



**MÄLARDALENS HÖGSKOLA  
ESKILSTUNA VÄSTERÅS**

# BADRUMSRENOVERING I BOSTÄDER

Jämförelse mellan radiatorsystem och golvvärmesystem ur energi-, fukt- och komfortaspekt i Västerås

**ISAK ALSTERLUND**

**LUKAS DAVIDSSON**

Akademien för ekonomi, samhälle och teknik

*Kurs:* Examensarbete, Byggnadsteknik  
*Kurskod:* BTA205  
*Ämne:* Byggnadsteknik  
*Högskolepoäng:* 15 hp  
*Program:* Högskoleingenjörsprogrammet i byggnadsteknik

*Handledare:* Zahra Shadravan & Amir Vadiee  
*Examinator:* Lena Johansson Westholm  
*Datum:* 2019-08-23  
*E-post:*  
[Iad16001@student.mdh.se](mailto:Iad16001@student.mdh.se)  
[Ldn16001@student.mdh.se](mailto:Ldn16001@student.mdh.se)



## **ABSTRACT**

This degree project cover renovation of sanitary rooms with focus on an exchange from a radiator system to an underfloor heating system out of the three aspects energy, moisture and thermal comfort. The used method is literature study, interview, case study and calculations. When a radiator system is replaced with an underfloor heating system the energy demand will decrease due to a possible temperature reduction. The power requirement for the bathrooms will be reduced if the finish material have a higher density and the volume of the room is small. The moisture aspect can in some cases deteriorate with the replacement of systems. It is possible to achieve the same thermal comfort with any system, but it is easier to adjust with an underfloor heating system. An exchange from a radiator system to an underfloor heating system is possible. The energy and thermal comfort aspects improves, but the moisture aspect will potentially degrade.

**Keywords:** Building, sanitary room, renovation, heating system, radiator system, underfloor heating, energy, moisture, thermal comfort

# FÖRORD

Detta examensarbete på 15 högskolepoäng har utförts som ett avslutande arbete för Högskoleingenjörsprogrammet inom byggnadsteknik på Mälardalens Högskola i Västerås. Arbetet utfördes på eget initiativ under våren 2019, med hjälp av våra handledare Zahra Shadravan och Amir Vadiee samt vår examinator Lena Johansson Westholm, där samtliga arbetare på Akademin för hållbar samhälls- och teknikutveckling vid Mälardalens Högskola i Västerås.

Idén till arbetet utformades av oss men hjälp av handledare och lärare från Akademin för hållbar samhälls- och teknikutveckling vid Mälardalens Högskola i Västerås. Idén till arbetet fokuserar på att undersöka ett utbyte av värmesystem vid en renovering. Under arbetets gång kontaktades Thomas Wall på Bostad AB Mimer som medverkade på en intervju.

Vi vill tacka samtliga som har hjälpt oss med genomförandet av denna kandidatuppsats. Våra handledare Zahra Shadravan och Amir Vadiee har haft stor betydelse för innehållet i arbetet, vi vill därför rikta ett speciellt tack till er. Vi vill ge ett stort tack till vår examinator Lena Johansson Westholm. Ett tack riktas till Thomas Wall för deltagande i intervju.

Till sist vill vi tack våra nära och kära som lyssnat, hjälpt och uppmuntrat under arbetets gång. Ni har varit ett tacksamt stöd i svåra stunder.

Västerås, Augusti 2019

*Isak Alsterlund och Lukas Davidsson*



## SAMMANFATTNING

Det finns många äldre flerbostadshus i Sverige. Av dessa är det ett antal som är i behov av renovering. Under renoveringen kan byggnadens påverkan på miljön minskas genom att minska byggnadens energianvändning. Ett tillvägagångsätt är att byta värmesystem. Detta skulle också kunna höja byggnadens komfort och potentiellt förbättra fuktens påverkan på byggnaden. Byggnadernas standarder ses också över och vid behov renoveras och anpassas för att följa dagens standarder. Det kommer alltid finnas ett behov av renovering och med det bör de olika beslutens resultat undersökas.

Arbetet undersöker ingående tekniker för energi, fukt och komfort vid badrumsrenovering. Syftet är att redogöra för ett byte från ett radiatorsystem till ett golvvärmesystem i badrum och beskriva sambandet till energi, fukt och komfort.

Arbetet utformas med hjälp av en litteraturstudie, intervju, fallstudie och beräkningar. Intervjun utfördes med en projektchef som arbetar med projektering av bostadsrenoveringar i Västerås. I arbetet undersöks två badrum med två typer av utformning. Skillnaderna mellan badrummen är storlek och utformning. Typutformningen varierar i med vilket ytmaterial som nyttjas. Beräkningarna som förekommer i arbetet är fokuserade på energi och komfort.

Resultaten av arbetet är att en badrumsrenovering ska omfatta byte av allt tät- och ytskikt samt byte av inredning, installationer, brunnar och rör. Anpassning till särskilda standarder kan komma att behöva göras. Bostadsbolaget Mimer AB, med innehav av mer än 11 000 hyreslägenheter, utför sina renoveringar på detta vis. Det finns ett antal olika tekniker som kan användas vid en badrumsrenovering. De tekniker som är i fokus är vattenburet och elburet radiatorsystem och golvvärmesystem, tilläggsisolering, keramiska plattor med tätskikt, polyvinylklorid och komfortvärme. Ur energi- och komfortaspekt verkar golvvärmen vara bättre än radiatorer, dock kan fuktaspekten försämrats.

Energibehovet för uppvärmning minskar om temperaturen i badrummen sänks och klinker används som ytmaterial. Med ett golvvärmesystem kan en lägre temperatur nyttjas än vid användning av ett radiatorsystem. Det gör att valet av värmesystem blir viktigt i frågan om energianvändning. Det är fördelaktigt med ett lågt effektbehov i badrummen då det leder till att värmesystemet blir mindre. För att minska effektbehovet bör tunga material som ytskikt användas, rummet vara litet och välisolerat.

Med både radiatorsystem och golvvärmesystem finns det risker för fuktskador. Golvvärmesystemen är dock sämre ur fuktsynpunkt. Detta eftersom det finns fler risker för vattenskador med ett golvvärmesystem. Om värmesystemet är elburet kan vissa risker för fuktskador elimineras.

Komforten i ett badrum påverkas av många olika faktorer. Komforten kan uppnås på ett flertal olika sättet med både radiator- och golvvärmesystem. Det bästa sättet att anpassa komforten är att anpassa medelstälningstemperaturen och försöka att hålla denna jämn. Genom det är golvvärmesystem enklare att använda då det blir en större yta som värmer rummet.

Slutsatserna som kan dras av arbetet är att ett byte från ett radiatorsystem till ett golvvärmesystem skulle förbättra energi- och komfortaspekten, samt att det finns en risk för att fuktaspekten vid enstaka fall kan försämrast.

**Nyckelord:** Byggnad, badrum, renovering, värmesystem, radiatorsystem, golvvärmesystem, energi, fukt, termisk komfort



# INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b> .....	FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.
1.1	Bakgrund.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
1.2	Syfte .....	2
1.3	Frågeställningar.....	2
1.4	Avgränsning .....	2
<b>2</b>	<b>METOD</b> .....	<b>3</b>
2.1	Litteraturstudie .....	3
2.2	Intervju .....	3
2.3	Fallstudie.....	4
2.4	Beräkningar .....	4
<b>3</b>	<b>LITTERATURSTUDIE</b> .....	<b>5</b>
3.1	Badrumsrenovering .....	5
3.1.1	Praktiskt utförande .....	5
3.1.2	Fuktskador i bostäder respektive badrum.....	6
3.1.3	Energibesparing och hållbarhet.....	6
3.1.4	Kostnader .....	7
3.2	Värmesystem .....	7
3.2.1	Vattenburet radiatorsystem .....	7
3.2.2	Elburet radiatorsystem .....	10
3.2.3	Vattenburet golvvärmesystem.....	11
3.2.4	Elburet golvvärmesystem.....	12
3.3	Energi.....	13
3.3.1	Energianvändning .....	13
3.3.2	Effektbehov.....	14
3.3.3	Energibehov.....	15
3.3.4	Tilläggsisolering .....	16
3.4	Fukt.....	16
3.4.1	Våtrum .....	17
3.4.2	Tätskikt i våtrum.....	18
3.4.3	Ytmaterial.....	19



3.4.4	Ytskikt för golv.....	19
3.4.5	Ytskikt väggar .....	21
3.4.6	Konstant vattenavdunstning .....	21
3.4.7	Fuktskador relaterat till värmesystem .....	21
<b>3.5</b>	<b>Komfort .....</b>	<b>22</b>
3.5.1	Termisk komfort .....	22
3.5.2	Komfortvärme .....	25
<b>4</b>	<b>AKTUELL STUDIE .....</b>	<b>26</b>
4.1	Intervju .....	26
4.2	Fallstudie.....	26
4.2.1	Badrum 1 .....	27
4.2.2	Badrum 2 .....	28
4.2.3	Konstruktion golv och vägg typ 1 .....	29
4.2.4	Konstruktion golv och vägg typ 2 .....	30
4.3	Beräkningar .....	30
4.3.1	Effektberäkning .....	30
4.3.2	Energiberäkning.....	32
4.3.3	Termisk komfortberäkning.....	32
<b>5</b>	<b>RESULTAT OCH ANALYS .....</b>	<b>33</b>
5.1	Resultat .....	33
5.1.1	Badrumsrenovering.....	33
5.1.2	Tekniker vid badrumsrenovering .....	34
5.1.3	Energiförändring .....	34
5.1.4	Fuktaspekt .....	35
5.1.5	Komfortaspekt.....	36
5.2	Analys av resultat.....	36
5.2.1	Badrumsrenovering.....	36
5.2.2	Tekniker vid badrumsrenovering .....	37
5.2.3	Energiförändring .....	39
5.2.4	Fuktaspekt .....	40
5.2.5	Komfortaspekt.....	40
<b>6</b>	<b>DISKUSSION.....</b>	<b>42</b>
6.1	Resultatdiskussion.....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
6.2	Metoddiskussion .....	Fel! Bokmärket är inte definierat.
<b>7</b>	<b>SLUTSATSER .....</b>	<b>FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.</b>
<b>8</b>	<b>FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE.....</b>	<b>FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.</b>

<b>REFERENSER</b> .....	FEL! BOKMÄRKET ÄR INTE DEFINIERAT.
<b>BILAGA 1: INTERVJUFRÅGESTÄLLNINGAR</b> .....	
<b>BILAGA 2: EFFEKTBEHOV BADRUM 1 TYP 1, TILLÄGGSISOLERING</b> .....	
<b>BILAGA 3: EFFEKTBEHOV BADRUM 2 TYP 1</b> .....	
<b>BILAGA 4: EFFEKTBEHOV BADRUM 2 TYP 1, TILLÄGGSISOLERING</b> .....	
<b>BILAGA 5: EFFEKTBEHOV BADRUM 1 TYP 2</b> .....	
<b>BILAGA 6: EFFEKTBEHOV BADRUM 1 TYP 2, TILLÄGGSISOLERING</b> .....	
<b>BILAGA 7: EFFEKTBEHOV BADRUM 2 TYP 2</b> .....	
<b>BILAGA 8: EFFEKTBEHOV BADRUM 2 TYP 2, TILLÄGGSISOLERING</b> .....	
<b>BILAGA 9: PPD OCH PMV BERÄKNING MED LUFTTEMPERATUR 25 °C</b> .....	
<b>BILAGA 10: PPD OCH PMV BERÄKNING MED LUFTTEMPERATUR 21 °C</b> .....	
<b>BILAGA 11: PPD OCH PMV INGEN KLÄDSEL</b> .....	
<b>BILAGA 12: PPD OCH PMV HÖGRE AKTIVITETSGRAD</b> .....	

## FIGURFÖRTECKNING

Figur 1 Panelradiator från Epecon .....	9
Figur 2 Sektionsradiator från Epecon.....	10
Figur 3 Energianvändning för uppvärmning och varmvatten i flerbostadshus, från 1983 till 2016, TWh .....	13
Figur 4 Inomhusluftens relativa fuktighet beroende av fukttillskott och geografiskt läge.....	17
Figur 5 Samband mellan PPD och PMV .....	24
Figur 6 Planlösning badrum 1 .....	27
Figur 7 Planlösning badrum 2.....	28
Figur 8 Konstruktions Typ 1 Golv .....	29
Figur 9 Konstruktions Typ 1 Vägg.....	29
Figur 10 Konstruktions Typ 2 Golv.....	30
Figur 11 Konstruktions Typ 2 Vägg .....	30

## TABELLFÖRTECKNING

Tabell 1 Effektgrupper, effektomfång och uppbyggnad av Epecon räfflade radiatorer.....	9
Tabell 2 Effektgrupper och effektomfång av Epecolonnas sektionsradiatorer.....	10
Tabell 3 Värmeeffekt för olika ytskikt.....	20
Tabell 4 PMV värden ställda mot upplevelsen.....	24
Tabell 5 U-värde Badrum 1 .....	27
Tabell 6 U-värde Badrum 2.....	28
Tabell 7 Effektbehovsresultat för typ 1.....	34
Tabell 8 Effektbehovsresultat för typ 2.....	35

## BETECKNINGAR

Beteckning	Beskrivning	Enhet
$C$	Total värmekapacitet	$kJ/K$
$A$	Area	$m^2$
$s$	Tjocklek	$m$
$\rho$	Densitet	$kg/m^3$
$c$	Specifik värmekapacitet	$kJ/kgK$
$P_{transm.}$	Transmissionsförlust	$W/K$
$U$	Värmegenomgångstal	$W/m^2K$
$\bar{M}_u$	Luftflöde	$kg/s$
$n$	Luftomsättning	$oms/h$
$V$	Volym	$m^3$
$\tau_b$	Tidskonstant	$h$
$c_{pl}$	Luftens specifika värmekapacitet	$J/kgK$
$P_w$	Effektbehov	$W$
$Q_{tot}$	Totalspecifika effektförlusten	$W/K$
$Q_t$	Specifik värmeförlustfaktor	$W/K$
$Q_v$	Ventilationens specifika värmeförlustfaktor	$W/K$
$\eta$	Värmeåtervinnings temperaturverkningsgrad	–
$Q_{ov}$	Specifik läckageförlust	$W/K$
$c_p$	Luftens specifika värmekapacitet	$J/kgK$
$q_v$	Styrt ventilationsflöde	$m^3/s$
$q_{ov}$	Oavsiktligt ventilationsflöde	$m^3/s$
$E$	Värmeenergibehov	$Wh$
$T_g$	Gränstemperatur	$^{\circ}C$
$T_{un}$	Normalårstemperatur	$^{\circ}C$

$T_{inne}$	Inomhustemperatur	°C
$P_g$	Värmeeffekt från gratisenergi	W
$f_{cl}$	Kläders areafaktor	–
$I_{cl}$	Klädernas isolerandeeffekt	$m^2 * K/W$
$h_c$	Konvektiv värmeöverföringskoefficient	$W/(m^2K)$
$t_{cl}$	Kläders yttemperatur	°C
$t_a$	Lufttemperatur	°C
$v_{ar}$	Relativ lufthastighet	$m/s$
$M$	Metabolism	$W/m^2$
$W$	Effektiv mekanisk kraft	$W/m^2$
$t_r$	Medelstrålningstemperatur	°C
$PMV$	Termisk upplevelse	–
$P_a$	Vattenångans partialtryck	Pa
$t$	Lufttemperatur	°C
$PPD$	Procentandelen missnöjda med det termiska klimatet	%

## FÖRKORTNINGAR

Förkortning	Beskrivning
PMV	Predicted mean vote
PPD	Predicted percentage of dissatisfied
PVC	Polyvinylklorid
Clo	Klädselgrad
Met	Aktivitetsgrad mätt i metabolism
PCM	Phase Change Material

# 1 INLEDNING

I det inledande kapitlet presenteras arbetets bakgrund, syfte, frågeställning och avgränsning.

