förser hus 1 och 2 med kallvatten. Kallvatten för hus 3 och 4 inkommer i hus 4. Mellan de fyra husen ligger markbelagt kulvertsystem som fördelar vatten och värme till husen enligt *figur 9*.

4.2.2 Vvc-systemet

Varmvattencirkulationen bestod av horisontella ledningar i källarplan före renovering. Om varmvattnet står still och temperaturen sänks innebär det att om varmvatten tappas på fjärde våningen, väntar brukaren till vattnet är varmt innan personen använder tappvarmvattnet. Tiden för att få fram varmvatten kan vara upp till 30 sekunder och under tiden tappas vatten som inte används. Efter renoveringen ligger varmvattencirkulationen också vertikalt och går till varje plan som har tappställe. Detta medför att varmvatten är tillgängligt inom 10 sekunder oavsett våning och tid på dygnet, vilket leder till lägre vatten användning.

4.2.3 FTX-systemet

I kvarteret Körsbäret installerades ett FTX-system efter ombyggnationen, med fyra fläktrum, ett i var hus. Fläktrummen är belägna på taket av husen och i fläktrummet finns ett ventilationsaggregat. Ventilationsaggregatet består av två axiala fläktar, en för frånluft och en för tilluft. I aggregatet finns även två värmebatterier och som fläktarna sitter ett i varje kanal. Värmebatteriernas uppgift är att överföra värmen från den varma frånluften till den kalla tilluften. Genom aggregatet leds sedan tilluften in i huset från takmonterade huvar, och fördelas till lägenheterna genom ventilationssystemet. Frånluften tas från lägenheterna och in i ventilationssystemet genom aggregatet och ut på taket. Det är viktigt att intag av tilluft och frånluft är skilt från varandra. Detta för att förhindra att få in frånluften i huset igen.

4.3 Beräknad energikartläggning innan ombyggnation

Energianvändningen fördelad på byggnadsuppvärmning, varmvattenuppvärmning och fastighetsel har tidigare beräknats för Sandviksvägen 36 i samband med förstudien som gjordes innan renoveringen (Fuentes 2012). Resultatet framgår av följande *Tabell 1*.

Tabell 1: Energikartläggning av Sandviksvägen 36 (Fuentes 2012)

Typ av energianvändning	kWh per år	kWh/m ² A _{temp}
Uppvärmning	139 406	93,2
Varmvatten	88 676	59,3
Fastighetsel	14 777	9,9
Totalt	242 859	162,4

4.4 Plan för beräkningsgång av energikartläggning

4.4.1 Mätpunkter för energiberäkning

För att fördela verklig energianvändning för hela systemet i ett kvarter av fyra hus behövs ett antal mätpunkter. I listan som följer beskrivs vilka olika mätdata som behövs för att göra en sådan fördelning.

- Varmvatten: Tappvarmvatten mäts på hur mycket kallvatten som går till varmvattenberedaren för totala varmvattenförbrukningen för samtliga hus. I respektive lägenhet finns en mätare för tappvarmvatten, den visar hur mycket varmvatten som går åt. Genom att ta totala varmvattenförbrukningen minus den totala varmvattenförbrukningen för lägenheterna fås det varmvatten som tappas på ställe utan mätare till exempel tvättstugor.

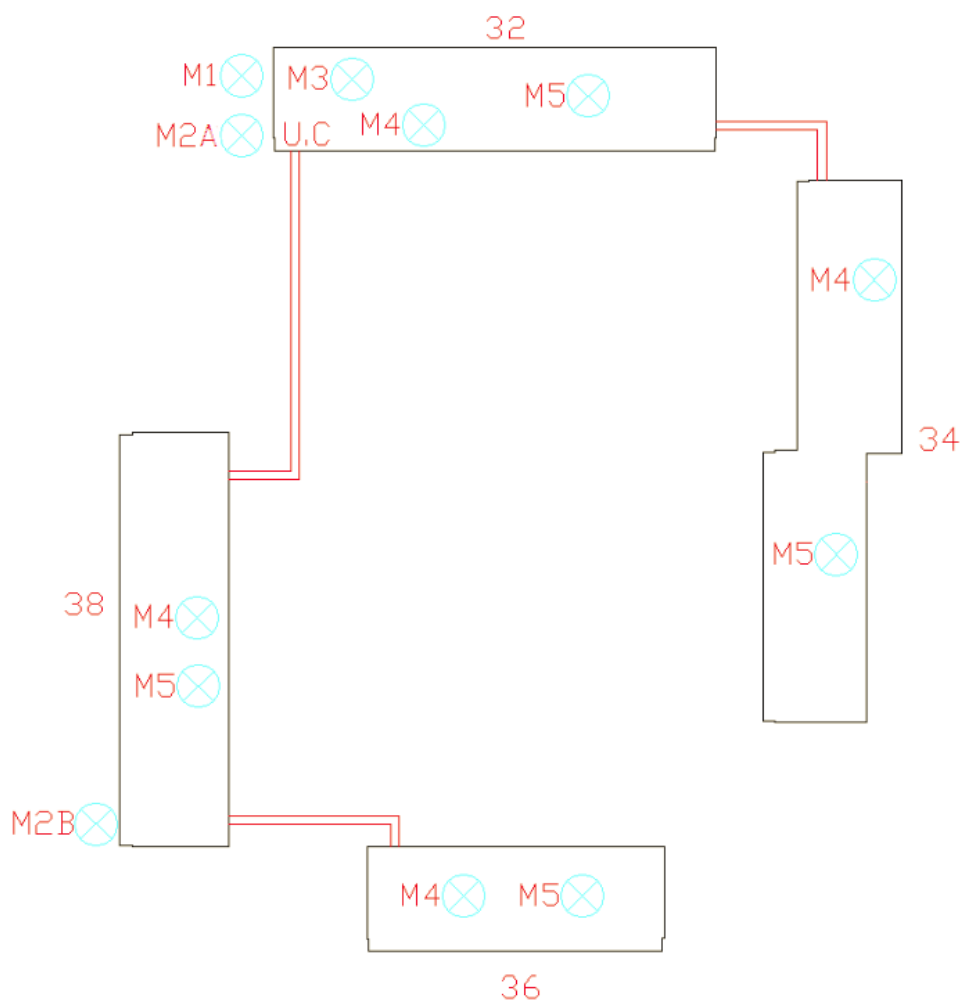
- Kallvattensserviser: Det behövs mätare för totalkallvattenförbrukning i kvarteret. Det behövs också mätare i varje lägenhet för tappkallvatten. För att på samma sätt som varmvattnet kunna beräkna hur mycket vatten som tappas i tvättstugor och uttag vid fasad.
- Fjärrvärmen: Fjärrvärmen mäts av kommunens egen mätare i undercentralen. Den ger totala fjärrvärmeförbrukningen för samtliga hus. Fjärrvärmen delas sedan upp på uppvärmning och varmvattenberedning.
- El: Hushållsel per hus, och i respektive lägenhet. Fastighetsel är driftsel för FTX-systemet, pumpar, undercentral och så vidare.

4.4.2 Mätpunkter på Sandviksvägen

För att kunna genomföra en fullständig energikartläggning över området körsbäret (Sandviksvägen 32-28) *se Figur 9* bör dessa punkter finnas med:

- M1: Inkommande fjärrvärme till undercentral i hus 32.
- M2A: Inkommande kallvattenservis som förser varmvattenberedning totalt och tappvatten för hus 32 och 34.
- M2B: Inkommande kallvattenservis för tappvatten för hus 38 och 36.
- M3: Total varmvattenberedning för alla husen. Även total elförbrukning för varmvattenberedning.
- M4: Total varmvattenanvändning per hus eller per lägenhet.
- M5: Total elförbrukning av FTX-system och radiatorsystem.
- Krävs även total fastighetsel och hushållsel för hela området

M1 är VEABs mätare för fjärrvärmen för de fyra husen. Fjärrvärmen går till uppvärmning av huset och uppvärmning av varmvatten. M2A inkommande kallvattenservis för hus 32 och 34, det är kallvattnet som används till tappvatten i till exempel köket och i duschar. M2B inkommande kallvattenservis för hus 38 och 36, det är kallvattnet som används till tappvatten i till exempel köket och i duschar. M3 är den punkt i undercentralen där kallvattenet som ska värmas till varmvatten passerar. Varmvatten som värms upp är för samtliga hus i Kvarteret Körsbäret. I varje lägenhet finns varmvattenmätare punkt M4 är då en summering av alla de mätarna. M5 är en summering av elförbrukningen för de olika uppvärmnings och luftbehandlings aggregaten.



Figur 9: Förenklad skiss över mätpunkter på Sandviksvägen 32-38(Auto-Cad 2014).

4.4.3 Teoretisk beräkning av mätpunkter och energikartläggning

Med hjälp av punkterna som finns i *Figur 9* beräknas energianvändningen uppdelat på uppvärmning, varmvatten och fastighetsel. Fastighetselförbrukningen för uppvärmningen av husen är uppdelat på radiatorsystemet och FTX-systemet. Varmvatten är elförbrukningen av varmvattenberedning och fastighetsel är byggnadens driftsel till exempel belysning och hissar. En stor del av energikartläggningen är även att undersöka vattenförbrukningen, hur stor del av vattnet som går till tappvatten och hur stor del som går till varmvattenberedning. För att ta reda på hur mycket vatten de olika delarna förbrukar, tas den totala vattenförbrukningen och sedan dras varmvattenförbrukningen och tappvattnet bort. Skillnaden som är kvar är vatten som saknar mätare så som tvättstugor och utvändiga tappvattenkranar.

För att få ett mätbart värde beräknas ett specifikt energianvändningstal ($\text{kWh/m}^2 A_{\text{temp}}$). Detta värde tas fram genom att dela kWh totalt per år med $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$. $\text{m}^2 A_{\text{temp}}$ står för tempererad golvyta. Golvyta inkluderar all golvyta innanför ytterväggarnas insida som är avsedd att värmas till mer än 10°C .

Framtagning av A_{temp} ytor gjordes med hjälp av relationsritningarna (Bilaga B) som tillhandhålls av Tony Timm på Inpro installationsconsult AB *se Tabell 2*. Uppmätning av alla uppvärmda ytor som har temperatur över 10 °C gjordes med AutoCAD Architecture 2014.

Tabell 2: A_{temp} ytor (Relationsritningar, 2013)

	Hus 1	Hus 2	Hus 3	Hus 4
Våning 0	582 m ²	338 m ²	387 m ²	287 m ²
Våning 1	557 m ²	681 m ²	374 m ²	542 m ²
Våning 2	557 m ²	681 m ²	374 m ²	542 m ²
Våning 3	557 m ²	681 m ²	374 m ²	542 m ²
Våning 4	27 m ²	31 m ²	24 m ²	27 m ²
Total area	$\Sigma=2280$ m ²	$\Sigma=2412$ m ²	$\Sigma=1533$ m ²	$\Sigma=1940$ m ²

4.4.4 Mätdatainsamling för energikartläggning

Vid introduktionsmötet med företagshandledaren Tony Timm på Inpro Installationsconsult AB. Medverkade även Rodrigo Fuentes företagsrepresentant för Växjöhem AB, då studien undersöker ett av deras kvarter. Vid detta möte som ägde rum i början av februari utlovades mätvärden. Mätvärdena skulle vara för ett år tillbaka i tiden och för alla de mätpunkter som finns i systemet på kvarteret Körsbäret. Det sades att mätvärdena skulle finnas tillgängliga vid kursstart av examensarbetet. I början av april mottogs mätvärden för systemet. Vid analys av dessa uppstod en rad problem. Mätdata var bristfällig och all information för att genomföra energikartläggning fanns inte med. Då togs kontakt med Tony Timm för konsultation och hur arbetet skulle fortskrida och han jobbade på att få fram nya mätvärde. Även Leif Gustavsson handledare på Linnéuniversitetet blev underrättad och arbetet styrdes mer åt en teoretisk angreppspunkt. Tanken att få fram nya mätvärde behölls. Ytterligare ett möte bestämdes med Tony Timm och en ny kontaktperson på Växjöhem AB. Vid mötet i mitten av april sades det att mätvärden på nytt skulle överlämnas. De mätvärdena mottogs i månadsskiftet mellan april och maj. Vid analys av dessa mätvärden uppstod samma problem, mätvärdena var inte fullständiga och studien började närma sig sluttiden därför fanns inte möjligheten att försöka på nytt att få fram mätvärden. Det innebar att fokus på studien ändrades till att enbart undersöka problemet teoretiskt.