## 1.1 Bakgrund

I Sverige är många lägenheter i behov av renovering. Det finns många äldre flerbostadshus som byggdes under Miljonprogrammet för ungefär 50 år sedan (Boverket, 2014). En central och kostsam del i renovering av bostäder är badrummet.

Byggnaders energianvändning påverkar miljön negativt. I Sverige krävs att byggnader energieffektiviseras för att minska energianvändningen. Larsson (2016) anser att en lösning till problemet är mer energieffektiva värmesystem. Golvvärme är en typ av värmesystem som har positiv inverkan på en byggnads energianvändning (Larsson, 2016).

Renovering istället för nyproduktion av bostäder är ett viktigt ämne. Renoveringsbehovet kommer alltid vara aktuellt. Renovering av byggnader med energieffektiva lösningar kan leda till minskad energianvändning (Henning, 2018). Det kan vara intressant att studera uppvärmningstekniker för bostäder. Uppvärmning av bostäder är tillsammans med varmvatten och hushållsel dominerande för byggnaders energianvändning (Energimyndigheten, 2016).

Det är relevant att ta fram redovisande underlag på tekniker som är mer eller mindre användbara i renoveringssyfte. Underlagen ska redovisa hur byggnadstekniska förutsättningar, miljön och boendeupplevelsen påverkas av de olika teknikerna.

Golvvärme är en uppvärmningsteknik som lyfts av Larsson (2016). Golvvärme kan sänka byggnaders energianvändning. Tekniken kan även förbättra fukt- och komfortaspekten i en byggnad. Vidare anses det vara uppskattat med golvvärme i dagsläget, specifikt i badrum. Det ses både som estetiskt och modernt, samt att golvvärmesystem ofta ger bättre komfort.

En byggnad behöver renoveras för att byggnaden ska upprätthålla en viss standard och för att effektivisera byggnadens energianvändning. I de flesta av dagens bostäder används radiatorer som värmesystem i badrum. Utöver radiatorer finns det andra värmesystem på marknaden, till exempel golvvärmesystem. Golvvärme används vid få tillfällen i bostäder, allt mer sällan installeras systemet i renoveringsobjekt. Det är intressant att undersöka golvvärmesystem i renoveringssyfte och ställa det i förhållande med radiatorer. För att klargöra detta utreds energi-, fukt- och komfortfrågor berörande renovering och värmesystem.

## 1.2 Syfte

Arbetet undersöker ingående tekniker för energi, fukt och komfort vid badrumsrenovering. Syftet är att redogöra för ett byte från ett radiatorsystem till ett golvvärmesystem i badrum och beskriva sambandet till energi, fukt och komfort.

Målet med arbetet är att tillföra underlag som beslutsfattare kan använda sig av när beslut ska tas om vilka tekniker som ska användas vid renovering av bostäder. Förhoppningsvis leder det till att fler beslutar att nyttja presenterade tekniker.

## 1.3 Frågeställningar

Arbetets frågeställningar behandlar badrumsrenovering, tekniker som kan nyttjas vid renovering, förändringar i energianvändning, fuktaspekt och komfort samt om det är möjligt att byta värmesystem i ett badrum med hänsyn till effektbehov.

- Vad innebär en renovering av ett badrum?
- Vilka tekniker kan nyttjas vid renovering av badrum ur energi-, fukt- och komfortaspekt?
- Hur påverkas energianvändningen, fuktaspekten och komforten vid byte från ett radiatorsystem till ett golvvärmesystem?
- Hur förändras effektbehovet av ytmaterialen klinker och PVC och kan ett radiatorsystem bytas till ett golvvärmesystem utan att effektbehovet blir överdimensionerat?

## 1.4 Avgränsning

Arbetet beaktar bostäder i Västerås och behandlar enbart fukt-, energi- och komfortaspekter vid badrumsrenovering i bostäder, med fokus på utbyte av värmesystem. Bostädernas ventilationssystem beaktas inte i arbetet. Därav är uppvärmning med luft som värmesystem inte aktuellt att redovisa i arbetet. Arbetet behandlar inte installations- och driftkostnader för olika värmesystem, jämförelser ur ekonomisk synvinkel kan därmed inte genomföras. I våtrum används konvektorer sällan och därför utgår de från detta arbete. Av de olika golvvärmesystemen kommer endast vattenburna och elburna golvvärmesystem att studeras.

## 2 METOD

Arbetet har nyttjat fyra metoder. Metoderna som förekommit är litteraturstudie, intervju av en fastighetsägare och beräkningar av energi och komfort för två badrum lokaliserade i Västerås. Dessa metoder har valts då det ger en bredd och ett djup till arbetet och för att kunna ge tydliga och detaljerade svar på frågeställningarna.

### 2.1 Litteraturstudie

I litteraturstudien som är den största delen i arbetet har fakta samlats för att detaljerat besvara frågeställningarna. Det som tillförts av litteraturstudien är bakgrundsfakta för att skapa en djup förståelse för ämnet och även en tydlig insyn i de olika delarna i arbetet. I huvudsak har litteraturstudien förklarat detaljerat om renovering i badrum och dess process, skillnader av olika värmesystem som kan användas i badrum, fukt ur en bygg- och energisynpunkt, hur energieffektivisering kan utföras med olika värmesystem och hur beräkningar för detta utförs. I litteraturstudien har alla källor kontrollerats och kritiserats för att minimera felaktigheter i arbetet.

Delar av litteraturen kommer från källor på internet, där mycket har hämtats från databaserna ScienceDirect och Diva. Vetenskapliga artiklar har hämtats från ScienceDirect och andra examensarbeten har hämtats från Diva. Även företagshemsidor och diskussionsforum har nyttjats. Dessa har källkritiserats och kontrollerats innan informationen har nyttjats. Företagshemsidor har i huvudsak baserats på trovärdiga företag och myndigheter inom branschen så som Svensk Våtrumskontroll, Boverket, Byggkeramikrådet, Energimyndigheten och Golvbranschen. Från företagshemsidor har produktspecifik information inhämtats.

De sökord som använts vid sökning är: renovering, fuktskador, energi, kostnader, radiator, golvvärme, effektbehov, energibehov, fukt, tätskikt, ytskikt, termiskkomfort och komfortvärme.

### 2.2 Intervju

Intervjun har bidragit till en grund av information om hur renoveringar utförs av Mimer och deras tillvägagångssätt vid renoveringsarbeten. Personen som intervjuades, Thomas Wall, är en projektchef som ansvarar för planering och utförande av renoveringsarbete på Mimer. Intervjun nyttjas som stöd för resultatet och bidrar till diskussionen av resultat. Det ska också framgå företagets tillvägagångssätt vid badrumsrenovering och deras intresse för utveckling.

Intervjun utfördes hos företaget på ett möte. Intervjufrågorna skickades i förväg för att respondenten skulle få möjlighet att förbereda svar. Frågorna som ställdes var fokuserade på renovering, fukt och värmesystem och var i huvudsak öppna frågor som ledde till fortsatta



diskussioner om ämnet. Under intervjun fördes anteckningar och efter mötet sammanställdes svaren på frågorna och skickades till respondenten.

## **2.3 Fallstudie**

I fallstudien har två badrum belägna i en bostad i Västerås studerats. Badrummen har nyttjats för att arbetet ska anknyta till verkligheten och för att exemplifiera scenarion. Detta betyder att objekten har nyttjats som exempel vid beräkningar. Badrummen har även nyttjats för att påvisa hur utformningen av ett badrum och materialvalen påverkar resultatet. Detta blir viktigt vid beräkningarna då det påverkar resultatet. I huvudsak har ritningar samt förutsättningarna för badrummen presenterats i fallstudien. Sedan har två konstruktionstyper av badrummen presenterats. Den första typen består av de delar som i dagsläget finns i badrummen. Den andra typen är en teoretisk variation av badrummen. Skillnaden mellan typerna är ytskiktet, typ 1 har keramiska plattor och typ 2 har plastmattor.

## **2.4 Beräkningar**

Beräkningarna som har utförts är baserade på det som presenterats i litteraturstudien och har fokuserat på effektbehovet, energiförbrukning och termisk komfort. Beräkningarna av effektbehovet har kalkylerats för badrummen i fallstudien och med de två olika typerna av ytmaterial. Beräkningar utfördes med handberäkningar och använder Excel 2016 som hjälp. Värdena som använts kommer från fallstudien. Energianvändning och den termiska komforten har presenterat och studerat förändringarna i resultatet när de ingående värdena förändras. Förändringarna i resultatet har presenterats i resultatet och diskuteras i diskussionen. Med dessa beräkningar kan vissa frågeställningar besvaras.

## 3 LITTERATURSTUDIE

I detta kapitel beskrivs till att börja med vad en renovering är och de krav som ställs på utförande. Fortsättningsvis redovisas de värmesystem som finns på marknaden idag, byggnaders energianvändning och värmesystem kopplat till energifrågan. Till sist redovisas fukt- och komfortaspekten. Kapitlet skall dels besvara frågeställningar och bygga en grund till förståelse av resultaten, diskussion som förs kring resultaten och de slutsatser som kan dras utifrån resultaten.

### 3.1 Badrumsrenovering

I sammanhang med lagar och regler för byggande, fastigheter och hus förklarar Helsing (2016) att begreppet renovering faller under olika definitioner, då ingen särskild definition på renovering återfinns. Enligt författaren definieras renovering som ändring av en byggnad vid kvalitets- eller standardhöjningar genom renoveringen. I detta fall definieras en renovering som åtgärder som medför att en byggnads kulturhistoriska värde, utseende, användningssätt, funktion eller konstruktion ändras. När renovering faller under ombyggnad ska en betydande och avgränsbar del av en byggnad eller en hel byggnad tydligt förnyas till följd av renoveringen. Totalrenovering är ett fall som kan bedömas som ombyggnad. En renovering klassificeras som underhåll om åtgärden inte tillför byggnaden en kvalitets- eller standardhöjning kopplad till byggnadens kulturhistoriska värde, utseende eller funktion. Renovering ska därför genomföras som en återställning av byggnaden. Ytskikt och vitvaror är exempel på delar som inte är ingående delar i själva byggnaden och på dessa får kvalitets- och standardhöjningar utföras utan att renoveringen hamnar under någon annan definition än underhåll.

#### 3.1.1 *Praktiskt utförande*

Vid renovering av våtrum anser Byggkeramikrådet (2014) att undanröjning av befintliga ytskikt är en grundregel. I de fallen med sandspackel i våtrummet ska detta även tas bort. Om det befintliga ytskiktet inte tas bort är det ett avsteg från grundregeln, vilket måste påvisas i ett kvalitetsdokument. Vidare beskrivs kraven på underlag till tätskikt. Lösa partiklar ska vara avlägsnade, rengjorda, torra, bärkraftiga samt att hålig- och ojämnheter fylls i eller avjämnas med spackel. Spill, rester och dylikt får inte lämnas kvar på ytan inför applicering av tätskikt. Lägsta möjliga nivå på fukthalt i underlaget ska erhållas, dessutom ska ytan på materialet vara torr och kvarstående fukt ska kunna torka ut i efterhand. Anvisningar på montering från leverantör för underlag ska efterföljas. Tätskiktsleverantörens anvisningar för monteringar gäller och i övrigt får temperaturen på underlag och material inte understiga +10 °C. Underlaget där tätskikt appliceras ska vara utformat enligt Allmän Material och Arbetsbeskrivning HUS underlagskrav (Byggkeramikrådet, 2014). Underlag i våtrum för golv och väggar måste lämpa sig för applicering av tätskikt, annars krävs ett utbyte eller komplettering.

### **3.1.2 Fuktskador i bostäder respektive badrum**

Byggnaders energibehov kan försämrans genom att värmeisoleringen förlorar effektivitet på grund av fukt menar Nevander och Elmarsson (2009). Fukt kan även orsaka nedbrytning av byggnadsdelar genom frost- och saltsprängning samt röta och korrosion. Hållfastheten i byggnader kan försämrans och det kan uppstå hälsorisker på grund av fukt och mögel. Majoriteten av alla fuktskador grundas i icke täta ytskikt på väggar och läckande rör och utrustningar i våtrum. Under år 1988 var vattenskadekostnader större än kostnader för stormskador, bränder och inbrott menar författarna. Författarna skriver att år 1990 framgick det att fuktskador påträffades i ca 60 procent av alla flerbostadshus, där de mest förekommande skadorna var vid fönster, balkonger, på fasader och i våtrum.

En ofta förekommande fuktskada är läckage från installationer enligt Nevander och Elmarsson (2009). Orsaken till en sådan skada kan vara ingjutna vattenledningsrör som läcker, läckage i eller runt en golvbrunn eller otäta tätskikt i våtrum. En annan orsak till fuktskador är fuktdiffusion, denna är mer sällan förekommande. Fuktdiffusion kan ske genom kondensering i en konstruktion på grund av diffusion av vattenånga i inomhusluften in i konstruktionen. Inuti porösa material kan fukt i ångfas transporteras och orsaka skador. I andra fall kan fuktdiffusion medföra positiva effekter, som att medverka till uttorkning.

Enligt Nevander och Elmarsson (2009) kan åtgärder mot fuktskador genomföras i syfte att låta fuktpåverkan avta, avgränsa fukten från känsliga delar i en konstruktion och ersätta med material som är tåliga mot fukt. Fuktpåverkan kan reduceras med minskning av fuktillskottet genom en ökning av ventilationen, därmed blir det mindre risk för skador som ytkondensation på fönster. Genom att använda översvämningsskydd till tvättmaskiner och diskmaskiner minskas risken för skador på grund av läckage. För att fukt inte ska kunna transporteras till känsliga delar i konstruktionen bör ångspärr och fuktspärr användas, det hindrar fenomenen fuktdiffusion och fuktkonvektion menar författarna. Förhindrande av genomträngande vatten in till en konstruktion i våtrum kan ske genom applicering av tätskikt och fuktspärr. Utbyte av organiska material till oorganiska material medför att risk för mögel och röta avlägsnas. Det kan utföras genom att ersätta träreglar med stålreglar.

Fuktskador föreligger ständigt som risk vid betongkonstruktioner i direkt anslutning med mark (Follin, Kling & Örnhall, 1994). Med denna kombination av golvvärme och tätt ytskikt uppstår risken för att golvvärmens orsakar svårare fuktskador. Detta förklaras vidare i avsnitt 3.4.6.

Yttemperaturen på ett golv påverkar avdunstningsprocessen (Åberg u.d.). Med högre yttemperatur avdunstar vattnet snabbare. Detta behandlas vidare i avsnitt 3.4.6.

### **3.1.3 Energibesparing och hållbarhet**

Människan bidrar till de klimatförändringar vi ser och har varit delaktig i de klimatproblem som är aktuella idag (Boverket, 2015). Främst har klimatet påverkats genom den mängd växthusgaser som kontinuerligt släpps ut i atmosfären. Under de senaste årtionden har många mål avseende energieffektivisering, växthusgasutsläpp och förnybar energi

tillkommit. En vision är att Sveriges energiförsörjning ska vara hållbar och resurseffektiv år 2050. Visionen omfattar även att nettoutsläppet av växthusgaser till atmosfären ska vara obefintligt.

Boverket (2015) menar att en betydande del av växthusgasutsläppen förorsakas av byggnader. Byggnaders energianvändning representerar cirka 33 procent av de världsomfattande koldioxidutsläppen. Tommerup, Rose och Svendsen (2006) menar att den slutliga energianvändningen i Europa består till 40 procent av energianvändningen i byggnadssektorn. Specifikt i Sverige är representationen 35 procent av slutliga användningen av energi enligt Boverket (2015). I byggsektorn lyfts frågan om utvecklad energi- och materialeffektivisering på global nivå. Avtagande energianvändning inom bostadssektorn och servicesektorn har noterats under de senaste årtionden (Boverket, 2015).

### **3.1.4 Kostnader**

Genom arbetet studeras inte några specifika kostnader för installationer, utföranden eller driftkostnader. Dessa är dock påverkande delar vid beslut om renovering. Renoveringar kan vara mycket kostsamma att genomföra. Det är dock mer kostsamt att åtgärda vattenskador (Antonsson och Jansson, 2015). Prisskillnaden, enligt Tanik och Schedin (2017), att byta värmesystem till golvvärme är större än att endast byta radiator. Det är dyrare att byta värmesystem. Golvvärme är det dyrare systemet vilket betyder att radiatorsystemet är mer kostnadseffektivt.

Enligt Hasan (2010) är tillvägagångssätt för att minska kostnaderna för en byggnad att tilläggsisolera och genom detta minska energianvändningen i byggnaden. Dock kan resultatet vid tilläggsisolering variera beroende av byggnadens u-värde i dagsläget. Om en byggnad redan är väl isolerad kommer extra isolering att påverka mindre jämfört med om det är lite isolering från början. Detta medför att innan ett beslut om tilläggsisolering ska fattas eller inte behöver byggnaden undersökas och en kalkyl skapas för att kunna uppskatta vilken skillnad tilläggsisoleringen skulle medföra.

## **3.2 Värmesystem**

Det finns ett flertal olika värmesystem på marknaden. De som har studerats i detta avsnitt är radiator- och golvvärmesystem.

### **3.2.1 Vattenburet radiatorsystem**

Enligt Axelsson och Andréa (2000) är en vattenburen radiator ett värmeelement som nyttjar varmvatten för att höja temperaturen i en byggnad. Beroende på radiatorns utformning påverkar det inomhusklimatet till det bättre eller sämre. Om radiatoren är stor kan radiatoren nyttja en lägre yttemperatur. Detta leder till att luften inomhus blir mindre torr. Dock kan detta vara till fördel i till exempel ett badrum. I en radiator är framledningstemperaturen +75

och +65 °C eller +55 och +45 °C, där +75 och +55 är vattnets temperatur när det leds in i radiatorn och +65 och +45 är vattnets temperatur som leds bort. Det är mer eftertraktat att använda en lägre temperatur, då det ger en mindre värmeförlust. En radiator får inte täckas över eller blockeras.

Energimyndigheten (2009) skriver att radiatorer kan tillföra värme genom två olika funktioner. Den första är via konvektion och den andra är via strålning. Konvektionen betyder att radiatorn värmer den omkringliggande luften och detta leder till att den varma luften stiger och fördelas i rummet. Samtidigt sjunker kall luft och blir uppvärmd av radiatorn. Detta pågår kontinuerligt. Konvektionen skapar en luftrörelse som höjer luftens temperatur i rummet. Strålningen, som är den större delen av effekten, är värmeenergi som strålar från radiatorn till ytor eller person och värmer dem utan att höja temperaturen på luften. Enligt Jangsten et al. (2017) måste storleken på radiatorn anpassas efter byggnadens och rummets behov och storlek. Detta bestäms genom att bestämma transitonsförlusterna och säkerställa att värmebehovet uppfylls.

Radiatorer regleras från en termostat som kan öka eller minska vattenflödet. Ett högre flöde ökar värmen och ett lägre flöde leder till motsatsen. Detta betyder att när det blir tillräckligt varmt kan flödet stoppas, vilket leder till att radiatorn inte värmer.

Axelsson och Andréa (2000) anser att fördelen med vattenburna radiatorer är att de är ett snabbt system, vilket betyder att det går snabbt att värma upp ett rum. Det är även ett billigt system i jämfört med andra värmesystem och dessutom är det ett mer driftsäkert system.

Axelsson och Andréa (2000) fortsätter beskriva det negativa med vattenburna radiatorer. Radiatorer är inte estetiska. Sedan blir det problematik med möbleringsmöjligheter i rummet då rördragning och radiator tar upp utrymme. Saniteten blir försvårad då det fastnar damm på radiatorerna och den kan vara svår att komma åt. Den sista nackdelen med vattenburna radiatorer och det är att värmefördelningen är något ojämn vilket leder till att det blir en ojämn temperatur i rummet.

#### 3.2.1.1. *Panelradiator*

Björklund och Ohlsson (2012) beskriver att panelradiatorn är en radiator som kallvalsats till ett kanalmönster där det varma vattnet kan cirkulera, se figur 1. För att öka effekten kan radiatorn förses med konvektionsplåtar. Dessa plåtar absorberar värmen från panelen och leder till konvektion. Radiatorn kan förses med flertal paneler och konvektionsplåtar för att ytterligare öka effekten från radiatorn. I dagsläget är denna modell av radiatorer mest förekommande i Sverige.



Figur 1 Panelradiator från Epecon (Epecon, u.d.). Med tillstånd.

Från Epecon (2019) finns det ett antal olika modeller med olika effektomfång. Dessa kan hantera olika temperaturer och är uppbyggda på ett antal olika sätt, se tabell 1.

Tabell 1 Effektgrupper, effektomfång och uppbyggnad av Epecon räfflade radiatorer, Epecon (2019).

Effektgrupper - Räfflad	Effektomfång – 55/45	Effektomfång – 75/65	Uppbyggnad
Typ 10	57 – 1036	108 – 1977	1 panel
Typ 11	83 – 1656	158 – 3159	1 panel & 1 konvektionsplåt
Typ 20	90 – 1649	173 – 3162	2 paneler
Typ 21	115 – 2242	222 – 4344	2 paneler & 1 konvektionsplåt
Typ 22	148 – 2728	288 – 5313	2 Paneler & 2 Konvektionsplåtar
Typ 30	242 – 2211	474 – 4329	3 paneler
Typ 31	292 – 2815	572 – 5511	3 paneler & 1 konvektionsplåt
Typ 40	307 – 2800	598 – 5454	4 paneler
Typ 41	355 – 3391	695 – 6639	4 paneler & 1 konvektionsplåt

### 3.2.1.2. Sektionsradiator

Enligt Björklund och Ohlsson (2012) är sektionsradiatorn en äldre modell av radiatorn, se figur 2. Denna radiator gjuts i sektioner som monteras till önskvärd längd. Dessa radiatorer är tyngre än panelradiatorn. Sektionsradiatorns sektioner liknar formen på panelen på panelradiatorn och har 2 till 6 kanaler.



Figur 2 Sektionsradiator från Epecon (Epecon, u.d.b). Med tillstånd.

En sektionsradiator från Epecolonna (2018) kan nyttja 2 till 6 kolonner och nyttja två olika framledningstemperaturer, vilket leder till ett antal olika effektomfång, se tabell 2.

Tabell 2 Effektgrupper och effektomfång av Epecolonnas sektionsradiatorer, Epecolonna (2018).

Effektgrupper – Antal kolonner	Effektomfång – 55/45	Effektomfång – 75/65
2 kolonner	12,9 – 111,1	24,3 – 217,9
3 kolonner	17,5 – 155,1	33,1 – 301,8
4 kolonner	22,3 – 200,3	42,3 – 388,1
5 kolonner	27,4 – 235,7	51,9 – 459,3
6 kolonner	32,7 – 275,8	62,3 – 541,9

### 3.2.2 Elburet radiatorsystem

Johansson och Wranå (2015) beskriver en radiator som nyttjar direktel för att skapa värmeeffekt. Det finns två modeller av elradiatorer där skillnaden är att en nyttjar olja. Den oljefyllda radiatorn nyttjar en värmepatron för att värma den innerslutenolja för att skapa en jämnare temperatur från radiatorn. Med hjälp av konvektion omplaceras oljan i radiatorn

och behöver därför ingen pump för att ett flöde ska uppstå. Med detta får radiatorn en lägre yttemperatur och risken att bränna damm blir avsevärt mindre i jämförelse med elradiatorn. Den oljefyllda elradiatorn kan också nyttja konvektionsplåtar för att värma luften och rummet med hjälp av konvektion. Radiator som ej nyttjar olja har ett plåthölje som värms och skyddar värmeslingor (Axelsson & Andréa, 2000).

### **3.2.3 Vattenburet golvvärmesystem**

Enligt Golvbranschen (2003) nyttjar det vattenburna golvvärmesystemet varmt vatten som flödar genom slingor i golvet för att sprida värmen. Slingorna anpassas tillsammans med temperaturen och slingornas utformning för att ge den önskvärda temperaturen i rummet. Golvvärmesystemet värmer rummet genom strålningsenergi som utstrålas från golvet. Detta leder till att ett mer tillfredställande inomhus lufttemperatur (Baek & Park, 2017). De avgörande faktorerna för vilken temperatur som golvvärmen opererar baseras på golvkonstruktionen och värmebehovet i rummet. Den oftast förekommande temperaturen golvvärmen opererar på är mellan 30 – 40 °C, dock kan temperaturen höjas ytterligare till en maximaltemperatur på 50 °C. Med ett golvvärmesystem kan innertemperaturen sänkas utan att det upplevs som kallare i rummet.

Vidare skriver Golvbranschen (2003) att vid regleringen av värmen på det vattenburna golvvärmesystemet kan tre olika metoder nyttjas. De tre metoderna är manuell reglering, konstant/maxbegränsad framledningstemperatur och utomhuskompenserad reglering.

Den manuella regleringen brukar en shuntventil som regleras manuellt av användaren och styr blandningsförhållandet mellan tilloppsvattnet och returvattnet.

Konstant/maxbegränsad styrs framledningstemperatur av en termostat med givare. Givaren kontrollerar temperaturen och styr golvvärmesystemet för att den önskvärda temperaturen uppfylls. För att behålla den önskvärda temperaturen blandas tilloppsvattnet och returvattnet som vid den manuella regleringen.

Det sista styrsystemet är utomhuskompenserad reglering. Denna metod utnyttjar en givare placerad utomhus för att anpassa temperaturen efter utomhustemperaturen. Även i denna metod blandar tilloppsvattnet och returvattnet som i den manuella regleringen.

För att den bästa effekten av ett golvvärmesystem ska uppnås finns det vissa förutsättningar som ska uppfyllas menar Golvbranschen (2003). De avgörande faktorerna är att isoleringen av bjälklaget ska vara väl utfört och att golvvärmesystemet dimensioneras korrekt. Om isoleringen är bristande kommer stora delar av värmen att vandra nedåt och antingen värma taket på våningen under eller marken under byggnaden. Vid dålig isolering kan effektbehovet bli för stort för ett golvvärmesystem. Det är dock möjligt att kombinera golvvärme och ett eller flera andra värmesystem.

Vid installation av ett golvvärmesystem skriver Byggkeramikrådet (2011) att rätt ytskikt ska användas. Ett bra ytskikt behöver en hög värmeledningsförmåga för att värmen effektivt ska kunna ledas från golvvärmen. Om ett material har en värmeisolerandeförmåga kommer golvvärmen att bli mindre effektiv.



Till sist förklarar Golvbranschen (2003) att befintligt betongbjälklag har med stor sannolikhet bristfällig underliggande isolering och bör kompletteras med en tilläggsisolering. Ett alternativ är polystyrenskivor med spår för golvvärmeslingorna, tunna isolerande skivor kan också nyttjas. Under isoleringen ska en fuktspärr placeras för att säkra mot fuktskador (Golvbranschen, 2003). Byggkeramikrådet (2011) menar att det vattenburna golvvärmesystemet lämpas bäst vid nyproduktion. De fortsätter att beskriva att installation av vattenburen golvvärme i renoveringssyfte kommer en överbyggnad fordras.

Fördelarna med golvvärme är att det är osynligt, då värmesystemet placeras under golvet (Larsson, 2016). Komforten blir bättre då värmesystemet värmer fötterna vilket är den primära delen av kroppen som känner av temperaturer. Med detta kan temperaturen i rummet sänkas och därigenom leda till en energibesparing. Temperaturen blir jämnare då det är en större yta som värmer rummet. Utöver detta nyttjar golvvärmesystemet bättre den termiska lagringen i golvet, vilket kan leda till ett lägre energibehov.

Problematiken med golvvärmesystemet är att de är långsammare än radiatorer (Larsson, 2016). Det betyder att en förändring av temperaturen tar längre tid. Sedan kommer det finnas en förlust mot marken om inte mycket isolering används. Det är rekommenderat att använda 250 millimeter isolering för att inte värmeförlusterna ska bli för stora. Detta kan leda till problematik vid renovering då det är svårt att uppfylla kraven på isolering. Ytterligare ett problem är kallras vid fönster. Det går dock att åtgärda genom att byta till fönster med ett bra U-värde. Slutligen kan det bli stora problem om en ledning i golvvärmen går sönder eller börjar läcka. Då golvvärmen oftast är ingjuten i betongen blir kan det vara svårt att upptäcka vattenläckaget, vilket kan leda till stora fuktskador.