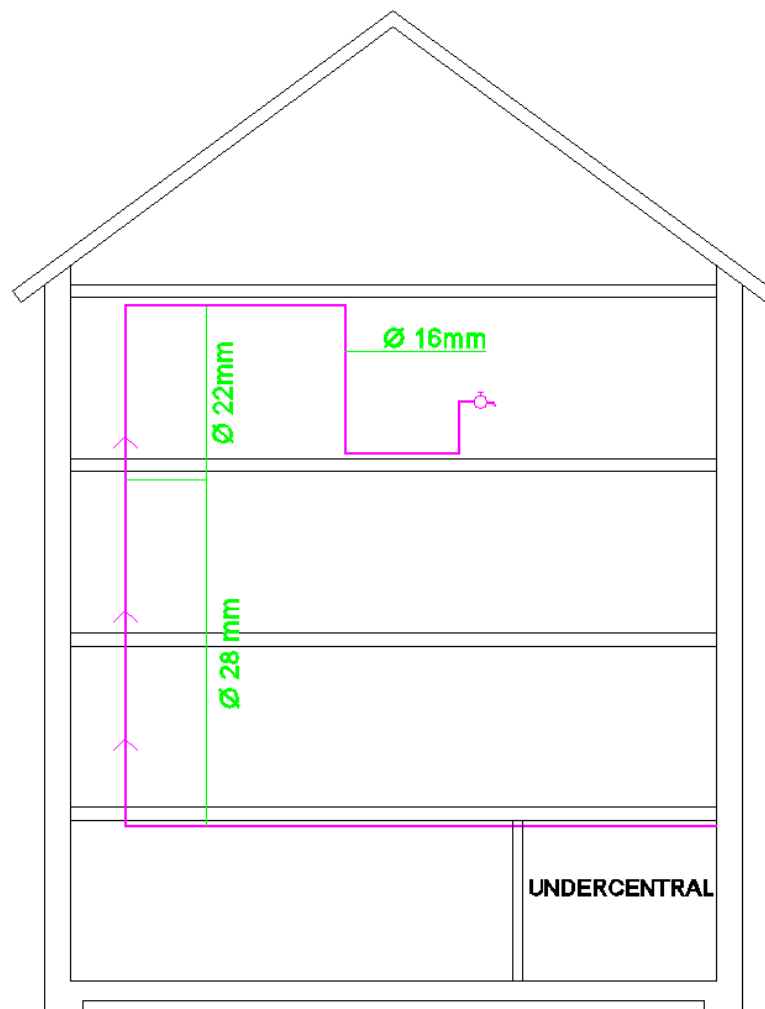
4.5 Beräkningsgång av värmeförluster i tappvarmvattensystem med vertikal kontra horisontell varmvattencirkulation

I avsnitten som följer beskrivs beräkningsgången för varmvattencirkulationen. De två avsnitten tar upp hur beräkningen skiljer sig från det vertikala kontra det horisontella vvc-systemet. Avsnitten beskriver data som behövs och hur den ska användas för att räkna ut energianvändningen i de olika vvc-systemen.

4.5.1 Beräkningsgång av värmeförluster i tappvarmvattensystemet vid horisontell varmvattencirkulation

För att kunna genomföra en beräkning av värmeförluster behövs rörtjocklek, rörlängd, isolertjocklek, vattenvolym, temperatur på vattnet i systemet, avtagande temperatur och temperatur inne i huset.

Rörtjockleken varierar beroende på hur mycket vatten som passerar igenom. Det är större dimensioner vid undercentralen sedan stegvis mindre dimensioner framemot tappstället *se Figur 10*. Detta medför att volymen blir olika och detta måste beaktas. Hänsyn har också tagits till längder och diameter på rörledningarna mellan varmvattenledningarna i schaktet fram till tappstället. Det vill säga rören som är dragna inne i lägenheten.



Figur 10: Skiss av det horisontella varmvattencirkulationssystemet (Auto-Cad 2014)

De rördimensioner som valts vid beräkning av det vertikala systemet är samma dimensioner som har installerats vid ombyggnationen för att få en så bra jämförelse som möjligt. De rördimensionerna som använts är:

- 28mm kopparrör med inre diametern 25,6mm (Koppar 2014)
- 22mm kopparrör med inre diametern 20mm (Koppar 2014)
- 16mm PEX-rör med inre diametern 11,6mm (Vvshandboken 2014)

Rörlängderna är uppmätta på relationsritningarna (Bilaga A). Skalan på ritningarna var inte korrekt så en skalfaktor togs fram från ett känt mått. Sedan mättes längden upp till det tappställe som är beläget längst bort från undercentralen.

Eftersom det inte är någon varmvattencirkulation på de vertikala ledningarna antas att vattnet i ledningarna har kallnat och måste därför tappas ut för att få fram varmvatten vid tappstället. Den volym som beräknas är då rörledningarna med diametern 28mm, 22mm och 16mm enligt *Figur 10*. Beräkning av volymen av vatten som står stilla i systemet då ingen tappar fås fram genom:

$$V = \pi * r^2 * h \quad (5)$$

Där V är volymen, π är pi som är en konstant cirka 3,1415, r är rörens radie och h är höjden/längden på röret.

När volymen för varje rördel är beräknad erhålls ett värde för hur mycket vatten det finns i systemet. Med detta går det sedan beräkna hur mycket vatten som behövs spolas utför att få fram varmvatten. Även tiden det tar att tappa vattnet kan beräknas med hjälp av normflödet (0,2 l/s) enligt BBR (2014). Beräkningen är:

$$t = \frac{V_{total}}{q} \quad (6)$$

Där t är tiden (s) och V_{total} är totalvolymen av det stillastående vattnet i hela systemet (l) och q är normflödet (l/s).

För beräkning av värmeförlusten i rören används beräkningsprogrammet Isodim där ett effektförlust värde fås fram (W/m). I programmet sätts dessa parametrar in:

- Typ av material på rören
- Rörtjocklek
- Isolertjocklek och typ
- Ytskikt
- Medeltemperatur på vattnet. Den beräknade temperaturen är 53 °C
- Inomhustemperatur, beräknad temperatur är 20 °C

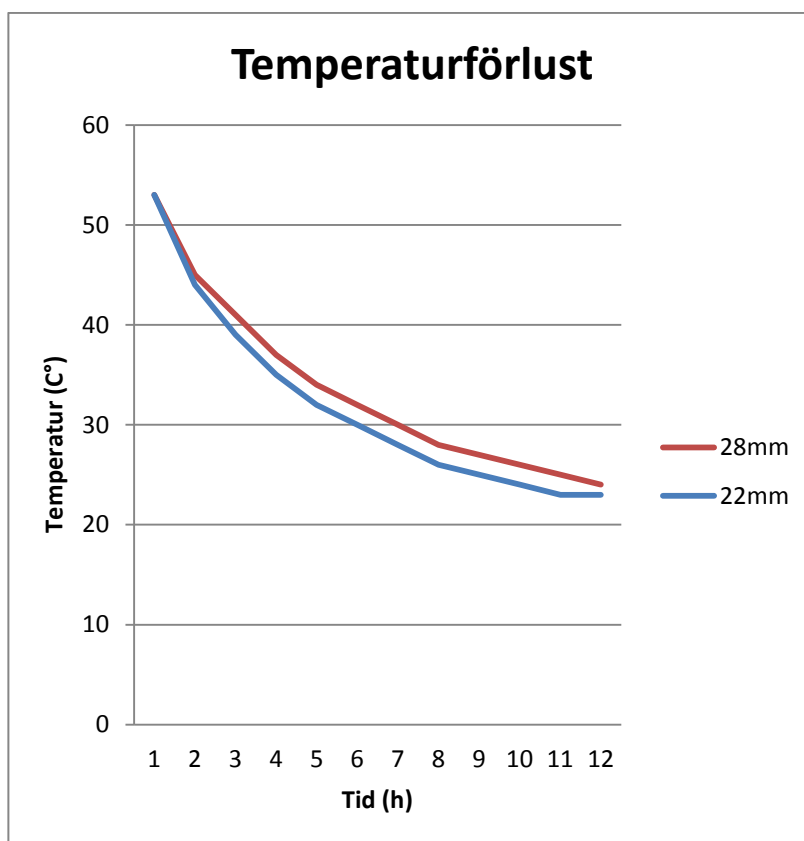
Isoleringen som användes vid beräkningarna var Isover ALU comfort, rörskål 7200 med tjockleken 20mm och till ytskiktet användes kraftpapper. För att få en jämförelse kommer även beräkning med 40mm isolering utföras.

För att få fram ett mätbart värde togs värmeförlusten fram i Wh/dygn. För att få fram det antog vi att det endast tappas vatten två gånger per dygn och i en timme åt

gången vid tidpunkterna 07.00 och 19.00. Det valdes även att fokus ska läggas på en lägenhet och att de oisolerade rören inne i lägenheterna inte tas med i värmeförlustberäkningarna eftersom de är dragna likadant i båda fallen. Detsamma gällde för det horisontellt dragna vvc-ledningarna i källaren.

Eftersom det antas att ledningarna bara tappas två gånger per dygn innebär det att i det horisontella systemet står vattnet still och kyls av i 11 timmar. Detta leder till att effektförlusterna sjunker i takt med temperaturen *se Tabell 3*. För att få fram temperaturförlusterna på de olika rördimensionerna användes programmet PAROC Calculus.

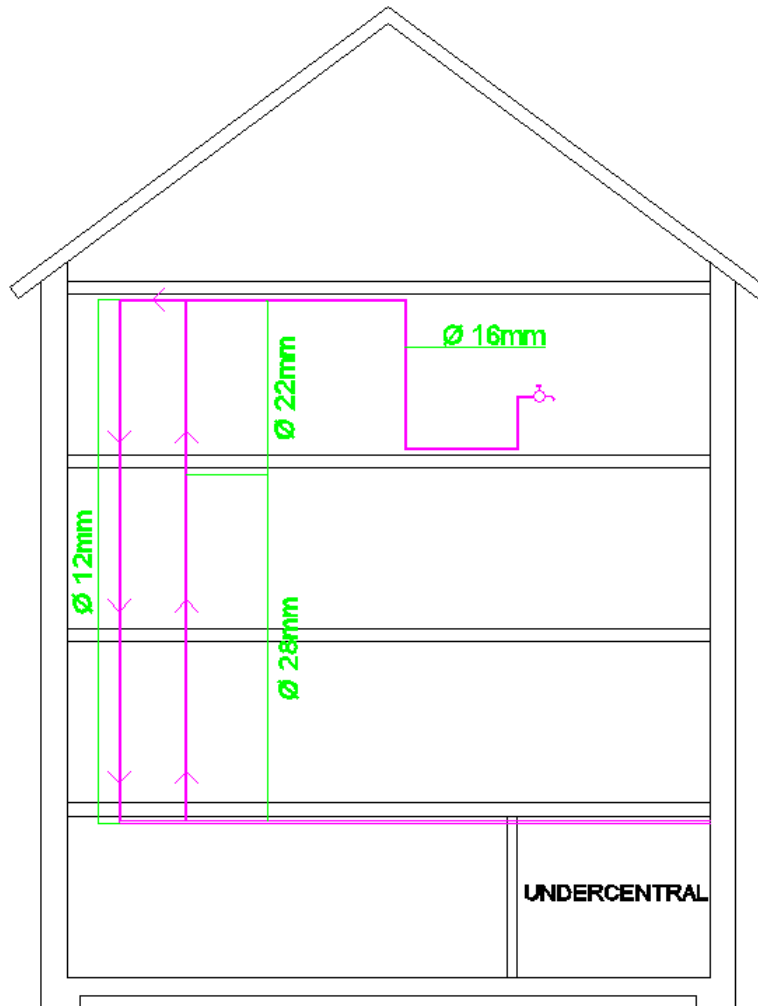
Tabell 3: Temperaturförluster vid olika dimensioner på rör med 20mm isolering.