### **3.2.4 Elburet golvvärmesystem**

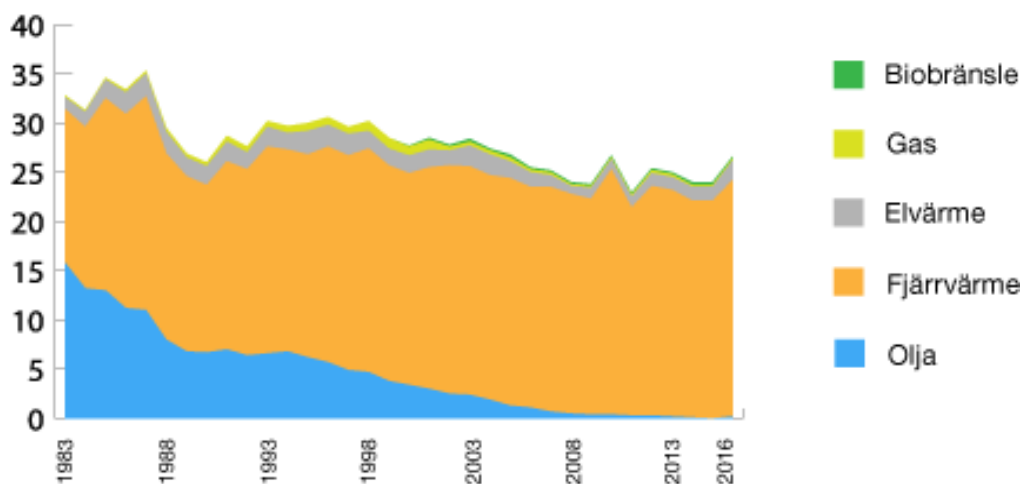
Byggkeramikrådet (2011) beskriver att den elburna golvvärmen använder direkt el. Systemet är utformat som mattor eller kablar som placeras under ytskiktet. Detta menar Byggkeramikrådet ska underlätta för till exempel installation vid renovering. Enligt Golvbranschen (2003) är mattorna och kablarna tillverkade av högresistent material för att kunna generera värme. Systemet regleras av en termostat och givare, som mäter temperaturen. Termostaten reglerar den maximala temperaturen givaren får utsättas för. Detta för att överhettning inte ska uppstå. Det bli problematik om golvvärmen täcks över med en matta eller liknande. I systemet finns det endast en givare vilket betyder att om golvvärmen täcks över där givaren inte känner av temperaturen förekommer det lokalt en högre temperatur. På liknande sätt stängs golvvärmen av om givaren blir övertäckt. Delarna kring operativtemperatur, isolering och för- och nackdelar som beskrivits i 3.2.3 Vattenburen golvvärme är lika för den elburna golvvärmen.

### 3.3 Energi

Byggnaders energianvändning är ett aktuellt ämne och det talas det om energieffektivisering. I detta avsnitt behandlas byggnaders energianvändning, värmesystemens påverkan på energianvändningen, beräkning av effekt- och energibehov samt tilläggsisolering.

#### 3.3.1 *Energianvändning*

För bostäder är uppvärmning, varmvatten och hushållsel dominerande för energianvändningen (Energimyndigheten, 2016). I flerbostadshus förekommer fjärrvärme som uppvärmningssätt och energibärare i majoriteten av bostäderna. Den energi som förbrukas vid uppvärmning och varmvatten består av omkring 90 procent av genererad energi från fjärrvärme, se figur 3.



Figur 3 *Energianvändning för uppvärmning och varmvatten i flerbostadshus, från 1983 till 2016, TWh. (Energimyndigheten, 2016). Med tillstånd*

Drygt en tredjedel av den totala slutliga energianvändningen i Sverige utgörs av sektorn bostäder och service (Henning, 2018). Ombyggnation med energieffektivare lösningar kan leda till minskad energianvändning för byggnader. Energieffektivisering kan ge upphov till minskat behov av nya el- och värmeproduktionsanläggningar och minskade koldioxid-, växthusgas-, kväveoxid- och partikelutsläpp.

På lång sikt krävs det nertrappad energianvändning och energieffektiva lösningar för byggnader i Sverige menar Larsson (2016). Byggnaders energianvändning kan minskas om det används mer energieffektiva värmesystem. Inverkan på miljön reduceras till följd av mer effektiva värmesystem.

Det finns ett flertal olika värmesystem på marknaden idag enligt Hakim (2010). Däremot är tilläggsisolering en viktig parameter utöver värmesystemen. Om byggnadens isolering förbättras kommer effektbehovet i byggnaden att minska då byggnaden läcker mindre värmeenergi. Detta är en enkel åtgärd att utföra i en befintlig byggnad.

Larsson (2016) beskriver hur energibehovet skiljer mellan radiatorsystem och golvvärmesystem. När byggnaden är välisolerad förekommer det en liten skillnad mellan systemen. Energiförbehovet är mindre för golvvärmesystemet. Det går dock att se en större skillnad om byggnaden har mindre isolering. Golvvärmesystem är tydligt bättre än radiatorsystem vid sämre isolering. Golvvärmesystemet behöver inte en reducerad temperatur i rummet för att förbruka mindre energi per år. Dock kan energibesparingarna bli större om temperaturen på golvvärmen sänks. Larsson menar också att elburna golvvärmesystem har en hög energianvändning. Khorasanizadeh, Sheikhzadeh, Azemati och Shirkavaand Hadavand (2004) menar att golvvärmesystem kan minska energianvändningen i jämförelse med andra värmesystem.

### 3.3.2 Effektbehov

Enligt Malmström (2004) är det svårt att bestämma det exakta effektbehovet för en bostad då det finns ett flertal parametrar som är svåra att kvantifiera. I huvudsak är det fyra parametrar som är svåra att specificera och dessa värden är isolerings- och tätningsgrad, värmeackumulering och avgiven värme från varierande variabler. Sedan kan byggfel bidra med mycket stor påverkan på byggnaden. Eftersom detta försvårar beräkningarna av det exakta effektbehovet har beräkningarna förenklats och betraktas som estimeringar som ger ett godtyckligt värde.

Malmström (2004) förklarar att det första steget vid beräkningar av det totala effektbehovet behöver den dimensionerade inomhustemperaturen, DIT, fastställas. Denna baseras på regler från myndighetsföreskrifter och varierar beroende på vilken verksamhet och vilket rum som ska dimensioneras. För bostäder är 20 °C ett normalt värde, men 25 °C kan användas vid dimensionering av badrum. När den dimensionerande inomhustemperaturen har fastställts måste den dimensionerande utomhustemperaturen fastställas. Denna baseras också på myndighetsföreskrifter och den varierar stort beroende på vart byggnaden placeras i Sverige. Med detta observeras de lägsta utetemperaturer under ett visst antal år. Detta kallas för EUT, extrem utetemperatur. EUT mäter temperaturmedelvärdet under en specificerad tid. Dock förekommer EUT inte varje år och därför har det beslutats att temperaturen inte får sjunka med mer än 3 °C inomhus.

När den dimensionerande inomhustemperaturen och utomhustemperaturen fastställts kan dimensioneringen av effektbehovet i byggnaden beräknas, se ekvation 1 till 4. Först måste mått, material och luftomsättningen vara definierat för att det ska vara möjligt att beräkna effektbehovet. Även vilka delar av byggnaden som har kontakt med områden med en lägre temperatur. Detta eftersom det endast är dessa ytor som kyler rummet. Efter detta måste den totala värmekapaciteten beräknas där de ingående parametrarna är arean, tjockleken, densiteten och den specifika värmekapaciteten. Endast konstruktionsskikten inom 100 millimeter, räknat från det varma, och innanför isoleringen räknas.

$$\Sigma C = \frac{A * S * \rho * c}{2}$$

*Ekvation 1*

Sedan beräknas transmissionsförlusten med hjälp av u-värdet och arean för väggen.

$$P_{transm.} = \Sigma U * A \quad \text{Ekvation 2}$$

Slutligen beräknas luftflödet med luftomsättningen, rumsvolymen och luftens densitet.

$$M_u = \frac{n * V * \rho}{3600} \quad \text{Ekvation 3}$$

Med de värden som beräknats tidigare kan den högsta tidskonstanten beräknas.

$$\tau_b = \frac{c}{P_{transm.} + \dot{M}_u * c_{pl}} \quad \text{Ekvation 4}$$

Med den högsta tidskonstanten kan antalet dagar som EUT förekommer fastställas, se ekvation 5. Om behovet finns kan luftomsättningen limiteras för att minska värmeförlusten. Efter detta kan effektbehovet beräknas med hjälp av transmissionsförlusten och värmeförlusten via ventilationen (Malmström, 2004). Enligt Warfvinge och Dahlblom (2010) är det sista steget i beräkningarna för effektbehovet att nyttja den totala specifika effektförlusten och multiplicera med differensen av den dimensionerande ute- respektive innetemperaturen.

$$P_w = Q_{tot} * (DIT - EUT) \quad \text{Ekvation 5}$$

Warfvinge och Dahlblom (2010) förklarar vidare hur den totala specifika effektförlusten består av den specifika läckageförlusten, värmeåtervinnarens temperaturverkningsgrad, ventilationens specifika värmeförlustfaktor och den specifika värmeförlustfaktorn, se ekvation 6 till 9.

$$Q_{tot} = Q_t + Q_v * (1 - \eta) + Q_{ov} \quad \text{Ekvation 6}$$

$$Q_t = P_{transm.} = \Sigma U * A \quad \text{Ekvation 7}$$

$$Q_v = \rho * c_p * q_v \quad \text{Ekvation 8}$$

$$Q_{ov} = \rho * c_p * q_{ov} \quad \text{Ekvation 9}$$

### 3.3.3 Energibehov

En byggnads värmeenergibehov kan grovt approximerat beräknas med byggnadens totala effektförluster, skillnaden mellan gränstemperatur och normalårstemperatur och årets alla timmar enligt Warfvinge och Dahlblom (2010). Normalårstemperatur för Västerås är 5,9 °C enligt författarna.

$$E = Q_{tot} (T_g - T_{un}) * 8760 \quad \text{Ekvation 10}$$

Gränstemperaturen för en byggnad är den temperatur värmesystemet behöver värma byggnaden till menar Warfvinge och Dahlblom (2010). Vidare menar författarna att gränstemperaturen för en byggnad bestäms utifrån gratisenergin som årligen tillförs byggnaden. För att veta vilken temperatur värmesystemet i byggnaden behöver värma upp till beräknas först den tillförda värmeeffekten från gratisenergi. Gränstemperaturen beror av inomhustemperaturen. Lägre temperatur inomhus genererar lägre gränstemperatur, vilket betyder att det krävs mindre energi till värmesystemet för värmning till gränstemperaturen.

$$T_g = T_{inne} - \frac{P_g}{Q_{tot}} \quad \text{Ekvation 11}$$

### 3.3.4 Tilläggsisolering

En åtgärd för att spara energi är tilläggsisolering på ytterväggar menar Hakim (2010). Tilläggsisoleringen kan antingen vara på insidan eller utsidan. Den bästa effekten på energibesparing uppnås vid yttre tilläggsisolering av ytterväggar, tack vare att köldbryggor minimeras. Hakim (2010) skriver ur fuktsynpunkt är det säkrast med yttre tilläggsisolering.

## 3.4 Fukt

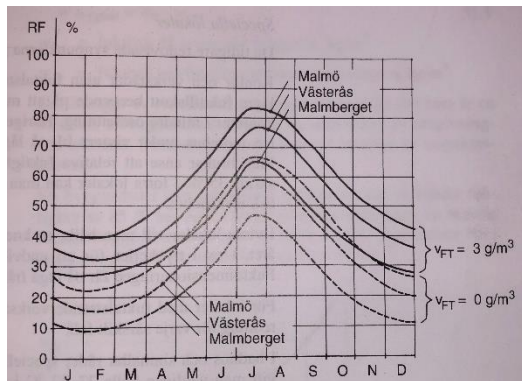
Fuktfrågan har stor betydelse i våtrum. I det här avsnittet presenteras vad fukt är, det som gäller för våtrum och fukt kopplat till värmesystem.

Fukt består grundligen av vatten och kan påträffas i de tre olika faserna fast-, flytande- och gasform (Nevander & Elmarsson, 2009). Därför kan fukt förekomma var som helst. I material finns fukt bundet, i kök och badrum finns fukt i fasen vätskeform och i luften finns fukt i fasen vattenånga. Det kan förekomma skador och missförhållanden om stora mängder av fukt samlas på olämpliga ställen förklarar författarna. Däremot är det inte farligt med fukt, utan det medförs olägenheter på grund av fukt i kombination med annat.

Kenechi Elinwa, Atakara, Oyeleke Ojelabi och Ayopo Abiodun (2018) menar att fukt definieras av mängden fuktinnehåll i ett material. Fukt klassificeras som kapillärt fuktinnehåll, balanserat fuktinnehåll, hygroskopiskt vatteninnehåll, totalt vatteninnehåll och potentiellt fuktinnehåll. Det påstås av andra författare att fukt har bidragit till hälften av alla fel i byggnader. Enligt Kenechi Elinwa et. al. är dem vanligaste fuktproblemen i byggnader stigande fukt, genomträngande fukt och kondensation.

Relativ fuktighet beror av fuktinnehållet i den aktuella luften och den aktuella temperaturens mättnadsvärde (Nevander & Elmarsson, 2009). Närmare bestämt ska kvoten mellan dessa två parametrar generera luftens relativa fuktighet. Författarna beskriver att den varmare perioden av året är skillnaden mellan utomhus- och inomhustemperaturen måttligt liten i jämförelse med den kallare perioden av året. Under perioder med liten temperaturdifferens mellan ute och inne är den relativa fuktigheten hög inomhus. Motsvarande period med lägre temperaturer utomhus ger inomhusluften en lägre relativ fuktighet, på grund av att uppvärmning av utomhusluften genererar fuktinnehåll till luften inomhus. Figur 4

demonstrerar variationen av relativ fuktighet inomhus relaterat till årstid och geografiskt läge.



Figur 4 Inomhusluftens relativa fuktighet beroende av fuktillskott och geografiskt läge (Nevander & Elmarsson, 2009).

Fuktillskott inomhus är fuktproduktionen inomhus och bildas till största del från matlagning, disk, bad, tvätt, befuktning och avdunstning från människor, djur, växter och odlingar (Nevander & Elmarsson, 2009). Fuktproduktionen är störst i badrum och kök. Produktionen sker vid duschning, torkning av tvätt, matlagning, disk med mera. Andelen fuktproduktion i olika rum varierar med tiden, beroende på vilka aktiviteter som genomförs. Fuktproduktionen kombinerat med utomhusluftens ånghalt och storleken på ventilationen bestämmer ånghaltens storlek i inomhusluften, fuktinnehållet i den aktuella luften menar författarna.

Olika typer av skikt är det som skapar ett skydd mot fukt som tränger in i en konstruktion. Nevander och Elmarsson (2009) förklarar att det skikt som hindrar eller minskar fukt från att transporteras i ångfas genom fuktkonvektion och fuktdiffusion, kallas ångspärr. Fuktdiffusion hindras genom ett stort ånggenomgångsmotstånd och fuktkonvektion hindras genom stor lufttäthet i ångspärren. För att hålla nere energiförbrukning är det viktigt med en tät ångspärr, vilket i de flesta fall en viktig funktion för ångspärren. Materialsikt likt målarfärg stryks på en yta, byggpapp, folie eller plastskiva som bildar luftspalt är exempel på hur en ångspärr utförs.

I vissa fall krävs det att fukt hindras från att transporteras när fukten är i vätskefas och att inget vattenöverttryck finns, ett exempel är kapillärsugning. I sådana fall är fuktspärr att föredra. Skriver Nevander och Elmarsson (2009). En fuktspärr hindrar transport av fukt i vätskefas och har de funktioner en ångspärr har. Mellan en syll av trä och betongplatta ska en fuktspärr placeras för att hindra kapillärsugning.

### 3.4.1 Våtrum

Rum med förekomst av vattenspolning går under klassificeringen våtrum, således utrustas våtrum med golvbrunn enligt Nevander och Elmarsson (2009). Tvättstugor, duschrum och badrum i bostäder är olika typer av våtrum. Författarna menar att ytskikt på golv och väggar ska vara vattentäta om de riskerar exponering av vattenspill, utläckande vatten eller

vattenspolning. De ytskikt som är vattentäta ska kunna utstå vattenspolning med omväxlande vattentemperatur. Krav på att ytskikt är vattenavvisande ställs på övriga väggar och tak. Fall till golvbrunn ska användas för att underlätta avrinning.

Våtrum delas upp i två olika våtzoner, våtzon 1 och våtzon 2 (Aspelin, 2017). Skillnaden mellan zonerna är kraven på tätskiktet. Vattenbelastningen i våtrummet varierar. Företaget förklarar att hela golvet, väggar vid dusch, en meter på väggar utanför duschplats och yttervägg som är anslutande till dessa delar klassificeras som våtzon 1. I våtzon 1 är vattenbelastningen högst och därmed blir skaderisken högre. Resterande väggytor i våtrummet delas in i våtzon 2.

### **3.4.2 Tätskikt i våtrum**

I detta avsnitt förklarar Antonsson och Jansson (2015) att tätskikt i våtrum kan utföras på ett flertal olika sätt, några förekommande är tätskiktsfolie, vätskebaserat tätskikt, plastmatta, målade tätskikt och skivor.

Tätskiktsfolie är en variant av tätskikt. Folie är komponenten som bidrar till att skiktet är tätt. Folier behandlas som en tapet och en tät yta skapas genom skarvar som stryks med lim. Den typ av tätskikt kan appliceras på byggnadsdelar med kakel och klinker som ytskikt. Tätskiktsfolier är vattentäta, vanligtvis har skiktet högt ånggenomgångsmotstånd och är benägna att ta upp rörelser från underlaget.

Vätskebaserade tätskikt appliceras på en konstruktion i omgångar, i form av strykningar. Tätskiktet består normalt av två lager. Det inre lagret består av tunnflytande dispersion med egenskaperna vattentätt och måttligt ångtätt, däremot är upptagningsförmågan av rörelser obefintlig. Det yttre lagret är av en gummidispersion, som är förhållandevis tjockare än det inre lagret. Gummidispersionens egenskaper är vattentätt med begränsad upptagningsförmåga av rörelser. Lämpligen används vätskebaserade tätskikt på byggnadsdelar med kakel och klinker som ytskikt.

Plastmatta nyttjas som tätskikt på golv eller väggar med ytskikt av keramiska plattor, alternativt kan plastmatta nyttjas i sig som tät- och ytskikt. Egenskaperna en plastmatta har är vattentäthet och måttlig ångtäthet, dessutom är rörelseupptagningsförmågan hos en plastmatta tämligen stor. Skarvar vid applicering provtrycks innan användning för att säkerställa tätskiktets funktion. Detta minskar risken för läckage i framtiden.

Målade tätskikt appliceras och nyttjas som tät- och ytskikt. Ånggenomgångsmotståndet är ofta förhållandevis lågt. Den här typen av tätskikt klassificeras på två sätt, det ena är vattentätt ytskikt och det andra är vattenavvisande ytskikt. En annan tätskiktsvariant är av skivformade material, som är en relativt ny teknik. Skivorna kan användas i syfte att vara underlag för keramiska plattor. Färdigmonterade tätskikt på våtrumsskivor är också förekommande.

### **3.4.3 Ytmaterial**

Byggkeramikrådet (2008) skriver att keramiska plattor uppfyller krav på estetiska värden, mekanisk hållfasthet, halkskydd, motståndsförmåga mot temperaturvariationer, kemikalier och fukt. Keramiska plattor klassificeras genom provning av godsets fysikaliska och kemiska egenskaper. Handboken förklarar att provningsmetoder och krav behandlas i standarden EN ISO 10545, global ISO-standard. För våtrum är egenskaper kopplade till vatten och fukt intressant. Vattenabsorption är en fysikalisk egenskap för keramiska plattor. Keramik med låg vattenabsorption betyder att plattorna har hög hållfasthet. Ytor belagda med keramiska plattor som utsätts för spolning och spill av vatten medför risk för fuktutvidgning. Fuktutvidgning förekommer i de fall då plattorna har viss vattenabsorption och är betydelselös i de fall då plattor har låg vattenabsorption.

Polyvinylkloridmattor är kvalificerade för användning i våtrum om produkten är godkänd för användning (Nevander & Elmarsson, 2009). Golvbranschens Riksorganisation ska godkänna golvmattan som ska användas i våtrummet som vattentät. Polyvinylkloridmattor kan både vara ytskikt och tätskikt i våtrummet.

### **3.4.4 Ytskikt för golv**

Keramiska plattor som ytskikt på golv i våtrum ska ha ett tätskikt under plattorna, på grund av att fukt släpps igenom fogarna när golvet vatten begjuts menar Follin, Kling och Örnhall (1994). Utförandet av golvbelägningen kan ske på två olika sätt, den nyare metoden är tunnskiktmetoden och en äldre är traditionella metoden. Typen av tätskikt kan variera för våtrumsgolv belagda med keramiska plattor. Gummiälsfalsmatta, vissa PVC-mattor eller vattentäta massor som stryks ut är exempel på olika utföranden av tätskiktet. Det första exemplet är applicerbart vid användning av den traditionella metoden och de två andra är applicerbara vid tunnskiktmetoden.

Våtrumsgolv med keramiska plattor i träkonstruktioner byggs upp på underlag bestående golvspånskivor med avjämningsmassa ovanpå skriver Antonsson och Jansson (2015). Med detta erhålls konstruktionen nödvändig böjstyvhet, däremot är ingående material i konstruktionen fuktkänsliga och kan förorsaka fuktskador vid exponering av vatten.

Antonsson och Jansson (2015) menar att konstruktioner i betong är jämförelsevis med trä både mer formstabil och fuktbeständigt, därför är betong som underlag ett säkrare alternativ för tätskikt. Däremot förorsakar betongkonstruktioner stora laster. Vid våtrumrenoveringsobjekt är det till fördel att använda massiva konstruktioner, ur fuktsäkerhetssynpunkt.

Golvmattor av polyvinylklorid är lämpligt att nyttja på träbjälklag, däremot på betongbjälklag är kraven inte lika höga på de elastiska egenskaperna hos tätskiktet betongar Follin, Kling och Örnhall (1994). I bostädernas våtrum är det mest brukade utförandet av golvbeläggning trådsveltsad golvmatta av materialet PVC.

Byggkeramikrådet (2011) skriver att ytskiktet på ett golv med golvvärmsystem kan bestå av olika material. Materialet ska ha hög värmeledningsförmåga och snabb värmeöverföring ska



kunna ske för att leda värmen från värmekällan till rumsluften. Den snabba värmeöverföringen medför möjligheter till lägre tillkommande vattentemperatur i vattenburna system och tar bort behovet av överdimensionerande elburna system.

Larsson (2016) menar att golvvärmsystemens funktion påverkas av vilket material som används till golvbeläggning. Ytmaterial av sten eller andra tunga material med värmelagringsförmåga medför att temperaturändringar tar lång tid. Om utomhustemperaturen faller hastigt behålls värmen i inomhusluften längre när golvbeläggning är ett tungt material. Författaren menar att det även kan bli överhettning i rummet om utomhustemperaturen stiger eller att det är mycket solinstrålning, på grund av systemets långsamma anpassningstid.

God värmeledningsförmåga är en egenskap som tunga material har (Byggkeramikrådet, 2011). Keramik är ett tungt material med god värmeledningsförmåga och ger snabb värmespridning. Keramikens magasineringförmåga av värme leder till bevaring av värme i golvet. Vidare menar författaren att termostaternas inkopplingar av värmeförseln är färre för att temperaturvariationen i golvet är mindre. På detta sätt kan livslängden på de olika systemen förlängas. I förhållande till energihushållningskrav kan magasinering av värme tillföra minskad energiförbrukning med hjälp av keramiska plattor på tunga konstruktioner. Enligt Warmup (2017) kan keramiska plattor värmas upp till mer än 29 °C. Plattornas tjocklek påverkar uppvärmningstiden för skiktet. Tiden för värmning förlängs med tjockare plattor.

Plast är ett mjukt material med värmeisolerande förmåga och materialet får därmed minskad verkningsgrad (Byggkeramikrådet, 2011). Enligt Warmup (2017) värms vinylmaterial snabbt upp och kyls snabbt ner. Begränsningen med ytskikt av vinyl är att materialet inte tål att utsättas för högre temperaturer än 27 °C. Värmeeffekten från golvvärmsystem begränsas till att inte överstiga 27 °C. Underfloorheating (u.d.) skriver att vinyl är ett naturligt varmt material.

Ett golv med golvvärme genererar en viss värmeeffekt beroende på ytskiktets material, se tabell 3 (Underfloorheating, u.d.).

Tabell 3 Värmeeffekt för olika ytskikt (Underfloorheating, u.d.).

Ytskikt	Flödestemperatur (°C)	Röravstånd (mm)	Rumstemperatur (°C)	Värmeeffekt W/m <sup>2</sup>
Keramiska plattor	50	200	22	130
Vinylmatta	50	200	22	101
Trä	50	200	22	83

### **3.4.5 Ytskikt väggar**

Likaså golvbeläggning av keramiska plattor kräver väggbeklädnad ett tätskikt bakom plattorna menar Follin, Kling och Örnhall (1994). Tätskikt skyddar väggen mot vattengenomträngning genom fogar vid duschning. Ett tätskikt som bekläder gipsskivor kan bestå av en spacklad fästmassa som är vattentät eller av en i flera lager struken plastdispersion. När betong krymper förekommer rörelser vilket ger att det är till fördel att välja fästmassa som tar upp rörelserna bättre än ett plasttätskikt.

Trådsvetsade väggmattor av materialet PVC delas upp i två typer, den ena kallas för formstabila väggmattor och den andra för homogena väggmattor (Follin, Kling & Örnhall, 1994). Skillnaden mellan typerna är att den förstnämnda är en väggmatta med armering och den sistnämnda är en väggmatta utan armering. Uppbyggnaden i en formstabil väggmatta är flera lager av PVC med inbunden armering alternativt bärare. Detta exemplifieras med att skikt av PVC täcker en mineralfilt som i det här fallet är bärare. I väggmattans yta kan mönsterbilning och strukturbildning vara avancerad. Däremot skapas en styvhet i mattan på grund av bäraren och påföljden blir att rörelser i underlaget inte går att ta upp. Författarna påpekar att blåsbildning kan uppstå om en formstabil matta monteras på ett material som krymper över tiden, till exempel skivor av spånmaterial. Tillverkningsbredder på en formstabil väggmatta är högst en meter. Risken för fuktskador i form av läckage ökar med antalet skarvar. Motsatsen till formstabila väggmattor är homogena väggmattor, som inte innehåller en bärare. Väggmattor av typen homogen tillverkas med mindre mönstervariation och har en slät ytstruktur i de flesta fall. Väggmattan har förmågan att parera mindre rörelser i underlaget utan konsekvenser och är formbar. Tillverkningsbredd på homogena väggmattor är högst två meter.

### **3.4.6 Konstant vattenavdunstning**

Vatten avdunstar konstant med hjälp av upptagande av värmeenergi från omgivande luft och direkt kontakt med ytor (Åberg, u.d.). Molekylerna i vattnet ska övergå från flytande form till gasform. Vattentemperaturen sjunker för varje molekyl som ändrar form, vilket innebär att mediet nyttjar omkringliggande värmeenergi konstant för att avdunstningen ska fortlöpa. Processen beror på lufttemperatur och ytors temperatur, lägre temperaturer ger en långsammare process. Åberg (u.d.) betonar att luften inte får vara mättad för att avdunstningen ska kunna ske. Om den relativa fuktigheten är 100 procent är det inte möjligt att vattenmolekyler tillförs till luften.

### **3.4.7 Fuktskador relaterat till värmesystem**

Vid användning av systemet golvvärme kan enligt Follin, Kling och Örnhall (1994) fuktskador uppkomma och vissa skador kan till och med förvärras. Mellan mark och hus kan temperaturskillnader uppstå på grund av golvvärme, vilket medför risk för fuktvandring i byggnadsdelar. Utsatta byggnadsdelar riskerar därför fuktskador. Detta kan förklaras med ett exempel. En dåligt grundisolerad källare utrustas med golvvärme. Underliggande mark värms upp och det uppstår fukttransport från marken till anslutande byggnadsdelar. En

väggs insida kan därför bli fuktskadad på grund av att källaren utrustades med golvvärme. Vidare menar författarna att på liknande sätt kan omvänd fukttransport ske genom uppvärmd underliggande mark till följd av installation av golvvärme. Det krävs att markens relativa fuktighet är hög. Vid avstängning av golvvärmen på våren kan det leda till att underliggande mark har en högre temperatur än husets grund. På grund av detta kan fukt vandra in i grunden och vålla fuktproblem.

Även vid nyproducerade parhus finns det risk för problematik med fukt (Follin, Kling & Örnhall, 1994). Förutsättningen för att risken ska uppstå är att huset är byggt med både golvvärme och radiatorer som värmesystem. Till den del av huset som utrustats med radiatorsystem transporteras byggfukten i plattan, som tillkommer vid nyproduktion och torkas ut med tiden, från den andra delen av huset med golvvärmesystemet.

### **3.5 Komfort**

Komfort kan vara individuellt och det är därför svårt att bestämma ett värde. Det är dock viktigt med komfort för människan.

Warfvinge och Dahlblom (2010) beskriver hur komfort, som även kan beskrivas som välbefinnande, påverkas av ett antal faktorer som till viss del är sammankopplade. För att uppfylla komfortkraven behöver inneklimatet vara komfortabelt oberoende verksamhet. Inneklimatet är ett övergripande begrep som definieras av människans omgivningssituation med hänsyn till faktorerna termik, hygien, ljus och ljud. I detta arbete är fokus på termiken.

#### **3.5.1 Termisk komfort**

Enligt Warfvinge och Dahlblom (2010) strävar den termiska komforten efter det tillstånd då temperaturen varken blir för varm eller kall. Detta är dock subjektivt då kön, ålder, aktivitet och klädsel är påverkande faktorer och som varierar kraftigt. Detta medför att den termiska komforten är svårreglerad då alla tycker olika. Det finns bevis för att minst 5% av personer upplever att den termiska komforten ej är tillfredställande och att vid en normal dimensionering förekommer det 20% klagomål (Warfvinge & Dahlblom, 2010). Påverkande faktorer för den termiska komforten från en byggnad är golvets ytemperatur, omgivande ytors temperatur, luftens temperatur, -hastighet, -fuktighet och -vertikala temperaturgradient.

Warfvinge och Dahlblom (2010) skriver att klädsel- och aktivitetsgraden påverkas av aktiviteter och temperaturen utomhus. Båda delarna varierar mellan personer och årstid och kan genom detta försvåra dimensioneringen av inneklimatet med hänsyn till den termiska komforten. Ytterligare ett problem är att personens aktivitetsgrad påverkar temperaturen i rummet. Människans kropp avger värme genom konvektion, strålning, avdunstning och ledning. Det totala värdet varierar beroende på aktiviteten och kan variera mellan 85 – 740 watt och kan stiga ytterligare.