Enligt *Tabell 3* plockades temperaturen ut vid varje hel timma och användes sedan i programmet Paroc Calculus. Då erhålls effektförlusterna vid varje tidpunkt på dygnet som sedan kan summeras för att få ett värde på Wh/m/dygn. För att sedan erhålla Wh/dygn multipliceras effektförlusterna för respektive rördimension med respektive rörlängd som sedan summeras.

4.5.2 Beräkningsgång av värmeförluster i tappvarmvattensystemet vid vertikal varmvattencirkulation

Vid beräkning av det vertikala vvc-systemet tillkommer ett rör på 12mm, se Figur 11. Det för att åstadkomma den vertikala varmvattencirkulationen.



Figur 11: Skiss över det vertikala vvc-systemet (Auto-Cad 2014).

Vid beräkning av det vertikala vvc-systemet gäller samma förutsättningar som vid beräkning av det horisontella systemet. Indata som används är rörtjocklek, rörlängd, isolertjocklek, vattenvolym, temperatur på vattnet i systemet, avtagande temperaturen och temperatur inne i huset.

Beräkningen av vattnets volym i det vertikala systemet blir i detta fall bara volymen i PEX-röret (16mm) inne i lägenheten. Eftersom detta system ligger vertikalt kommer vattnet endast stå stilla i PEX-röret i lägenheten. Det leder till att bara det stillastående vattnet, kommer att tappas ut för att få nytt varmvatten.

Rörtjockleken som har använts vid beräkningen är hämtade från Bilaga A och är detsamma som för det horisontella systemet förutom den tillkommande vertikala ledningen bestående av.

- 12mm kopparrör med inre diameter om 10mm (Koppar 2014)

Isoleringen som används för beräkningen är Isover ALU comfort, rörsål 7200 med tjockleken 40mm. Ytskiktet på rören är av plastplåt.

Vid beräkning av värmeförluster tas det även här fram ett värde på Wh/dygn. Som vid beräkningen av det horisontella systemet tas bara hänsyn till de vertikalgående rören *Figur 11*. Eftersom vattnet cirkulerar hela tiden så kommer effektförlusterna vara kontinuerliga över hela dygnet och ingen hänsyn behöver tas till hur många gånger per dygn vatten tappas. Annars beräknas värmeförlusten likadant som vid det horisontella systemet.

5. Resultat och analys

5.1 Beräkning av vattenvolym

I avsnittet som följer beräknas rörens volym.

Beräkning av volym för 28 mm kopparrör enligt:

$$V = \pi * 0,0128^2 * 5 = 0,00257 \text{ m}^3 = 2,574 \text{ liter} \quad (5)$$

Beräkning av volym för 22 mm kopparrör enligt:

$$V = \pi * 0,01^2 * 2,5 = 7,854 * 10^{-4} \text{ m}^3 = 0,785 \text{ liter} \quad (5)$$

Beräkning av volym för 16 mm PEX-rör enligt:

$$V = \pi * 0,0058^2 * 10,19 = 0,001077 \text{ m}^3 = 1,077 \text{ liter} \quad (5)$$

5.2 Beräkning av utspolad vattenvolym och tid för spolning i horisontella tappvarmvattensystemet

Summan av alla volymer i de olika rören, blir den totala volymen V_{total} som ska tappas ut innan varmvattnet kommer ur kranen.

$$V_{total} = 2,574 + 0,785 + 1,077 = 4,4 \text{ liter}$$

I ekvation 6 beräknas tiden det tar att tappa ut det avsvalnade vattnet innan varmvattnet kommer till tappstället längst bort från undercentralen.

$$t = \frac{V_{total}}{q} = \frac{4,436}{0,2} = 22,18 \text{ sekunder} \quad (6)$$

5.3 Beräkning av utspolad vattenvolym och tid för spolning i det vertikala varmvattencirkulationssystemet

Endast volymen för vattnet i PEX-röret (16mm) kommer att behöva tappas ut på grund av vvc-systemet.

$$V_{total} = 1,077 = 1,1 \text{ liter}$$

I ekvation 6 beräknas tiden det tar att tappa ut det avsvalnade vattnet innan varmvattnet kommer till tappstället längst bort från undercentralen.

$$t = \frac{V_{total}}{q} = \frac{1,077}{0,2} = 5,4 \text{ sekunder} \quad (6)$$

5.4 Beräkning av värmeförluster i det horisontella varmvattencirkulationssystemet

I *Tabell 4* beräknas effektförlusterna per meter för det horisontella varmvattensystemet. Rören som används är av koppar. Isolering 20mm

Tabell 4: Tabellen visar olika data som tagit fram för uträkningarna av effektförluster med hjälp av Isodiom.

Isolering (mm)	Ytskikt isolering	Rördimensioner (mm)	Effektförluster (W/m)	Rörlängd (m)
20	Kraftpapper	22	6,3	2,5
20	Kraftpapper	28	7,3	5

I *Tabell 5* beräknas effektförlusterna per meter för det horisontella varmvattensystemet med 40mm isolering.

Tabell 5: Tabellen visar olika data som tagit fram för uträkningarna av effektförluster med hjälp av Isodiom.

Isolering (mm)	Ytskikt isolering	Rördimensioner (mm)	Effektförluster (W/m)	Rörlängd (m)
40	Kraftpapper	22	4,5	2,5
40	Kraftpapper	28	5,1	5

För fullständiga uträkningar av värmeförluster se bilaga D, E, F och G. I *Tabell 6 och 7* finns en summering av värmeförlusterna per rör och den totala värmeförlusten av hela det horisontella varmvattensystemet. Där beräkningen för den totala värmeförlusten är den totala effektförlusten multiplicerat med rörlängden.

Tabell 6: Visar förenklad uträkning av den totala värmeförlusten för det horisontella varmvattencirkulationssystemet med 20mm isolering.

Rördimension (mm)	Total effektförlust (W/m/dygn)	Rörlängd (m)	Total värmeförlust (Wh/dygn)
22	52,8	2,5	132
28	70,4	5	352
			$\Sigma = 484$

Resultatet av beräkningarna av den totala värmeförlusten för det horisontella systemet med 20mm isolering är 484 Wh/dygn.

I Tabell 7 är beräkningarna för det horisontella varmvattensystemet med 40mm isolering.

Tabell 7: Visar förenklad uträkning av den totala värmeförlusten för det horisontella varmvattencirkulationssystemet med 40mm isolering.

Rördimension (mm)	Total effektförlust (W/m/dygn)	Rörlängd (m)	Total värmeförlust (Wh/dygn)
22	48,2	2,5	120,5
28	63,6	5	318
			$\Sigma = 438,5$

Resultatet av beräkningarna av den totala värmeförlusten för det horisontella systemet med 40mm isolering är 438,5 Wh/dygn.

5.5 Beräkning av värmeförluster i det vertikala varmvattencirkulationssystemet

I Tabell 8 är effektförlust per meter uppställda för det vertikala vvc-systemet. Rören som används är av koppar. Beräkningen utförs med den nuvarande isolertjockleken 40 mm. Effektförlusterna är framtagna med hjälp av programmet Isodim.

Tabell 8: Tabellen visar kopparrörrensdimensioner, isolering av rören som det utförs idag, ytskikt av isolering och värmeförluster per meter.

Isolering (mm)	Ytskikt isolering	Rördimensioner (mm)	Effektförluster (W/m)	Rörlängd (m)
40	Plastplåt	12	3,3	7,5
40	Plastplåt	22	4,4	2,5
40	Plastplåt	28	5,0	5,0

Eftersom vattnet i den vertikala varmvattencirkulationen hela tiden cirkulerar antar vi att temperaturen kommer vara 53 °C under hela dygnet. Detta leder till att effektförlusten (W/m) multipliceras med 24 timmar och rörlängderna för att få fram (Wh/dygn).

Tabell 9: Visar uträkningen för den totala värmeförlusten av det vertikala vvc-systemet.

Rördimensioner (mm)	Tid (h)	Effektförlust (W/m)	Rörlängd (m)	Total Värmeförlust (Wh/dygn)
12	24	5	5	600
22	24	4,5	2,5	270
28	24	3,3	7,5	594
				$\Sigma = 1464$

Resultatet av beräkningarna sett till ett dygn, blir den totala värmeförlusten för det horisontella systemet 1464 Wh/dygn.

5.6 Jämförelse mellan vertikalt och horisontellt vvc-system

I detta avsnitt sammanställs och jämförs det horisontella systemet med det vertikala. De punkter som kommer att jämföras är:

- Mängd vatten som tappas ut innan varmvatten når tappstället.
- Tid för uttappning av det nedkylda varmvattnet.
- Totala värmeförluster på rörledningarna.
- Horisontellt varmvattensystem med 20mm kontra 40mm isolering.

Tabell 10 visar en sammanställning av det vertikala och det horisontella systemet. De skiljer sig på många sätt då det horisontella systemet har lägre värmeförlust (980 Wh/dygn). Men i det vertikala systemet tappas en mindre mängd vatten (3,3 liter) och tiden för uttappning blir då lägre och skiljer sig 16,8s.

Tabell 10: Sammanställning av resultat.

	Isolertjocklek (mm)	Total värmeförlust (Wh/dygn)	Uttappat vatten (liter)	Tid för uttappning (sekunder)
Vertikalt system	40	1464	1,1	5,4
Horisontellt system	20	484	4,4	22,2
Horisontellt system	40	438,5	4,4	22,2

6. Diskussion och slutsatser

Vid första mötet med företagshandledaren Tony Timm på Inpro Installationsconsult AB medverkade även Rodrigo Fuentes företagsrepresentant för Växjöhem AB då studien gäller ett av deras kvarter. Vid detta möte förklarades problemen och frågeställningarna företaget hade. Vi kom gemensamt fram till att en energikartläggning av kvarteret Kårsbäret skulle utföras.

De första mätvärdena som tillhandahölls gällde total fjärrvärme, kallvattenserviser och elförbrukning för hushållsel och fastighetsel. Vid analys av dessa förstod vi datan var bristfällig. I första läget var tanken att vi kanske hade kompletta mätvärden för ett av bostadshusen så att studien hade fått begränsats till det. När vi fick de nya mätvärdena och de analyserades insåg vi att dessa var ofullständiga, se *bilaga C*. Vid ett möte med handledare bestämde vi gemensamt att fokusera på vvc-systemet och visa hur mätningar teoretiskt skulle kunna genomföras.

6.1 Diskussion värmeförluster vvc-system

Vid beräkning av det horisontella vvc-systemet fanns ingen information kring rördimension och isolertjocklek av rören. Det antogs därför vara 20 mm isolering och samma rördimension som på det nyinstallerade vertikala vvc-systemet. Det kan då bidragit till en felkälla. Då det skiljer sig mycket på värmeförluster för olika rördimensioner och isolertjocklekar.

Programmen Isodim och Parco Calculus kan vara missvisande vid beräkning av värmeförlusterna på rören för att programmen bara kan leverera generella teoretiska uträkningar. Invärdena i programmen är också antagna vilket leder till att även det kan vara en felkälla.

Resultatet vi kom fram till tyder på att man sparar vatten med vertikalt dragen vvc, men att det har högre värmeförluster och större elförbrukning. Eftersom vi inte fick tag i mätvärden för elförbrukningen så kan vi inte ta fram en mer noggrann jämförelse än vad studien presenterar. Studien tyder på att värmeförlusterna kan sänkas mer genom att isolera det horisontella systemet enligt dagens standarder. Eftersom värmeförlusterna kan sänkas i det horisontellt dragna vvc-systemet, tycker vi att ytterligare en djupare studie som undersöker frågeställningen hade varit väldigt intressant.