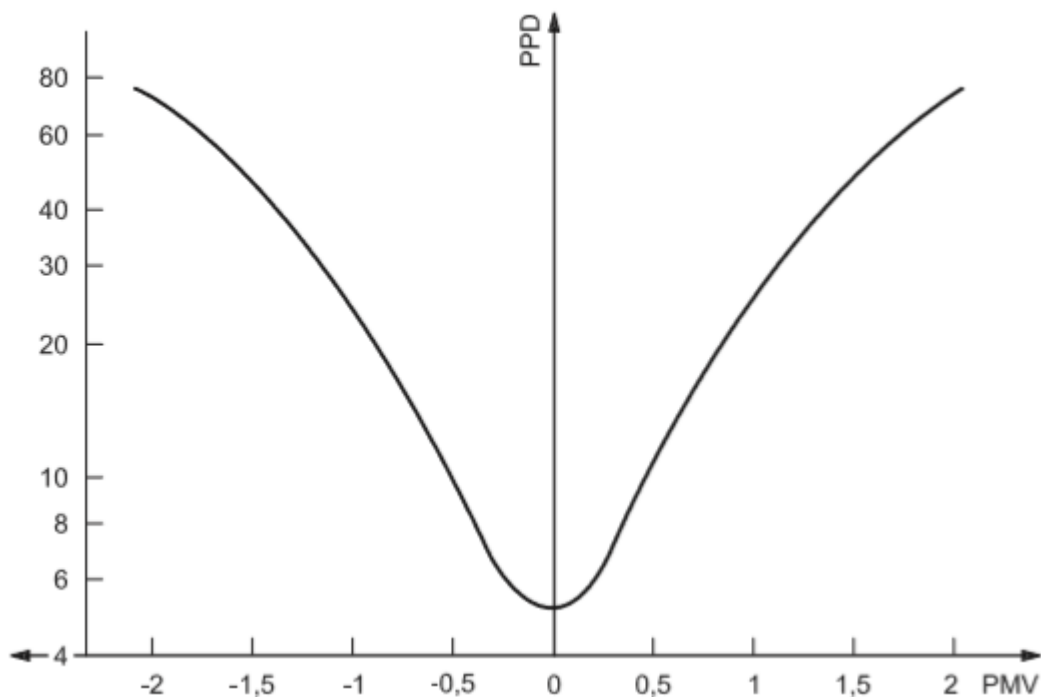
Warfvinge och Dahlblom (2010) fortsätter att beskriva hur luftens påverkande parametrar på komforten är temperatur, värmestrålning och lufthastigheten. Luftfuktigheten har en påverkande effekt av den termiska komforten, men dess påverkan är limiterad. Det är endast vid höga temperaturer som luftfuktigheten påverkar. Medelstrålningstemperaturen bestäms av alla olika ytors temperatur, vinkel, avstånd och placering till beräkningspunkten. Myhren och Holmberg (2007) beskriver att enligt nyare studier visar att byggnader med självdrag eller frånluftssystem är mer tillfredställande ur komfortsynpunkt.

Lufttemperaturen kan upplevas kallare än vad det är menar Warfvinge och Dahlblom (2010). Detta är på grund av omkringliggande ytor har en lägre temperatur än luften som leder till att det strålar värme från kroppen till den kalla ytan. Med detta nyttjas den operativa temperaturen av myndigheter och i regler och lagar. Den operativa temperaturen beror av lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen för att fastställa den upplevda temperaturen. Om lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen är lika stora blir den operativa temperaturen den samma som lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen. Vid krav på den operativa temperaturen ska kraven uppfyllas året runt.

Till sist beskriver Warfvinge och Dahlblom (2010) att den störst påverkande faktorn är när golvet temperatur sjunker. När människans kroppar blir nerkylda sjunker temperaturen i händer och fötter först. Om temperaturen på golvet är högre upplevs det inte lika kallt.

Termisk komfort kan beräknas och redogöra för den termiska upplevelsen i en byggnad. De påverkande faktorerna för att beräkna den termiska komforten är vilka kläder som brukas i lokalen, vilken aktivitet som utförs, omgivande ytors temperatur, lufttemperaturen, hastigheten på luften samt luftfuktigheten enligt standard SS-EN ISO 7730:2006 (Swedish Standards Institut, 2006). Enligt avsnitt 6:42 i Boverket byggregler (BFS 2015:3) ska installationer och byggnader anpassas för att den termiska komforten ska uppnås vid normala driftsförhållanden i byggnaden.

Enligt standarden SS-EN ISO 7730:2006 (Swedish Standards Institut, 2006) kvantifieras den termiska komforten av PPD, predicted percentage of dissatisfied, och PMV, predicted mean vote. Med dessa kan procenten missnöjda med temperaturen i ett rum beräknas. PMV baseras efter en skala från -3 till 3, där -3 ses som kallt, 0 är neutralt och 3 som hett, se tabell 4. PPD beräknar antalet, i procent, som anser att temperaturen ej är tillfredställande. Tillsammans med PPD och PMV kan antalet missnöjda beräknas fram när temperaturen sjunker eller stiger, se figur 5. Det kommer dock alltid finnas missnöjda personer, vilket leder till att det minsta värdet som kan beräknas är 5%.



Figur 5 Samband mellan PPD och PMV (SS-EN ISO 7730:2006). Med tillstånd.

Tabell 4 PMV värden ställda mot upplevelsen

PMV	Upplevelse
+3	Hett
+2	Varmt
+1	Lite varmt
0	Neutralt
-1	Lite kyligt
-2	Kyligt
-3	Kall

För att beräkna PMV och PPD nyttjar formlerna från SS-EN ISO 7730:2006. Se ekvation 12 till 16.

$$f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290l_{cl} & \text{för } l_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 * \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645l_{cl} & \text{för } l_{cl} > 0,078 \text{ m}^2 * \text{K/W} \end{cases}$$

Ekvation 12

$$h_c = \begin{cases} 2,38 * |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{för } 2,38 * |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 * \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 * \sqrt{v_{ar}} & \text{för } 2,38 * |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 * \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

Ekvation 13

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028 * (M - W) - I_{cl} * (3,96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t_a) \quad \text{Ekvation 14}$$

$$PMV = [0,303 * \exp(-0,36 * M) + 0,028] * ((M - W) - 3,05 * 10^{-3} * [5733 - 6,99 * (M - W) - Pa] - 0,42 * [(M - W) - 58,15] - 1,7 * 10^{-5} * M * (5867 - Pa) - 0,0014 * M * (34t) - 3,96 * 10^{-8} * f_{cl} * [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} * h_c * (t_{cl} - t)) \quad \text{Ekvation 15}$$

$$PPD = 100 - 95 * \exp(-0,03353 * PMV^4 - 0,2179 * PMV^2) \quad \text{Ekvation 16}$$

### 3.5.2 Komfortvärme

Enligt Tanik och Schedin (2017) betyder komfortvärme att en extra värmekälla installeras för att öka komforten i en byggnad. Motsatsen till komfortvärme är totaluppvärmning som är det värmesystem som nyttjas för att täcka effektbehovet. Det är vanligt att golvvärme installeras som just komfortvärme då detta system öka temperaturen på golven och ger en bättre komfort.

## 4 AKTUELL STUDIE

I detta kapitel presenteras en sammanställning av intervju med Thomas Wall, två badrum och två konstruktionstyper för badrummen och beräkningar av energi och komfort.

### 4.1 Intervju

Thomas Wall intervjuades via muntlig kommunikation 11 april 2019 på Mimers huvudkontor. Wall arbetar på Mimer AB som projektchef. Mimer AB är ett bostadsbolag med innehav av mer än 11 000 hyreslägenheter i Västerås (Mimer, 2019). Frågorna som ställdes vid intervjun återfinns i bilaga 1. Intervjun besvarades enligt nedanstående stycken.

Vid renovering av badrum i bostäder rivs och ersätts allt tät- och ytskikt. Vid planerat underhåll avlägsnas inredning, installationer, brunnar och rör. I de fall då det krävs anpassas badrummen till gällande standard. Branschorganens, Byggkeramikrådet, rekommendationer efterföljs vid krav på utförande av tätskikt. Behörighet för våtrum krävs för att utföra arbeten i våtrum.

De system som Mimer idag nyttjar i prioritet är vattenburna panelradiatorer. De har vissa bostäder med andra värmesystem som golvvärme, luftvärme och elburna radiatorer.

Ett vattenburet radiatorsystem är kostnadseffektivt då fjärrvärme finns tillgängligt i Västerås samt att det är ett välbeprövat system. Det är enkelt att installera både fjärrvärmerna och radiatorerna.

Däremot finns det risker med att radiatorerna nyttjar vatten som energikälla. Om det skulle uppstå läckage i värmesystemet skulle detta kunna leda till en fuktskada. Radiatorerna kan också orsaka fuktskador på grund av att håltagning måste ske i tätskiktet för genomföring av vattenledningsrören.

Golvvärme i bostäder har endast en fördel och det att boendeklimatet förbättrades. I övrigt finns det inte några fördelar med systemet. Nackdelarna med golvvärme är att det är komplicerat att installera och att underhållsarbetet är kostsamt. Trögheten i systemet är också ett problem då det är svårare att ställa in värmen i systemet.

### 4.2 Fallstudie

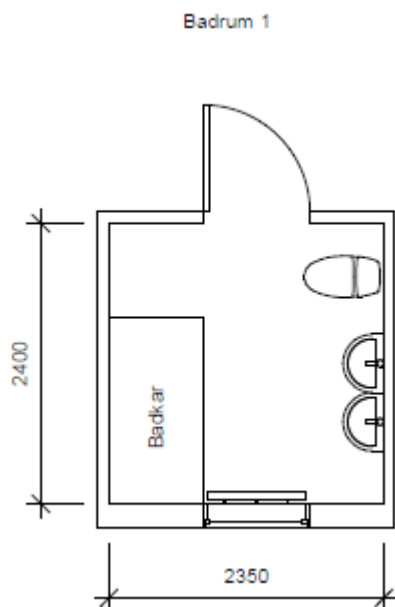
I fallstudien har två badrum studerats. Badrummen är belägna i samma byggnad. Byggnaden är lokaliserad på området Gryta i Västerås och är en enplansvilla från 1970 talet med en trästomme och träfasad. Badrummen renoverades under sommaren 2003. De båda badrummen nyttjas för beräkningar i 4.2.1 och 4.2.2 och därför presenteras endast fakta som krävs för att utföra dessa beräkningar. Två typutformningar för att räkna på badrummen, typ 1 och typ 2, har använts. Skillnaden mellan typerna är ytmateriallet på golv och väggar. Typ 1

har keramiska plattor som ytmaterial och typ 2 har polyvinylkloridmattor. Badrummen är utformade enligt typ 1. Utformningen på typ 2 är ett teoretiskt alternativ till utformning av badrummen.

#### 4.2.1 Badrum 1

Under renoveringen byttes ytmaterialen från PVC-mattor till klinker och därav byttes även tätskiktet. Det vattenburna radiatorsystemet byttes till en mindre vattenburen radiator och ett elburet golvvärmsystem. Ingen tilläggsisolering sattes in.

Badrummet är ett större badrum med dimensionerna 2,4 x 2,35 meter och 2,4 meter i takhöjd, se figur 10. I badrummet finns det ett handfat, en toalett och ett badkar. Väggar, golv och takets U-värden presenteras i tabell 5. Badrummet kyls från marken, vinden och en yttervägg. Vinden är en kallvind och ytterväggen är den tjockaste väggen i figur 10. Ventilationssystemet som nyttjas i badrummet är ett frånluftssystem där luftflödet är 16 l/s. Luftomsättningen är bestämd till 2 oms/h.



Figur 6 Planlösning badrum 1

Tabell 5 U-värde Badrum 1

Ytterväggar	Golv	Tak
$0,25 \text{ W/m}^2 * K$	$0,10 \text{ W/m}^2 * K$	$0,15 \text{ W/m}^2 * K$

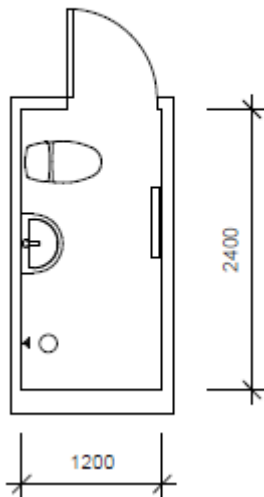


#### 4.2.2 Badrum 2

Under renoveringen byttes ytmaterialet från PVC-mattor till klinker och därav byttes även tätskiktet. Det vattenburna radiatorsystemet bytes till en mindre vattenburen radiator och ett elburet golvvärmesystem. Ingen tilläggsisolering sattes in.

Badrummet är mindre och är avlångt utformat med dimensionerna 2,4 x 1,2 meter och med 2,4 meter i takhöjd, se figur 11. I badrummet finns det ett handfat, en toalett och en dusch. Väggarnas, golvet och takets U-värde presenteras i tabell 6. Badrummet kyls från marken, vinden och en yttervägg. Vinden är en kallvind och ytterväggen är den tjockaste väggen i figur 11. Ventilationssystemet som nyttjas i badrummet är ett frånluftssystem där luftflödet är 15 l/s. Luftomsättningen är bestämd till 2 oms/h.

Badrum 2



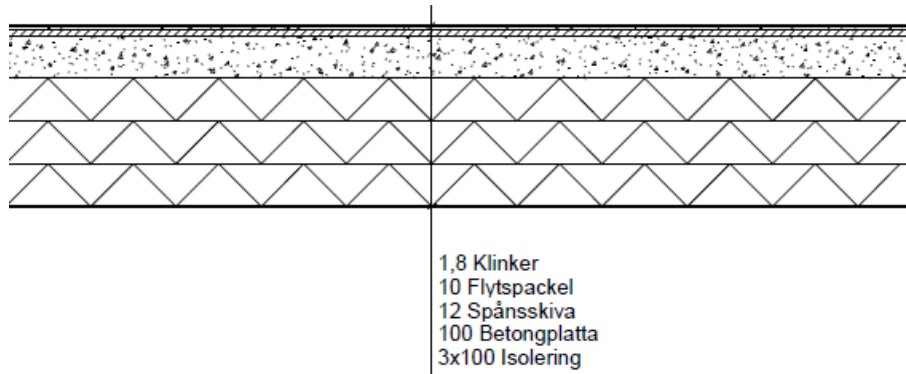
Figur 7 Planlösning badrum 2

Tabell 6 U-värde Badrum 2

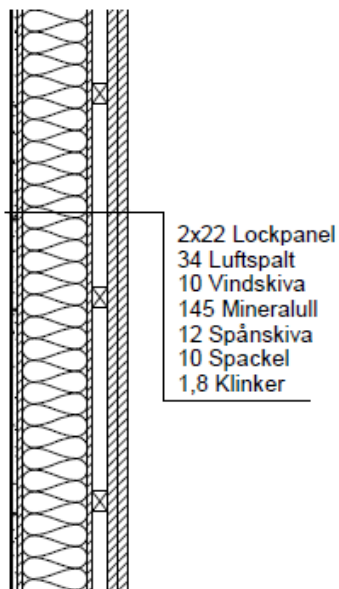
Ytterväggar	Golv	Tak
0,25 W/m <sup>2</sup> * K	0,10 W/m <sup>2</sup> * K	0,15 W/m <sup>2</sup> * K

### 4.2.3 Konstruktion golv och vägg typ 1

Plattan är av betong och ligger direkt mot mark. Den här typutformningen har ytskikt av klinker med en bakomliggande spånskiva. Taket är utformat av takplattor. För vägg- och golvkonstruktion se figur 6 och 7.