Bøhm (2013) skriver i sin artikel att det är troligt att varmvattenberedning och distribution av varmvatten i byggnader kommer utgöra en stor del av byggnadens energianvändning. Vi såg på de mätvärden vi fick att de inte fanns någon mätare endast för varmvatten, och att mätningen av den totala energianvändningen var bristfällig. Detta styrks av Bøhm, (2013) som skriver att kunskapen kring detta område är begränsat, och att energimätare sällan mäter enbart varmvattenförbrukningen och därmed fås endast total energianvändning för uppvärmning och varmvatten i byggnaden.

Det resultat vi fick fram tyder på att energianvändningen för ett vvc-system är högt och att värmeförlusterna är omfattande. Enligt Bøhm, (2013) har nya mätningar

visat att inte bara energianvändningen är hög för tappvarmvatten i flerbostadshus utan också att värmeförlusterna är stora i varmvattencirkulationsledningar.

6.2 Slutsatser

Vi blev förvånade av att det var så svårt att få fram mätvärdena för energiuppföljning. Det är bra att tillförlitliga mätare installeras men det är viktigt mätvärdena följs upp och att det kontrolleras att mätarna fungerar. Här behöver nog mer resurser avstättas till drift av systemen.

Resultatet som vi har kommit fram till tycker vi är mycket intressant då det tyder på att det horisontella systemet kan vara billigare i drift än det vertikala. Dock så klarar det horisontella systemet inte av det nya kravet som ställs på tiden för tappning, vilket är ändrat från 30 sekunder till 10 sekunder. Eftersom vi har gjort många antaganden och avgränsningar anser vi att det krävs en mer djupgående studie för att utreda hur värmeförlusterna i ett horisontellt kontra vertikalt vvc-system verkligen ser ut.

7. Referenser

- Alvarez, Henrik 2006. Energiteknik. Del.1. Upplaga 3. Studentlitteratur AB
- Bøhm, B 2013 Production and distribution of domestic hot water in selected Danish apartment buildings and institutions. Analysis of consumption, energy efficiency and the significance for energy design requirements of buildings. Energy Conversion and Management 67 (2013) 152-159 Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enconman.2012.11.002>
- Dodoo, A. Gustavsson, L., Sathre, R. 2011a Primary energy implications of ventilations heat recovery in residential buildings. Energy and Buildings 43(2011) 1566-1572. . Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.02.019>
- Dodoo, A. Gustavsson, L., Sathre, R. 2011b Building energy-efficiency standards in a life cycle primary energy perspective. Energy and Buildings 43 (2011) 1589-1597. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2011.03.002>
- Ejvegård, Rolf 2009. Vetenskaplig metod. Upplaga 4 Studentlitteratur AB.
- Eliasson, Annika 2010. Kvantitativ metod från början, Studentlitteratur AB, Lund
- Energimyndigheten Mars 2014: <https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Varmvatten-och-ventilation/Ventilation/FTX-system/>
- Fuentes, Rodrigo. Levin, Per. 2012 Förstudierapport för Sandviksvägen 38, hyresbostäder i Växjö AB
- Gustavsson, L. Dodoo, A. N.L. Truong, Danielski, I. 2011 Primary energy implications of end-use energy efficiency measures in district heated buildings. Energy and Buildings 43(2011) 38-48. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.enbuild.2010.07.029>
- Hall, Thomas 1990. Rekordåren: En epok i svenskt bostadsbyggande. Upplaga 1:1 Daleke Grafiska AB, Malmö.
- Holme, Idar. Magne, Solvang. Bernt Krohn, 1997, Forskningsmetodik-om kvalitativa och kvantitativa metoder, Studentlitteratur AB, Lund, Sweden
- Koppar dimensioner Mars 2014: www.koppar.com
- Maripuu, Mari-Liss. 2009 Demand Controlled Ventilation (DCV) System in Commercial Buildings. http://www.energy-management.se/attachments/documents/27/avhandling_-_mari-liis_maripuu.pdf
- Mälardalens högskola Mars 2014: <http://www.mdh.se/>
- Nationalencyklopedin Mars 2014: <http://www.ne.se/>
- Patel, Runa. Davidson, Bo. 2011 Forskningsmetodikens grunder: Att planera, genomföra och rapportera en undersökning. Upplaga 4:1 Studentlitteratur AB

Sandin, Kenneth 2010. Praktisk byggnadsfysik. Upplaga 1:2. Studentlitteratur AB

Vvs-handboken för dimension av pexrör Mars 2014: <http://www.vvshandboken.se/>

Waldén, E. & Nyberg, D. 2013. Utvärdering av kulvertförluster: En fallstudie utförd på AB Ronnebyhus. (Student paper). Linnéuniversitetet.

Warfvinge, Catarina. Dahlblom, Mats 2010 Projektering av VVS-installationer Upplaga 1:2 Studentlitteratur AB

7.1 Figur referenser

Figur 1 Mars 2014: Google Earth

<https://www.google.se/maps/place/Sandviksv%C3%A4gen+32/@56.8733479,14.8350845,257m/data=!3m1!1e3!4m2!3m1!1s0x465723c7444dd531:0x497c3642051a4db8>

Figur 2 Mars 2014: <http://www.solvesborgenergi.se/1195>

Figur 3 Mars 2014: <https://www.energimyndigheten.se/Hushall/Varmvatten-och-ventilation/Ventilation/FTX-system/>

Figur 4 Mars 2014: <http://www.armatec.com/se/produkter/varmevaxling-och-ackumulering/fjarrvarmecentraler/fjarrvarmecentral-at-8473>

Figur 5 Mars 2014: <http://www.svenskventilation.se/?id=1379>

Figur 6 Mars 2014: <http://www.flaktwoods.no/ventilasjon/aggregater/econet/>

Figur 7 Mars 2014:

<http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/c/cb/VVC.JPG>

Figur 8 Mars 2014: a).

<http://www.ebmpapst.se/sv/produkter/Radialfl%C3%A4ktar/Enkelsugande-radialfl%C3%A4ktar-med-k%C3%A5pa/G2E180-EH03-01>

Figur 8 Mars 2014: b). <http://www.axialflaktar.se/axialflakt-kanalutforande-afc-vb>

Figur 9 Mars 2014: Skiss gjorde i AutoCAD.

Figur 10 Mars 2014: Skiss gjorde i AutoCAD.

Figur 11 Mars 2014: Skiss gjorde i AutoCAD.

7.2 Datorprogram

Isodim version 3.04: Används för beräkning av värmeförluster.

AutoCAD Architecture 2014: Används för uppritning av skisser och uppmätning av längder samt areor.

PAROC Calculus 1.1.3: Används vid beräkning av temperaturförlusterna.

8. Bilagor

8.1 Bilagsföreteckning

Bilaga A: Relationshandlingar.

Bilaga B: A-relationsritningar.

Bilaga C: Mätvärden Sandviksvägen 32-38.

Bilaga D: Tabell för beräkning av värmeförluster för 28mm rör 20mm isolering

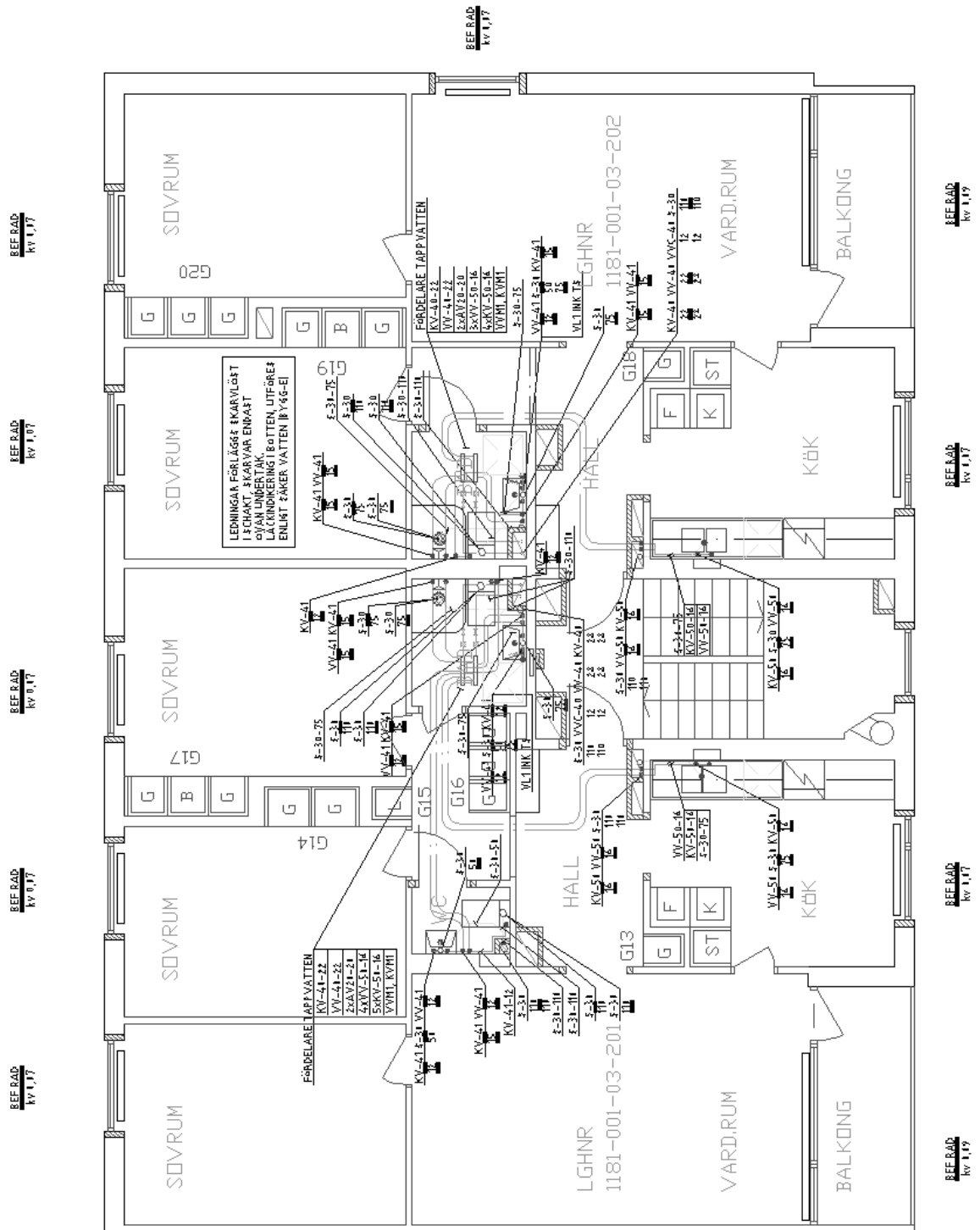
Bilaga E: Tabell för beräkning av värmeförluster för 22mm rör 20mm isolering

Bilaga F: Tabell för beräkning av värmeförluster för 28mm rör 40mm isolering

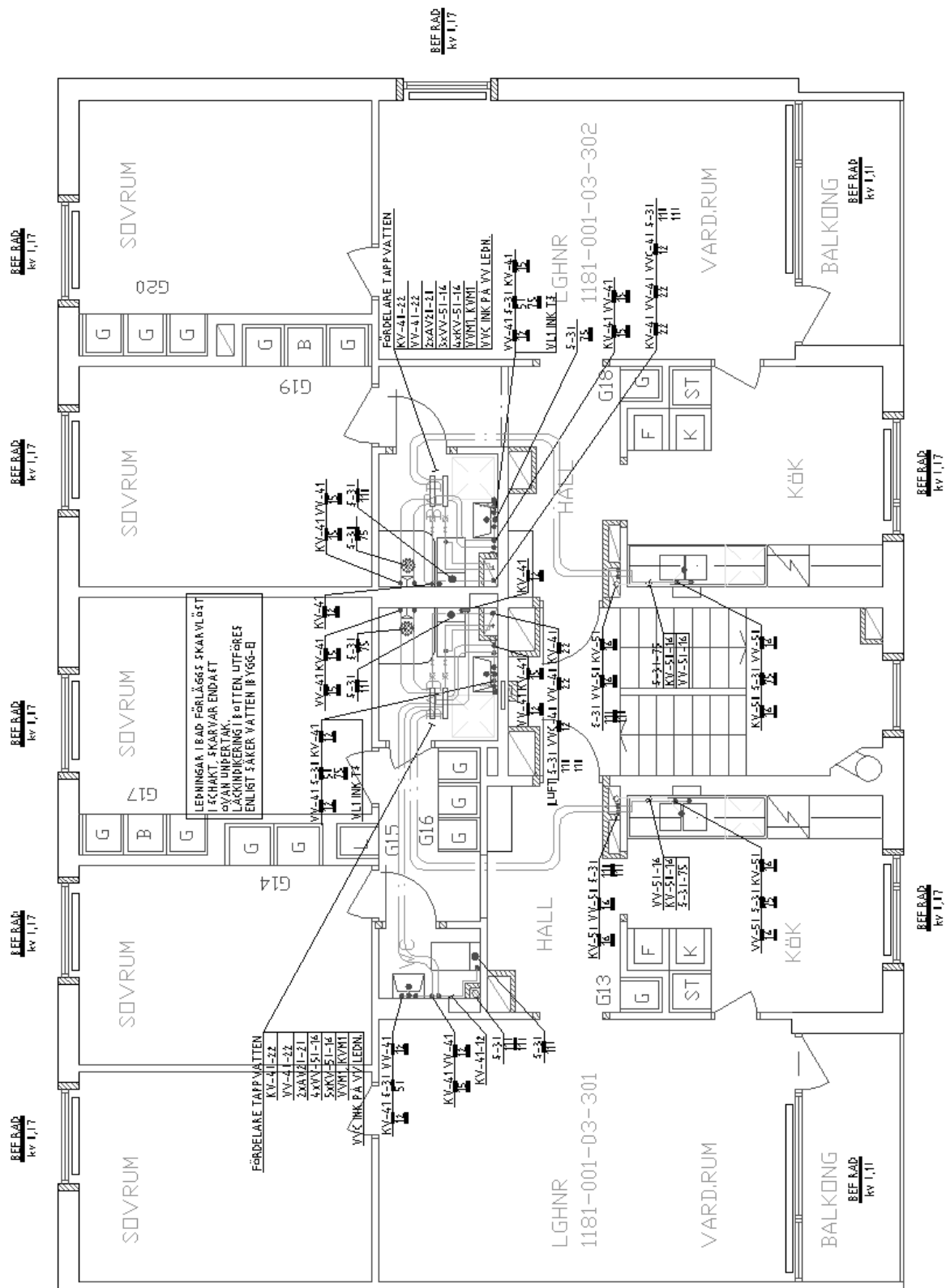
Bilaga G: Tabell för beräkning av värmeförluster för 22mm rör 40mm isolering