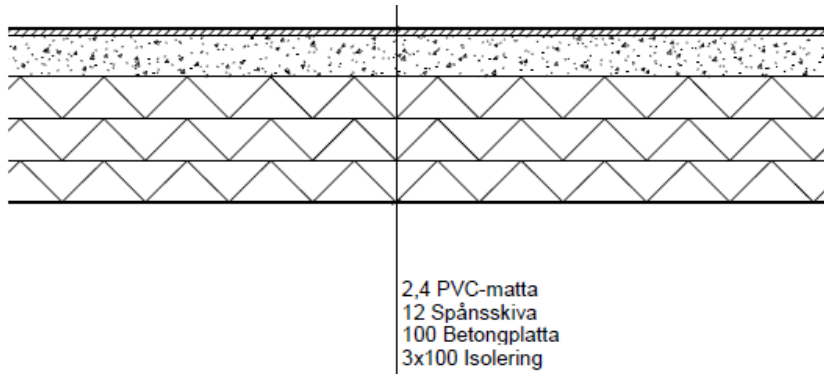
Figur 8 Konstruktions Typ 1 Golv



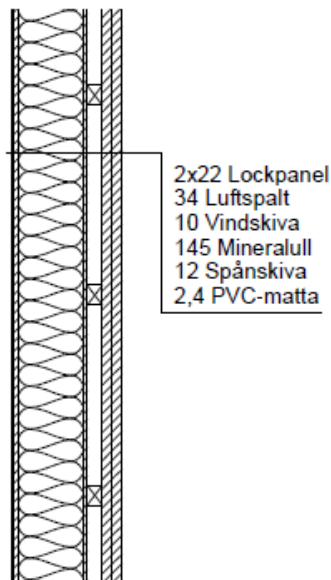
Figur 9 Konstruktions Typ 1 Vägg

#### 4.2.4 Konstruktion golv och vägg typ 2

Typ 2 är golvet av betong och ligger direkt mot mark. Den här typutformningen har ytskikt av polyvinylkloridmattor med en bakomliggande spånskiva. Taket är utformat av takplattor. För vägg- och golvkonstruktion se figur 8 och 9.



Figur 10 Konstruktions Typ 2 Golv



Figur 11 Konstruktions Typ 2 Vagg

### 4.3 Beräkningar

I detta avsnitt presenteras de utförda beräkningarna för effektbehov, energi och komfort.

#### 4.3.1 Effektberäkning

I detta avsnitt har effektberäkningarna redovisats. Det som har studeras är skillnaden i effektbehov vid invändig tilläggsisolering, skillnaden av de två olika typerna samt se det totala effektbehovet för att bedöma om det är möjligt att byta värmesystem. Värden för ventilation, luftläckning, rummets funktion och storlek ändras inte. Åtta beräkningar har

utförts där en förändring av isolering har utförts, samt ett byte av typ 1 och 2. En av beräkningarna har utförts i detta avsnitt och resterande effektberäkningar redovisas i bilaga 2 till 8. Resultaten presenteras i tabell 7 och 8. Värden på badrummen och typerna hämtas från avsnitt 4.1.

Beräkningar vid en tilläggsisolering utförs för att visa att effektbehovet blir mindre när det tillförs. Detta visar hur det är möjligt att minska effektbehovet och därigenom göra det möjligt att välja ett värmesystem med mindre effekt.

För att beräkna värmekapaciteten i badrummen behöver väggar, tak och golv vara inkluderade i beräkningen. I beräkningarna tas det inte hänsyn till fönster och dörrar. Beräkningarna är enligt ekvation 1 till 9.

Totala värmekapaciteten:

$$\begin{aligned} \Sigma C = & \frac{2,35 * 2,4 * 0,0118 * 2600 * 1000}{2} + \frac{2,35 * 2,4 * 0,022 * 700 * 1000}{2} \\ & + \frac{2,35 * 2,4 * 0,0118 * 2600 * 1000}{2} + \frac{2,35 * 2,4 * 0,022 * 670 * 1000}{2} \\ & + \frac{2,35 * 2,4 * (0,1 - 0,022 - 0,0118) * 2300 * 1000}{2} \\ & + \frac{2,35 * 2,4 * 0,020 * 700 * 1000}{2} = 731 \text{ kJ/K} \end{aligned}$$

Transmissionsförluster:

$$P_{transm.} = 0,25 * 2,35 * 2,4 + 0,10 * 2,35 * 2,4 + 0,15 * 2,35 * 2,4 = 2,8 \text{ W/K}$$

Ventilationsförlusten:

$$\dot{M}_u = \frac{16 * 2,4 * 2,35 * 2,4 * 1,2}{3600} = 0,0722 \text{ l/s m}^2$$

Tidskonstanten:

$$\tau_b = \frac{731}{2,8 + 0,0722 * 1} = 253 \text{ h}$$

Total specifik effektförlust:

$$Q_t = 2,8 \text{ W}$$

$$Q_v = 1,2 * 1000 * 0,016 = 19,2 \text{ W}$$

$$Q_{ov} = 1,2 * 1000 * 0,00752 = 9,0 \text{ W}$$

$$Q_{tot} = 2,8 + 19,2 * (1 - 0) + 9,0 = 31,0 \text{ W}$$

Effektbehov:

$$P_w = 31 * (25 - (-14,8)) = 1234 \text{ W}$$

### 4.3.2 Energiberäkning

I avsnittet presenteras en jämförelse mellan två inomhustemperaturer. De två temperaturerna är 25 respektive 21 °C. I badrum 1 och 2 brukas radiatorer och i dagsläget är rumstemperaturen 25 °C. I ett badrum med golvvärmesystem hålls temperaturen på 21 °C enligt uppskattning. Jämförelsen visas med ekvation 11, gränstemperaturberäkning.

$$T_{g1} = 25 - \frac{P_g}{Q_{tot}} > 21 - \frac{P_g}{Q_{tot}} = T_{g2}$$

Den lägre inomhustemperaturen ger en lägre gränstemperatur än den högre inomhustemperaturen. Detta kan nyttjas i beräkning av värmeenergibehov, ekvation 10.

$$E_1 = Q_{tot}(T_{g1} - T_{un}) * 8760 > Q_{tot}(T_{g2} - T_{un}) * 8760 = E_2$$

I detta fall resulterar en lägre gränstemperatur i ett mindre värmeenergibehov,  $E_2$ .

### 4.3.3 Termisk komfortberäkning

För att beräkna den termiska komforten har en Excel fil skapad av Nilsson (2005) använts. I filen används ekvationerna 12 till 16 för att beräkna PPD och PMV. De värden som har förändrats i filen är lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen, där lufttemperaturen har bestämts till ett fast värde och medelstrålningstemperaturen har förändrats för att presentera skillnaden i PPD och PPM. Det eftertraktade värdet av PPD är 5 och PPM 0. Lufttemperaturen har fastställts till 25 °C respektive 21 °C, där 25 °C är för ett radiatorsystem och 21 °C är för ett golvvärmesystem. Antagna värden vid beräkningarna är normalklädsel = 1 clo, sittandes i vila = 1 met, lufthastighet = 0,2 m/s och den relativa luftfuktigheten (%) = 50. Två beräkningar där klädseln respektive aktivitetsgrad förändras genomförs också. Resultaten presenteras i bilaga 9 till 12.

## 5 RESULTAT OCH ANALYS

I detta kapitel presenteras de olika tekniker och tillvägagångsätt som kan användas i en badrumsrenovering för att uppnå bästa möjliga energianvändning, fuktskydd och komfort. I resultatet presenteras resultat från beräkningar, intervju och litteraturstudie. Dessa resultat analyseras sedan och kopplas till fallstudien.

### 5.1 Resultat

I det här avsnittet presenteras resultatet från beräkningar, intervju och litteraturstudie.

#### 5.1.1 *Badrumsrenovering*

En badrumsrenovering i bostäder innebär att tät- och ytskikt rivs och ersätts. Om renoveringen är planerad avlägsnas inredning, installationer, brunnar och rör. I det fall då det är nödvändigt anpassas badrummet som renoveras till gällande standarder. Det anses vara av stor vikt att den som utför tätskiktsarbetet har lämplig behörighet.

Bostäder kan ta skada av fukt på olika nivåer. Fuktskador kan orsaka att energibehovet för byggnader ökar, byggnadsdelar bryts ner och hälsorisker uppstår i bostäder. Ej funktionsenliga tätskikt, läckage från installationer och fuktdiffusion är förekommande skadeorsaker i våtrum. Fuktskador kan hindras genom ång- och fuktspärrar på känsliga områden. Golvvärmesystem i betongkonstruktioner på mark med ovanpåliggande tätskikt kan försvåra fuktskador. Avdunstningsprocessen för kvarliggande vatten på golv sker under en kortare tid om golvet är varmt.

Aktuella klimatförändringar är en påföljd av människans utsläpp av växthusgaser. Byggnader bidrar till utsläppen genom energianvändning. 35 procent av den slutliga användningen av energi i Sverige står byggnader för.

Ekonomi är en aspekt som påverkar ett beslut om renovering. Det är mer kostsamt att åtgärda vattenskador än att utföra renoveringar. Byte av ett värmesystem till ett annat är mer kostsamt än att förnya delar av ett befintligt värmesystem. Kostnader för byggnader kan minskas genom tilläggsisolering för att byggnadens energianvändning blir lägre.

### 5.1.2 Tekniker vid badrumsrenovering

Vid en badrumsrenovering behöver beslut angående energi, fukt och komfort fattas. Besluten beror av vilka krav och behov som ska uppfyllas. Teknikerna ur de tre aspekterna är följande.

#### Energi

- Radiatorsystem
  - Vattenburet
  - Elburet
- Golvvärmesystem
  - Vattenburet
  - Elburet
- Invändig tilläggsisolering av golv och väggar.

#### Tät- och ytskikt

- Keramiska plattor med antingen vätskebaserat tätskikt eller vissa godkända polyvinylkloridmattor.
- Polyvinylkloridmattor.

#### Komfort

- Värmesystem
- Komfortvärme

### 5.1.3 Energiförändring

Materialvalet och utformningen av badrummen påverkar effektbehovet i rummet. Skillnaden mellan badrum 1 och badrum 2 samt typ 1 och typ 2 redovisas i tabell 7 och 8.

Tabell 7 Effektbehovsresultat för typ 1

	Badrum 1 typ 1	Badrum 1 typ 1, tilläggsisolering	Badrum 2 typ 1	Badrum 2 typ 1, tilläggsisolering
Tidskonstanten	253 h	312 h	253 h	312 h
Total specifik effektförlust	31,0 W	30,5 W	24,1 W	23,8 W
Effektbehov	1234 W	1205 W	959 W	940 W

Tabell 8 Effektbehovsresultat för typ 2

	Badrum 1 typ 2	Badrum 1 typ 2, tilläggsisolering	Badrum 2 typ 2	Badrum 2 typ 2, tilläggsisolering
Tidskonstanten	229 h	283 h	229 h	283 h
Total specifik effektförlust	31,0 W	30,5 W	24,1 W	23,8 W
Effektbehov	1240 W	1228 W	964 W	943 W

Rumstemperaturen i ett badrum kan vara lägre med ett golvvärmesystem i jämförelse med ett radiatorsystem. Värmeenergiebehovet för en byggnad beror av gränstemperaturen i byggnaden. Gränstemperaturen beror av inomhustemperaturen. Med en lägre gränstemperatur minskar värmeenergiebehovet för uppvärmningen av byggnaden. Energiebehovet för uppvärmning för badrummen och konstruktionstyperna från fallstudien kan påverkas. För att sänka energiebehovet bör radiatorn stängas av och det elburna golvvärmesystemet bör enbart användas till värmningen av badrummet. Temperaturen i badrummen kan sänkas. Ett annat alternativ är att renovera båda badrummen och lägga in vattenburen golvvärme.

#### 5.1.4 Fuktaspekt

Badrum med vattenburet radiatorsystem

- Lätt att upptäcka läckage från radiatorn utan omfattande arbete.
- Risk för vattenskador vid läckage från vattenledningsrör.
- Risk för fuktskador vid håltagning i tätskikt för genomföringar.

Badrum med elburet radiatorsystem

- Ingen risk för läckage från vattenledningsrör.
- Om håltagning sker tillkommer risk för fuktskador.

Badrum med vattenburet golvvärmesystem

- Vattenavdunstning kan påskyndas när golvvärmen är påslagen.
- Risk för vattenskador vid läckage från vattenledningsrör.
- Risk för fuktskador vid håltagning i tätskikt för genomföringar.
- Svårt att upptäcka läckage eller andra skador på systemet.
- Dåligt isolerande husgrunder med golvvärme medför risk för fuktskador.
- Risk för omvänd fukttransport i vissa fall.



## Badrum med elburet golvvärmesystem

- Ingen risk för läckage från vattenledningsrör.
- Risk för fuktskador vid håltagning i tätskikt för genomföringar.
- Svårt att upptäcka läckage eller andra skador på systemet.
- Dåligt isolerande husgrunder med golvvärme medför risk för fuktskador.
- Risk för omvänd fukttransport i vissa fall.

### 5.1.5 *Komfortaspekt*

Komfortaspekten är beroende av många olika faktorer. I bilaga 9 och 10 går det att se samma resultat kan uppnås vid de olika lufttemperaturerna. Detta betyder att komfortbehovet kan uppnås med både radiatorer och golvvärme. Den operativa temperaturen ska ligga nära 23,8 °C för att komfortbehovet ska uppfyllas. Om dock klädseln förändras påverkar detta vad den operativa temperaturen behöver vara. Om klädseln är 0 clo, vilket betyder att personen är naken, behöver den operativa temperaturen vara något mindre än 29,5 °C för att vara optimal för komforten, se bilaga 11. Aktivitetsgraden påverkar också vad den operativa temperaturen behöver vara för att uppfylla komforten. Vid en aktivitetsgrad på 1,6 met, vilket motsvara av eller påklädsel, ska den operativa temperaturen vara 18,5 °C, se bilaga 12.

## 5.2 **Analys av resultat**

Arbetets resultat analyseras genom att knyta an till litteraturstudien och resultaten tolkas för både de olika typerna och de olika badrummen.

### 5.2.1 *Badrumsrenovering*

Badrumsrenovering beskrevs under intervjun och likheter finns med det Byggkeramikrådet (2014) föreskriver om badrumsrenoveringar. De båda förespråkar att avlägsna befintligt tät- och ytskikt. Mimer är ett stort bolag som förvaltar många bostäder i Västerås. Detta betyder att många bostäder även behöver renoveras. Därmed är det rimligt att efterfölja deras tillvägagångssätt vid badrumsrenoveringar. För det mesta använder de inte golvvärme i deras bostäder, men det finns ett fåtal bostäder med elburen golvvärme i badrummen. Renovering av badrum och installation av vattenburen golvvärme kan antas vara ett mindre intressant alternativ för Mimer. Däremot kan badrum i Mimers bostäder i vissa fall utrustas med elburen golvvärme. Både badrum 1 och 2 renoverades med elburen golvvärme och allt tät- och ytskikt byttes. I detta fall efterföljdes Byggkeramikrådets (2014) grundregel gällande tät- och ytskikt. Den tidigare primära uppvärmningskällan var radiatorer. Uppvärmningskällan ersattes med både elburen golvvärme och en mindre vattenburen radiator, vilket kan betyda att den elburna golvvärme inte ska vara den primära uppvärmningskällan.