BILAGA A

VVS ritningar för hus 1 plan 2

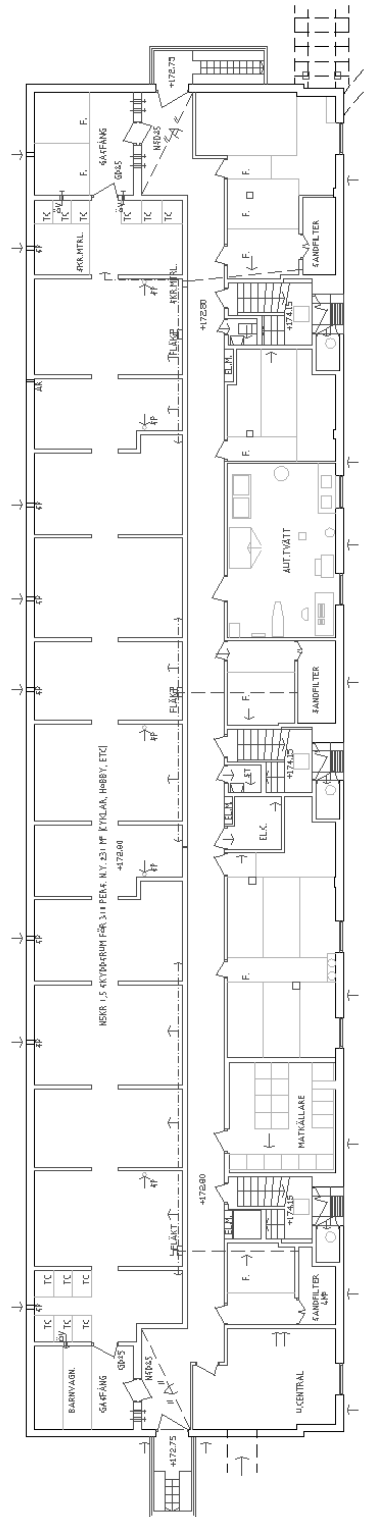


VVS ritning hus 1 plan 3

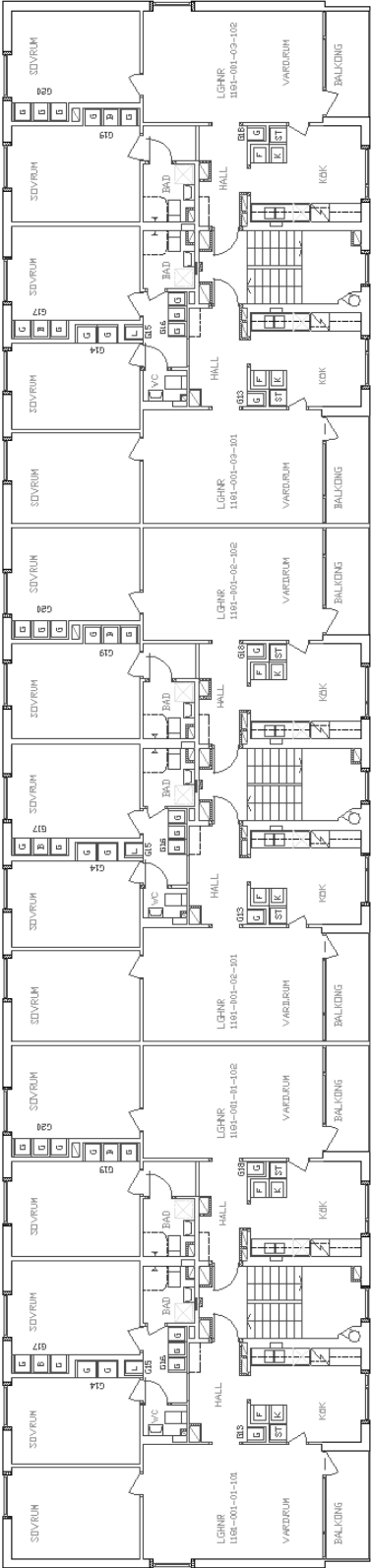


BILAGA B

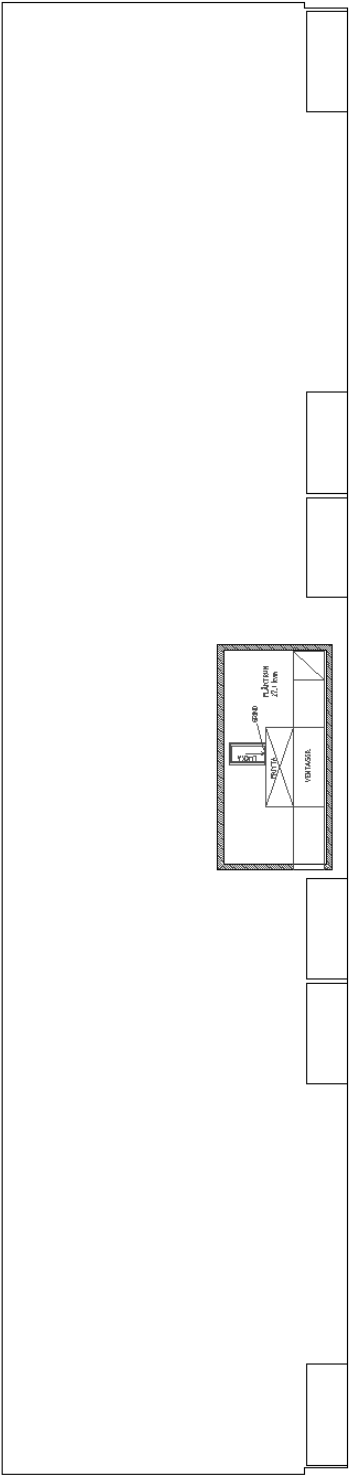
Hus 1 Plan 0



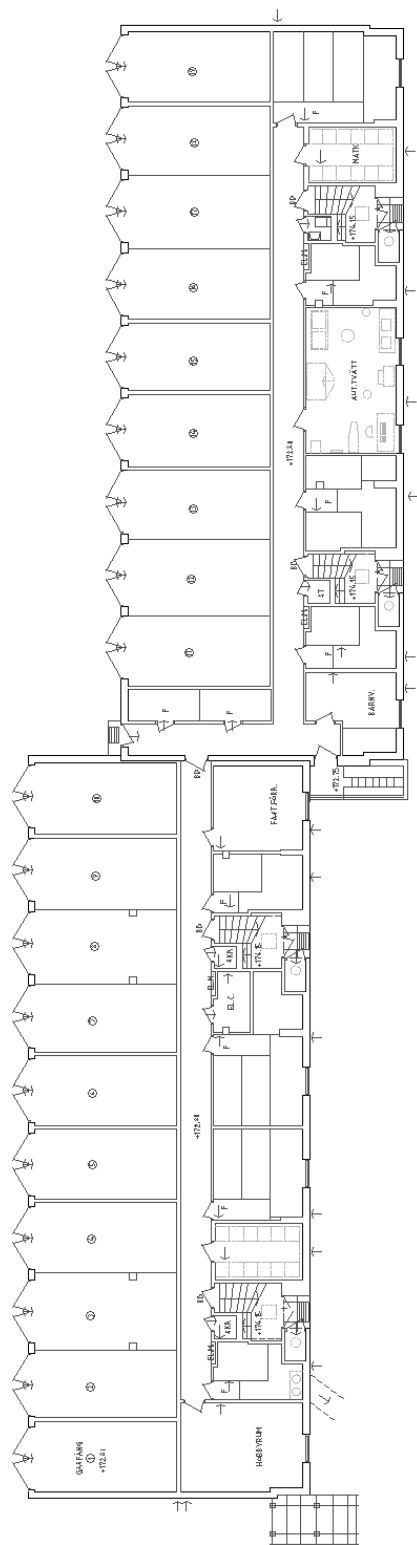
Hus 1 Plan 1-3



Hus 1 Plan 4



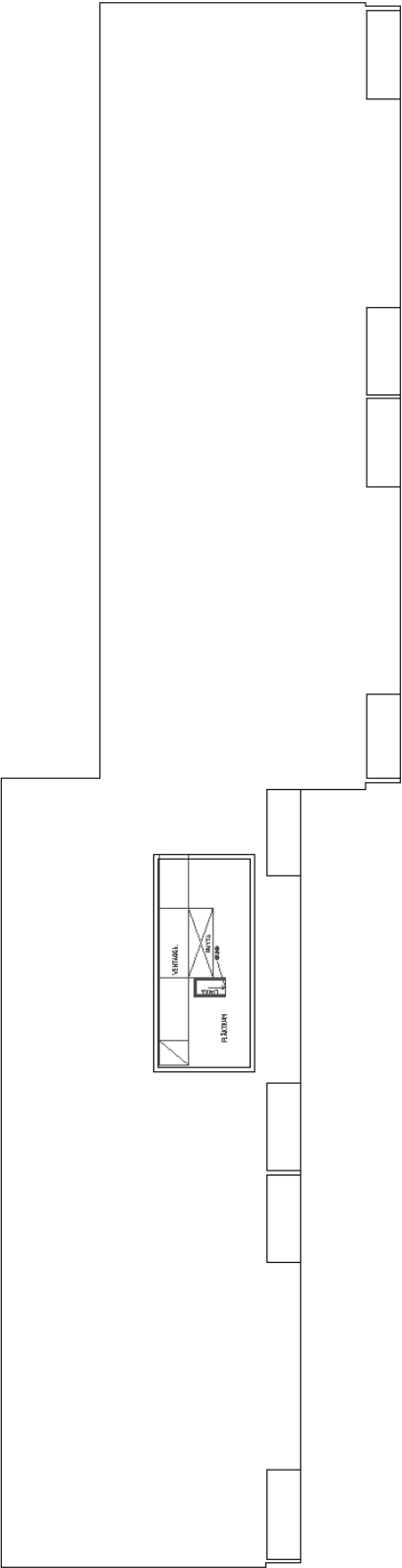
Hus 2 Plan 0



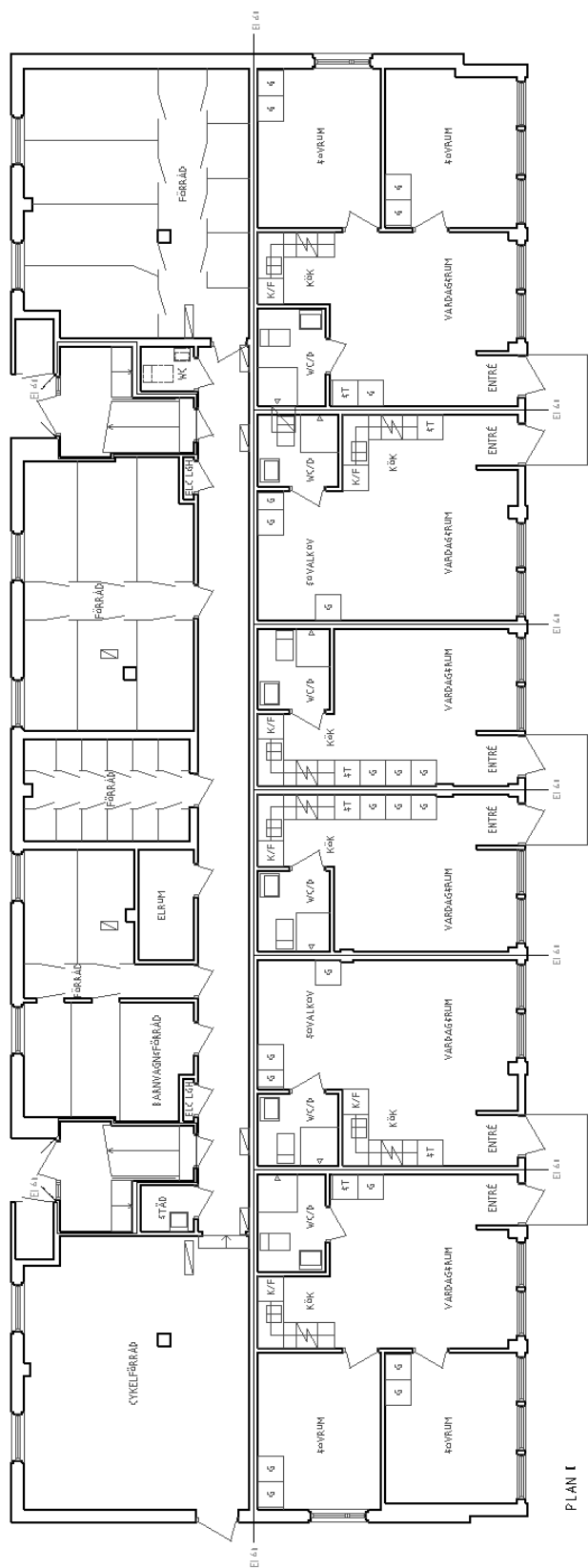
Hus 2 Plan 1-3



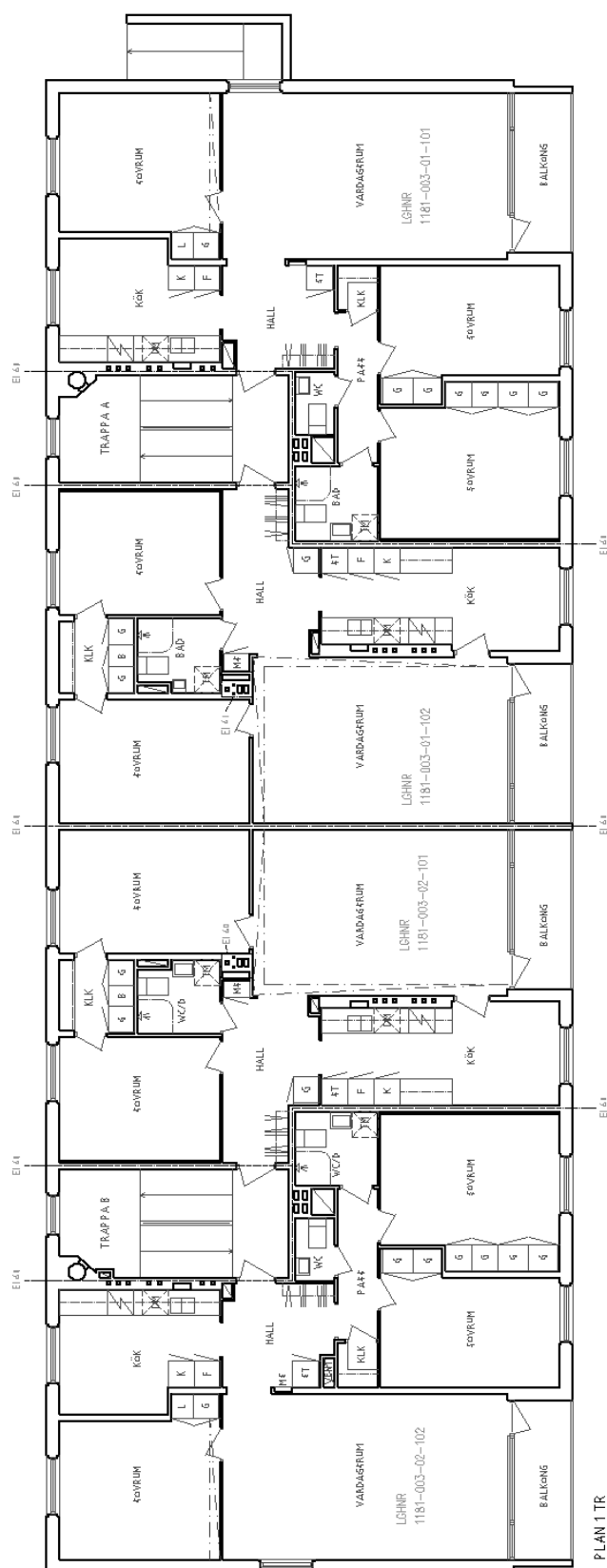
Hus 2 Plan 4



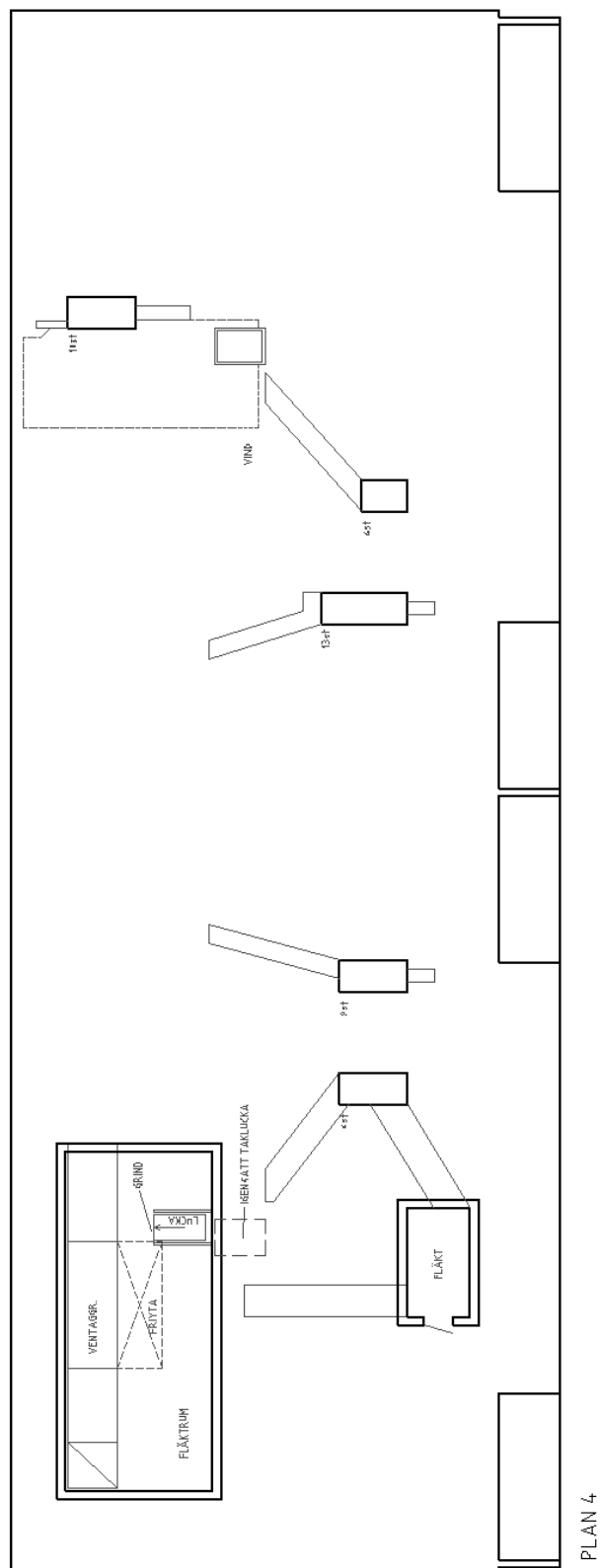
Hus 3 Plan 0



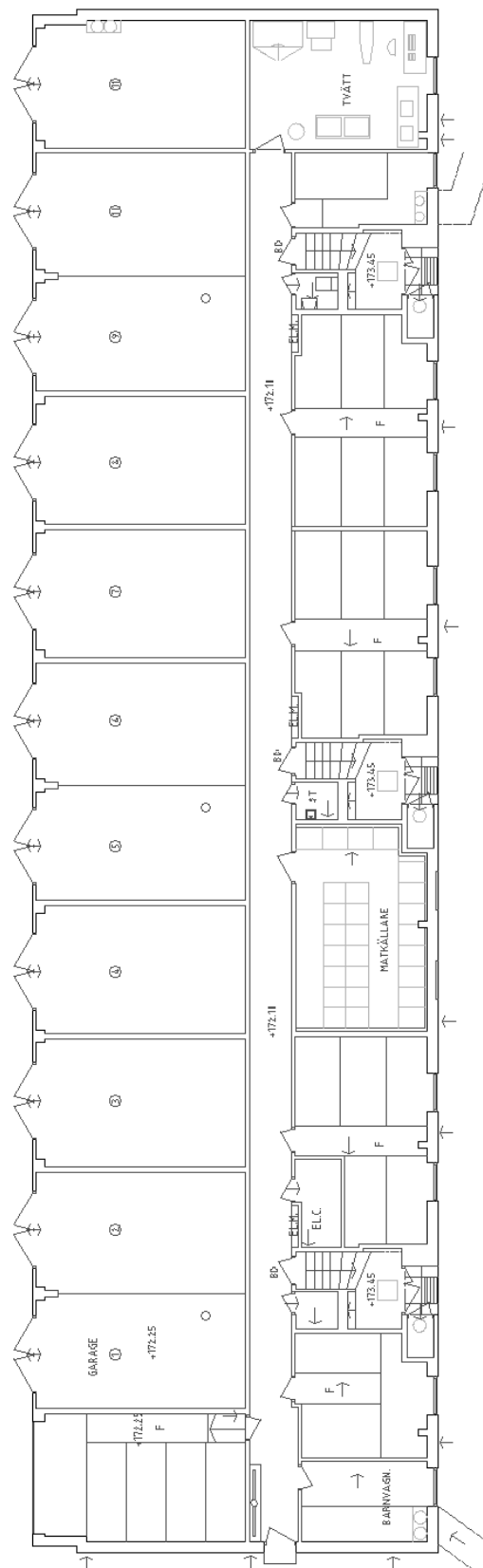
Hus 3 Plan 1-3



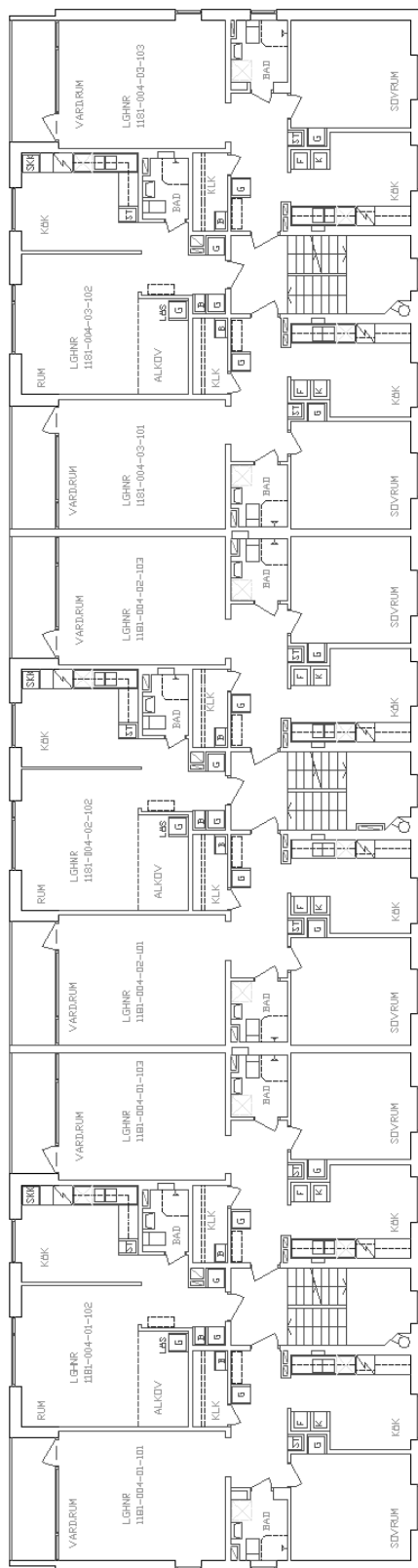
Hus 3 Plan 4



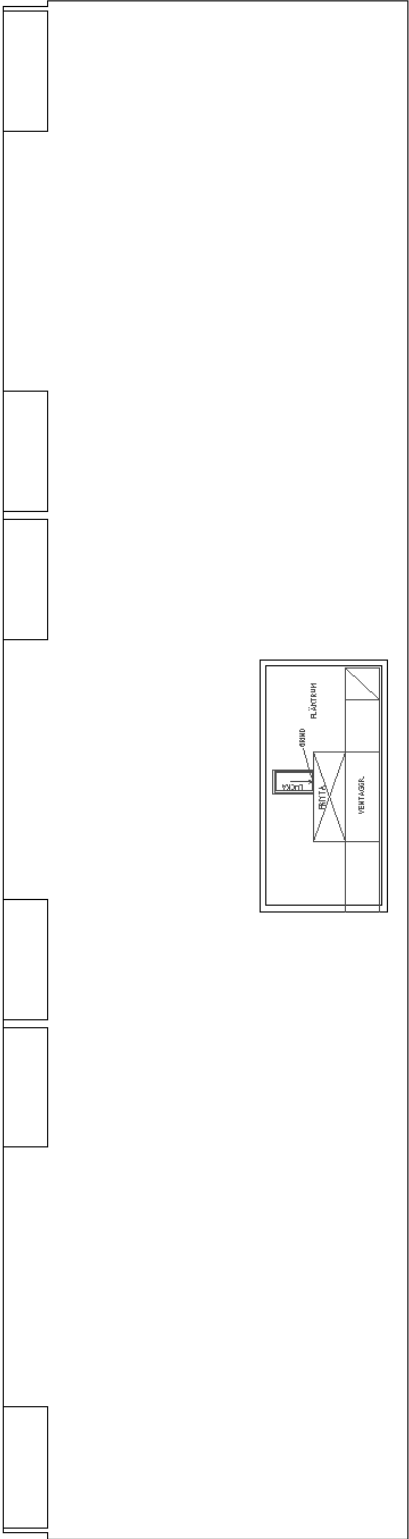
Hus 4 Plan 0



Hus 4 Plan 1-3



Hus 4 Plan 4



BILAGA C

Elmätare hus 1

AS-LA1-ELM1 Elmätare			
	Mätarställning:	Förbrukning:	
13 Mars	0.00	0.00	kWh
13 April	0.00	0.00	kWh
13 Maj	0.00	0.00	kWh
13 Juni	2785.65	2785.65	kWh
13 Juli	3494.89	709.24	kWh
13 Augusti	4206.56	711.67	kWh
13 September	4942.96	736.40	kWh
13 Oktober	5685.52	742.56	kWh
13 November	6412.82	727.30	kWh
13 December	6920.84	508.02	kWh
14 Januari	6920.84	0.00	kWh
14 Februari	4036.53	42946788	kWh

Enhet

☒ kWh

☐ kWh

Spara

Kalibrera

Utskrift

Stäng

Hjälp

Elmätare hus 2

AS-LA2-ELM1 Elmätare			
	Mätarställning:	Förbrukning:	
13 Mars	0.00	0.00	kWh
13 April	0.00	0.00	kWh
13 Maj	0.00	0.00	kWh
13 Juni	1305.83	1305.83	kWh
13 Juli	2191.53	885.70	kWh
13 Augusti	3093.12	901.59	kWh
13 September	3971.19	878.07	kWh
13 Oktober	4877.79	906.60	kWh
13 November	5770.65	892.86	kWh
13 December	6684.93	914.28	kWh
14 Januari	7598.38	913.45	kWh
14 Februari	8419.48	821.10	kWh

Enhet

☒ kWh

☐ kWh

Spara

Kalibrera

Utskrift

Stäng

Hjälp

Elmätare hus 3

AS-LA3-ELM1 Elmätare			
	Mätarställning:	Förbrukning:	
13 Mars	0.00	0.00	kWh
13 April	0.00	0.00	kWh
13 Maj	0.00	0.00	kWh
13 Juni	2409.75	2409.75	kWh
13 Juli	2924.36	514.61	kWh
13 Augusti	3438.00	513.64	kWh
13 September	3938.14	500.14	kWh
13 Oktober	4459.54	521.40	kWh
13 November	4970.55	511.01	kWh
13 December	5503.48	532.93	kWh
14 Januari	6053.33	549.85	kWh
14 Februari	6559.51	506.18	kWh

Enhet

☒ kWh

☐ kWh

Spara

Kalibrera

Utskrift

Stäng

Hjälp

Elmätare hus 4

AS-LA4-ELM1 Elmätare			
	Mätarställning:	Förbrukning:	
13 Mars	0.00	0.00	kWh
13 April	0.00	0.00	kWh
13 Maj	0.00	0.00	kWh
13 Juni	2257.68	2257.68	kWh
13 Juli	3199.47	941.79	kWh
13 Augusti	4247.98	1048.51	kWh
13 September	5272.27	1024.29	kWh
13 Oktober	6333.16	1060.89	kWh
13 November	7352.75	1019.59	kWh
13 December	640000.63	632647.81	kWh
14 Januari	0.00	0.00	kWh
14 Februari	313.63	313.63	kWh

Enhet

☒ kWh

☐ kWh

Spara

Kalibrera

Utskrift

Stäng

Hjälp

Värmängdsmätare hus 1

	Mätarställning:	Förbrukning:	
13 Mars	0.000	0.000	MWh
13 April	0.000	0.000	MWh
13 Maj	0.000	0.000	MWh
13 Juni	0.675	0.675	MWh
13 Juli	1.070	0.395	MWh
13 Augusti	2.226	1.156	MWh
13 September	5.550	3.324	MWh
13 Oktober	11.594	6.044	MWh
13 November	21.225	9.631	MWh
13 December	33.139	11.914	MWh
14 Januari	49.872	16.733	MWh
14 Februari	61.009	11.137	MWh

Enhet

☒ MWh

☐ MWh

Spara

Kalibrera

Utskrift

Stäng

Hjälp

Värmängdsmätare hus 2

	Mätarställning:	Förbrukning:	
13 Mars	0.000	0.000	MWh
13 April	0.000	0.000	MWh
13 Maj	0.000	0.000	MWh
13 Juni	13270.751	13270.75	MWh
13 Juli	13270.751	0.000	MWh
13 Augusti	13270.751	0.000	MWh
13 September	13270.751	0.000	MWh
13 Oktober	13270.751	0.000	MWh
13 November	13270.751	0.000	MWh
13 December	13270.751	0.000	MWh
14 Januari	110.000	0.000	MWh
14 Februari	130.823	20.823	MWh

Enhet

☒ MWh

☐ MWh

Spara

Kalibrera

Utskrift

Stäng

Hjälp

Värmängdsmätare hus 3

VS1-HUS3-VMM1 Energi

	Mätarställning:	Förbrukning:	
13 Mars	0.000	0.000	MWh
13 April	0.000	0.000	MWh
13 Maj	0.000	0.000	MWh
13 Juni	0.000	0.000	MWh
13 Juli	0.000	0.000	MWh
13 Augusti	0.000	0.000	MWh
13 September	0.000	0.000	MWh
13 Oktober	0.000	0.000	MWh
13 November	0.000	0.000	MWh
13 December	28.261	28.261	MWh
14 Januari	40.000	0.000	MWh
14 Februari	72.754	32.754	MWh

Enhet
☒ MWh
☐ MWh

Spara
Kalibrera
Utskrift
Stäng
Hjälp

Värmängdsmätare hus 4

VS1-HUS4-VMM1 Energi

	Mätarställning:	Förbrukning:	
13 Mars	0.000	0.000	MWh
13 April	0.000	0.000	MWh
13 Maj	0.000	0.000	MWh
13 Juni	1.127	1.127	MWh
13 Juli	1.542	0.415	MWh
13 Augusti	3.135	1.593	MWh
13 September	8.117	4.982	MWh
13 Oktober	16.819	8.702	MWh
13 November	31.699	14.880	MWh
13 December	50.861	19.162	MWh
14 Januari	75.992	25.131	MWh
14 Februari	93.711	17.719	MWh

Enhet
☒ MWh
☐ MWh

Spara
Kalibrera
Utskrift
Stäng
Hjälp

Energiförbrukning, total (kWh)
(normalårskorrigerad)

Månad	2013	2014	Diff/Period
Jan		119 376 813	
Feb		109 640 957	
Mar			
Apr			
Maj			
Jun	17 548 800		
Jul	25 614 000		
Aug	22 545 710		
Sep	33 335 000		
Okt	56 601 600		
Nov	79 554 774		
Dec	108 007 202		
Total	343 207 087	229 017 770	-33%
Ackum	0	229 017 770	#####

Fastighetsel körsbäret 32-38

Elektricitet (kWh)

Månad	2012	2013	2014	Diff/Period
Jan	5 715	8 996	8 394	-7%
Feb	5 030	8 140	7 337	-10%
Mar	5 353	6 669		
Apr	4 955	6 807		
Maj	4 956	6 784		
Jun	4 657	6 369		
Jul	4 739	6 906		
Aug	6 028	7 190		
Sep	11 730	7 277		
Okt	12 535	7 876		
Nov	7 943	7 938		
Dec	9 384	8 216		
Total	83 025	89 168	15 731	-82%
Ackum	10 745	17 136	15 731	-8%

Sekundär värme ventilation

KyKireshet - 2014-03-28 15:50 - BAS2 Styr

Avb. Larm Gjelt. Inställningar 1506

Energiförbrukning Värme Ventilation

Sekundär värme Ventilation /HUS 1

Logg

LA1-VMM1 Energi /Total	2.282 MWh
LA1-VMM1 Akt. Effekt uttag	0.000 kW
LA1-VMM1 Flöde /mom. /h	0.000 m³/h
LA1-VMM1-GT4:1 Tilloppstemp.	25.9 °C
LA1-VMM1-GT4:2 Returtemp.	20.9 °C
LA1-VMM1 Temp. Differens	5.0 °C

Sekundär värme Ventilation /HUS 2

Logg

LA2-VMM1 Energi /Total	0.253 MWh
LA2-VMM1 Akt. Effekt uttag	8.000 kW
LA2-VMM1 Flöde /mom. /h	0.000 m³/h
LA2-VMM1-GT4:1 Tilloppstemp.	20.5 °C
LA2-VMM1-GT4:2 Returtemp.	19.6 °C
LA2-VMM1 Temp. Differens	0.8 °C

Sekundär värme Ventilation /HUS 3

Logg

LA3-VMM1 Energi /Total	7.200 MWh
LA3-VMM1 Akt. Effekt uttag	0.000 kW
LA3-VMM1 Flöde /mom. /h	0.000 m³/h
LA3-VMM1-GT4:1 Tilloppstemp.	21.2 °C
LA3-VMM1-GT4:2 Returtemp.	19.8 °C
LA3-VMM1 Temp. Differens	1.4 °C

Sekundär värme Ventilation /HUS 4

Logg

LA4-VMM1 Energi /Total	1.804 MWh
LA4-VMM1 Akt. Effekt uttag	0.000 kW
LA4-VMM1 Flöde /mom. /h	0.000 m³/h
LA4-VMM1-GT4:1 Tilloppstemp.	20.2 °C
LA4-VMM1-GT4:2 Returtemp.	19.7 °C
LA4-VMM1 Temp. Differens	0.6 °C

Ullstet ej kvitterat 1C Larm LA3-GP42 HÖGT Tryckfall filter/frånluft 140328 06:35

Sekundär värme

KvKirsbært - 2014-02-20 15:36 - BAS2 Styr

Årso Lam Objekt Inställningar 1500

Energibrukning/Värme Total

Sekundär värme /HUS 1

Logg

VS1-HUS1-VMM1 Energi /Total	70.226 MWh
VS1-HUS1-VMM1 Akt. Effekt uttag	5.50 kW
VS1-HUS1-VMM1 Flöde /mom. /h	2.678 m³/h
VS1-HUS1-VMM1-GT4:1 Tilloppstemp.	30.1 °C
VS1-HUS1-VMM1-GT4:2 Returtemp.	28.3 °C
VS1-HUS1-VMM1 Temp. Differens	1.8 °C

Sekundär värme /HUS 2

Logg

VS1-HUS2-VMM1 Energi /Total	150.771 MWh
VS1-HUS2-VMM1 Akt. Effekt uttag	11.95 kW
VS1-HUS2-VMM1 Flöde /mom. /h	2.894 m³/h
VS1-HUS2-VMM1-GT4:1 Tilloppstemp.	30.6 °C
VS1-HUS2-VMM1-GT4:2 Returtemp.	27.2 °C
VS1-HUS2-VMM1 Temp. Differens	3.6 °C

Sekundär värme /HUS 3

Logg

VS1-HUS3-VMM1 Energi /Total	83.106 MWh
VS1-HUS3-VMM1 Akt. Effekt uttag	5.35 kW
VS1-HUS3-VMM1 Flöde /mom. /h	1.488 m³/h
VS1-HUS3-VMM1-GT4:1 Tilloppstemp.	30.3 °C
VS1-HUS3-VMM1-GT4:2 Returtemp.	27.2 °C
VS1-HUS3-VMM1 Temp. Differens	3.1 °C

Sekundär värme /HUS 4

Logg

VS1-HUS4-VMM1 Energi /Total	107.611 MWh
VS1-HUS4-VMM1 Akt. Effekt uttag	7.31 kW
VS1-HUS4-VMM1 Flöde /mom. /h	2.380 m³/h
VS1-HUS4-VMM1-GT4:1 Tilloppstemp.	30.6 °C
VS1-HUS4-VMM1-GT4:2 Returtemp.	27.6 °C
VS1-HUS4-VMM1 Temp. Differens	2.8 °C

Ullstet-ei Kalltørst - 3-Larm (A3-GP42 HÖGT tryckfall övergått)

140220 08:35

Energiåtgång ventilation hus 1

	Mätarställning:	Förbrukning:	
13 Mars	0.000	0.000	MWh
13 April	0.000	0.000	MWh
13 Maj	0.000	0.000	MWh
13 Juni	0.327	0.327	MWh
13 Juli	0.327	0.000	MWh
13 Augusti	0.327	0.000	MWh
13 September	0.413	0.086	MWh
13 Oktober	0.413	0.000	MWh
13 November	0.459	0.046	MWh
13 December	0.500	0.041	MWh
14 Januari	2.114	1.614	MWh
14 Februari	2.189	0.075	MWh

Enhet

☒ MWh

☐ MWh

Spara

Kalibrera

Utskrift

Stäng

Hjäl

Energiåtgång ventilation hus 2

	Mätarställning:	Förbrukning:	
13 Mars	0.000	0.000	MWh
13 April	0.000	0.000	MWh
13 Maj	0.000	0.000	MWh
13 Juni	0.056	0.056	MWh
13 Juli	0.056	0.000	MWh
13 Augusti	0.056	0.000	MWh
13 September	0.056	0.000	MWh
13 Oktober	0.056	0.000	MWh
13 November	0.056	0.000	MWh
13 December	0.056	0.000	MWh
14 Januari	0.180	0.000	MWh
14 Februari	0.218	0.038	MWh

Enhet

☒ MWh

☐ MWh

Spara

Kalibrera

Utskrift

Stäng

Hjäl

Energiåtgång ventilation hus 3

	Mätarställning:	Förbrukning:	
13 Mars	0.000	0.000	MWh
13 April	0.000	0.000	MWh
13 Maj	0.000	0.000	MWh
13 Juni	5.565	5.565	MWh
13 Juli	5.565	0.000	MWh
13 Augusti	5.565	0.000	MWh
13 September	5.566	0.001	MWh
13 Oktober	5.573	0.007	MWh
13 November	5.708	0.135	MWh
13 December	5.809	0.101	MWh
14 Januari	7.023	1.214	MWh
14 Februari	7.114	0.091	MWh

Enhet

☒ MWh

☐ MWh

Spara

Kalibrera

Utskrift

Stäng

Hjäl

Energiåtgång ventilation hus 4

	Mätarställning:	Förbrukning:	
13 Mars	0.000	0.000	MWh
13 April	0.000	0.000	MWh
13 Maj	0.000	0.000	MWh
13 Juni	0.568	0.568	MWh
13 Juli	0.568	0.000	MWh
13 Augusti	0.568	0.000	MWh
13 September	0.568	0.000	MWh
13 Oktober	0.573	0.005	MWh
13 November	0.663	0.090	MWh
13 December	31.956	31.293	MWh
14 Januari	15.000	0.000	MWh
14 Februari	1.760	4294954.1	MWh

Enhet

☒ MWh

☐ MWh

Spara

Kalibrera

Utskrift

Stäng

Hjäl

BILAGA D

Tabell för beräkning av värmeförluster för 28mm rör, 20mm isolering

Tid (h)	Temperatur (grader)	Effektförlust (W/m)	Rörlängd (m)	Värmeförlust (Wh)
00.00	32	2,6	5	13
01.00	30	2,1	5	10,5
02.00	28	1,7	5	8,5
03.00	27	1,5	5	7,5
04.00	26	1,3	5	6,5
05.00	25	1,1	5	5,5
06.00	24	0,8	5	4
07.00	53	7,3	5	36,5
08.00	45	5,5	5	27,5
09.00	41	4,6	5	23
10.00	37	3,7	5	18,5
11.00	34	3	5	15
12.00	32	2,6	5	13
13.00	30	2,1	5	10,5
14.00	28	1,7	5	8,5
15.00	27	1,5	5	7,5
16.00	26	1,3	5	6,5
17.00	25	1,1	5	5,5
18.00	24	0,8	5	4
19.00	53	7,3	5	36,5
20.00	45	5,5	5	27,5
21.00	41	4,6	5	23
22.00	37	3,7	5	18,5
23.00	34	3	5	15
				$\Sigma=352$ Wh/dygn

BILAGA E

Tabell för beräkning av värmeförluster för 22mm rör, 20mm isolering

Tid (h)	Temperatur (grader)	Effektförlust (W/m)	Rörlängd (m)	Värmeförlust (Wh)
00.00	30	1,8	2,5	4,5
01.00	28	1,5	2,5	3,75
02.00	26	1,1	2,5	2,75
03.00	25	0,9	2,5	2,25
04.00	24	0,7	2,5	1,75
05.00	23	0,5	2,5	1,25
06.00	23	0,5	2,5	1,25
07.00	53	6,3	2,5	15,75
08.00	44	4,5	2,5	11,25
09.00	39	3,6	2,5	9
10.00	35	2,8	2,5	7
11.00	32	2,2	2,5	5,5
12.00	30	1,8	2,5	4,5
13.00	28	1,5	2,5	3,75
14.00	26	1,1	2,5	2,75
15.00	25	0,9	2,5	2,25
16.00	24	0,7	2,5	1,75
17.00	23	0,5	2,5	1,25
18.00	23	0,5	2,5	1,25
19.00	53	6,3	2,5	15,75
20.00	44	4,5	2,5	11,25
21.00	39	3,6	2,5	9
22.00	35	2,8	2,5	7
23.00	32	2,2	2,5	5,5
				$\Sigma=132$ Wh/dygn

BILAGA F

Tabell för beräkning av värmeförluster för 28mm rör, isolering 40mm

Tid (h)	Temperatur (grader)	Effektförlust (W/m)	Rörlängd (m)	Värmeförlust (Wh)
00.00	37	2,6	5	13
01.00	35	2,3	5	11,5
02.00	33	2	5	10
03.00	31	1,7	5	8,5
04.00	30	1,5	5	7,5
05.00	29	1,3	5	6,5
06.00	28	1,2	5	6
07.00	53	5,1	5	25,5
08.00	48	4,3	5	21,5
09.00	44	3,7	5	18,5
10.00	41	3,2	5	16
11.00	39	2,9	5	14,5
12.00	37	2,6	5	13
13.00	35	2,3	5	11,5
14.00	33	2	5	10
15.00	31	1,7	5	8,5
16.00	30	1,5	5	7,5
17.00	29	1,3	5	6,5
18.00	28	1,2	5	6
19.00	53	5,1	5	25,5
20.00	48	4,3	5	21,5
21.00	44	3,7	5	18,5
22.00	41	3,2	5	16
23.00	39	2,9	5	14,5
				$\Sigma=318$ Wh/dygn

BILAGA G

Tabell för beräkning av värmeförluster för 22mm rör, isolering 40mm

Tid (h)	Temperatur (grader)	Effektförlust (W/m)	Rörlängd (m)	Värmeförlust (Wh)
00.00	34	1,9	2,5	4,75
01.00	32	1,6	2,5	4
02.00	30	1,3	2,5	3,25
03.00	29	1,2	2,5	3
04.00	27	0,9	2,5	2,25
05.00	26	0,8	2,5	2
06.00	25	0,7	2,5	1,75
07.00	53	4,5	2,5	11,25
08.00	46	3,5	2,5	8,75
09.00	42	3	2,5	7,5
10.00	39	2,6	2,5	6,5
11.00	36	2,1	2,5	5,25
12.00	34	1,9	2,5	4,75
13.00	32	1,6	2,5	4
14.00	30	1,3	2,5	3,25
15.00	29	1,2	2,5	3
16.00	27	0,9	2,5	2,25
17.00	26	0,8	2,5	2
18.00	25	0,7	2,5	1,75
19.00	53	4,5	2,5	11,25
20.00	46	3,5	2,5	8,75
21.00	42	3	2,5	7,5
22.00	39	2,6	2,5	6,5
23.00	36	2,1	2,5	5,25
				$\Sigma=120,5$ Wh/dygn

Linnéuniversitetet

Kalmar Växjö

Fakulteten för teknik
391 82 Kalmar | 351 95 Växjö
Tel 0772-28 80 00
teknik@lnu.se
Lnu.se/fakulteten-for-teknik