### **5.2.2 Tekniker vid badrumsrenovering**

Ur energi-, fukt- och komfortaspekt verkar golvvärmen vara bättre än radiatorer. Enligt Larsson (2016) kräver ett vattenburet golvvärmesystem mindre energi än ett radiatorsystem oberoende av innertemperatur. Dock måste golvvärmesystemet bli rätt inställt och isoleringsmängden får inte vara för liten. Fuktaspekten kan bli sämre med ett golvvärmesystem men det kan samtidigt bli bättre.

Riskerna som tillkommer med ett golvvärmesystem ur fuksynpunkt är att det kan förekomma fukttransport till anslutande byggnadsdelar (Follin, Kling & Örnhall, 1994). Detta kan inte förekomma lika lätt med ett radiatorsystem då värmen inte tränger genom golvet på samma sätt som ett golvvärmesystem. Dock är ett golvvärmesystem bättre på att torka upp fukt från ett golv. Då golvet kontinuerlig värmer upp vattnet som kan finnas på golvet kan avdunstningen gå snabbare än för ett radiatorsystem. En radiator kan endast värma vattnet genom strålning och att höja temperaturen på luften. Värmeöverföringen är dock bättre genom ledning än strålning och konvektion. Små radiatorsystem som har en hög framledningstemperatur kan också ha en uttorkande effekt. Det påverkar dock mestadels luftfuktigheten.

De egenskaper som Byggkeramikrådet (2011) påstår att keramiska plattor har gör att keramik lämpar sig på konstruktioner med golvvärmesystem. Underfloorheating (u.d.) visar att keramiska plattor har bättre värmeeffekt per kvadratmeter i jämförelse med vad vinylmattor har. Larsson (2016) menar att det kan bli överhettning i rum med tunga ytmaterial på grund av långsam temperaturanpassningstid för golvvärmesystemen. Byggkeramikrådet (2011) påpekar att plast är värmeisolerande, vilket kan betyda att inte lika mycket värme släpps igenom materialet. Däremot förklarar Underfloorheating att vinyl är ett naturligt varmt material, detta kan betyda att materialet upplevs behagligt även om golvvärmen inte är påslagen. En annan skillnad mellan materialen är att keramiska plattor kan utsättas för högre temperaturer än vad plastmattor kan. Keramiska plattor kan anses vara ett bättre ytskikt på golvvärmekonstruktioner. Renoveringarna av ytskikten i badrum 1 och 2 kan förklaras med detta. Genom ett byte från polyvinylkloridmattor till klinker kan användningen av golvvärmesystemet optimerats. Däremot finns det en risk med att det är elburen golvvärme och en radiator i badrummen. Det är inte säkert att golvvärmen är konstant påslagen, då det finns två värmesystem. Om golvvärmen inte är påslagen kan klinkergolvet upplevas kallt. Eftersom polyvinylkloridmattor är ett naturligt varmt material upplevs materialet troligtvis varmare än klinker vid avstängd golvvärme. I detta fall med elburen golvvärme och radiatorer i badrummen kan konstruktion av badrummen enligt typ 2 vara ett bättre alternativ än konstruktion typ 1.

Tunga material har ofta god magasineringsförmåga av värme. Golvvärmesystem kan använda lagringsförmågan i golvet om golvbeläggningen är av ett tungt material. I och med detta kan ett golvvärmesystem med keramiska plattor resultera i ett lägre energibehov. Med hänsyn till detta kan typ 1 vara ett bra utförande på ett badrum.

Utvändig tilläggsisolering är inte ett alternativ i det här fallet på grund av att det endast är en del av en hel yttervägg som behöver tilläggsisolering. Därför studeras invändig

tilläggsisolering i badrummen. Genom invändig tilläggsisolering kan effektbehovet minskas för badrummen och konstruktionstyperna. Energibehovet beror av effektbehovet genom att minskat värmeeffektbehov ger ett lägre värmeenergibehov. I både typ 1 och typ 2 reduceras effektbehovet efter tilläggsisolering. Minskningen av effektbehovet är liten, men minskningen kan vara tillräckligt stor för att påverka energibehovet för både badrum 1 och 2.

En utvändigt tilläggsisolering av ytterväggen i badrummen kan resultera i större energibesparingar (Hakim, 2010). Troligtvis hade en utvändigt tilläggsisolering varit säkrare ur fuktsynpunkt. Däremot är det troligtvis inte möjligt att tilläggsisolera endast en del av fasaden. Till exempel är det inte rimligt att tilläggsisolera alla delar av en fasad med anknytning till badrum i ett flerbostadshus.

Tabell 7 visar att badrum 1 (typ 1) har en måttlig förändring av effektförlust och tidskonstant efter tilläggsisolering, vilket kan bero på att badrummet har större volym.

Tilläggsisoleringens verkan på effektförlusterna kan anses öka med omslutande byggnadsdelars yta. Detta kan förklaras med förhållandet mellan effektförluster och storlek, då en större yta i detta fall genererar större effektförluster. Badrum 1 (typ 1) effektbehov reduceras efter tilläggsisolering och därmed minskas energibehovet. Med ett minskat energibehov reduceras kostnaderna för byggnadens energianvändning. Hassan (2010) styrker detta resonemang, men förklarar också att förändringen av effektbehovet är beroende av hur väl befintliga isoleringen är innan tilläggsisoleringen. Därför är det intressant att studera det teoretiska resultatet som tilläggsisoleringen skulle medföra och väga det mot de faktiska kostnaderna för arbetet. Tabell 8 visar att badrum 1 (typ 2) har en liten förändring av effektbehov efter tilläggsisolering, vilket kan betyda att det inte är lönsamt att tilläggsisolera den typen av badrum. I både badrum 2 (typ 1) och badrum 2 (typ 2) blir det en snarlik skillnad i effektbehov efter tilläggsisolering, se tabell 7 och 8. I detta fall är storleken på badrummet liten. I förhållande till förändringen av effektbehov i de två typerna av badrummen är det inte säkert att det är lönsamt med tilläggsisolering. En tilläggsisolering kan även medföra mindre yta användbar yta i badrummet.

Komforten kan uppfyllas bättre med ett golvvärmesystem. Med ett golvvärmesystem blir värmen jämnare då det är en större yta som värmer rummet än ett radiatorsystem. För att ett radiatorsystem är det svårt att få samma jämna och låga värmefördelning då framledningstemperaturen är högre på radiatorer. Vid installation av en större radiator och sedan sänka temperaturen för att försöka uppnå samma effekt som för golvvärmen kommer att leda till att luftfuktigheten stiger. Detta kan leda till fuktproblem och upptorkningen i ett rum kan försämrast.

### 5.2.3 Energiförändring

Effektbehovet i badrummen påverkas av utformningen, materialvalet och ventilationen. En minimering av effektbehovet är fördelaktigt då detta leder till att uppvärmningssystemet kan vara mindre och därav ta mindre plats samt mindre kostnader. För att effektbehovet ska minimeras bör tyngre material användas i rummet samt att rummet inte bör vara onödigt stort. Ventilationen är svår att anpassa eftersom ventilationskraven måste upprätthållas. De påverkningsbara parametrarna är luftläckaget och värmeåtervinningen då detta minskar effektförlusten drastiskt.

I tabell 7 och 8 går det att se att konstruktions typ 2 har ett högre effektbehov än typ 1. Detta eftersom typ 2 används PVC istället för klinker. PVC har en lägre densitet och därför blir effektbehovet större. Det går också att se hur storleken på badrummen påverkar effektbehovet. Detta eftersom ekvationer 1, 2, 3 och 7 påverkas av badrummets dimensioner.

Att nyttja antingen radiatorer eller golvvärme i badrum 1 och badrum 2 för både typ 1 och typ 2 är möjligt då effektbehovet är relativt stort. Golvvärmeslingornas avstånd kan anpassas för nästan alla effektbehov. Radiatorer finns i en uppsjö med olika effektbehov och kan uppfylla både ett stort och litet effektbehov. Enligt Warfvinge och Dahlblom (2010) blir många värmesystem överdimensionerade på grund av osäkerhet i ekvationer 1 till 9. Dock skulle detta kunna anpassas bättre i ett renoveringsarbete då osäkerheterna blir färre och det är möjligt att mäta dessa värden i badrummen.

Avstängning av radiatorerna och enbart användning av den elburna golvvärmen till uppvärmning av badrum 1 och 2 kan minska energibehovet för byggnaden. Däremot ökar mest troligen miljöpåverkan vid användning av elburet golvvärmesystem då systemet anses ha hög energianvändning (Larsson, 2016). I detta fall är det inte säkert att byggnadens reducerade energibehov väger upp mot byggnadens ökade miljöpåverkan. Det kan därför vara av intresse att lägga in vattenburen golvvärme i badrummen för att byggnaden ska få ett lägre energibehov. Larsson menar att vattenburen golvvärme medför energibesparingar. Installation av vattenburen golvvärme i badrum 1 och 2 underlättas tack vare att det finns framdragna vattenledningar som kan användas.

Golvvärmesystem i badrum kan medföra ett reducerat energibehov om aktuella rumstemperaturer kan sänkas. Om värmesystemet behöver värma rummet till en lägre temperatur innebär det ett mindre energibehov. Det är möjligt att sänka rumstemperaturen i ett badrum med golvvärme för att komforten inte försämras genom en viss temperatursänkning. Larsson (2016) menar att det är möjligt att göra energibesparingar med golvvärme till följd av sänkt temperatur. Även Khorasanizadeh, Sheikhzadeh, Azemati och Shirkavaand Hadavand (2004) menar att energibesparingar kan göras till följd av användning av golvvärmesystem i byggnader. Däremot skulle komforten försämras om temperaturen sänks från normal temperatur i ett badrum med radiatorer Larsson (2016). Därför är det inte att föredra att sänka temperaturen i badrum med radiatorer.

#### **5.2.4 Fuktaspekt**

Vattenburna system innebär tillförsel av vatten till byggnaden. Både vattenburna radiatorer och vattenburen golvvärme förorsakar risker för vattenskador. Läckage från vattenledningsrör är en risk som föreligger vid användning av vattenburna system. Montering av radiatorer och rör genomföringar kräver håltagning i våtrummet tätskikt. Vattenburet golvvärmesystem i våtrum medför rör genomföringar igenom våtrummet tätskikt. Elburen golvvärme tillför inte byggnaden vatten och medför inte risk för läckage från rör. Vattenavdunstning beror av omgivande lufttemperatur och ytors temperatur som har direkt kontakt med vattnet. Högre temperatur på golvet och på lågt liggande luft i badrum erhålls med golvvärmesystem. Vattnet har tillgång till mer värmeenergi i omgivningen med golvvärmesystem, vilket kan innebära accelererad vattenavdunstning i jämförelse med radiatorsystem. Radiatorer är synliga, vilket medför att reparation, underhåll och utbyten underlättas. Risken för att ett läckage eller annan skada inte upptäcks i tid är liten. Vattenburen golvvärme är inbyggd i konstruktionen och därmed osynlig. Reparation, underhåll eller utbyte kräver omfattande arbete. Läckage eller andra skador är svåra att upptäcka innan skadan är skedd och kan upptäckas genom fuktproblem. Läggnings av golvvärme i en dåligt isolerad husgrund medför risk för fuktvandring i intilliggande byggnadsdelar. Önskad fuktskador kan uppkomma. Omvänd fukttransport är även en risk att ta hänsyn till vid implementering av golvvärme. I badrum 1 och 2 är golvvärmen driven på el, vilket är bra ur fuktsynpunkt. Golvvärmen medför ingen vattentillförsel till badrummen. Däremot finns det vattenburna radiatorer i båda badrummen. I och med detta kommer det kontinuerligt tillföras vatten till badrummen genom ledningarna till radiatorerna, vilket inte är bra ur fuktsynpunkt. Radiatorerna sitter utanpå väggarna. Detta underlättar reparation, underhåll och byten samtidigt som det är lätt att upptäcka läckage i tid.

#### **5.2.5 Komfortaspekt**

Vid beräkning av komforten är det många påverkande faktorer som används. Detta gör att beräkningarna är svåra att utföra då det krävs många ingångsvärden och beräkningar. Samt att komfort är kontroversiellt. I bilagorna 9 och 10 går det att se att samma resultat går att uppnå genom att ändra medelstrålningstemperaturen. Med detta är det möjligt att uppnå termisk komfort genom att anpassa lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen. Det enklaste är att hålla lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen lika, menar Warfvinge och Dahlblom (2010). Det är dock svårt att hålla både lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen konsekvent. Lufttemperaturen påverkas av många olika faktorer och blir därför svår att anpassa. Till exempel påverkas den av människor, elektronik, aktiviteter, med mera. För att hålla medelstrålningstemperaturen konstant är det lättare att använda ett golvvärmesystem. Detta eftersom strålningsenergin kommer från en större yta än en radiator. Det medför att temperaturen inte behöver höjas lika mycket i rummet för att öka medelstrålningstemperaturen, samt att medelstrålningstemperaturen förändras mindre av vart beräkningspunkten placeras.

Då den termiska komforten beräknas för badrum kan aktivitetsgraden och klädseln vara svår att fastställa. I både badrum 1 och badrum 2 finns det möjlighet att tvätta sig och detta medför att klädseln och aktivitetsgraden varierar. I bilagorna 9 till 12 går det att se hur stor skillnad det måste vara på medelstrålningstemperaturen och lufttemperaturen för att få en bra komfort. Detta medför svårigheter vid valet av temperatur som det bör vara i badrummen. En person som tvättar sig kommer att spola varmt vatten vilket leder till ett tillskott av värmeenergi i badrummen. Detta leder till en ökad temperatur i badrummen. Ett tillvägagångsätt för att anpassa temperaturen efter aktivitetsgraden är genom att sänka temperaturen i rummet. Detta betyder att medelstrålningstemperaturen och lufttemperaturen bör hållas lägre än 23,8 °C. Då aktivitetsgraden kommer variera i badrum 1 och badrum 2 bör ett medelvärde mellan 1,0 och 1,6 användas.

Den termiska komforten är svår att definiera och är det då den är personlig. Warfvinge och Dahlblom (2010) skriver att vid en normal dimensionering är det 20% som är missnöjda med den termiska komforten. Detta beror troligen på klädseln och på aktivitetsgraden.

## 6 DISKUSSION

I det här kapitlet diskuteras först studiens resultat och därefter studiens metod.

### 6.1 Resultatdiskussion

I badrum med golvvärme är det lämpligt att använda keramiska plattor som ytmaterial på golvet. Effektbehovet för ett badrum beror av ett badrums ytskikt på golv och väggar. Med keramiska plattor blir effektbehovet mindre i jämförelse med plastmattor. Ett badrum med golvvärmesystem och keramiska plattor som ytskikt kan värmeeffekten från golvvärmesystemet maximeras, se tabell 3. Samtidigt kan effektbehovet för uppvärmning sänkas. Detta gäller främst i de fall då golvvärmen är vattenburen och den primära uppvärmningskällan i badrummet. För ett badrum med elburen golvvärme som inte är det primära värmesystemet kan det vara till fördel att använda plastmattor som ytmaterial, ur ett komfortperspektiv. Dessutom är det inte säkert att effektbehovet för uppvärmning minskar på grund av att golvvärmen inte används som primärt värmesystem och därmed kan inte temperaturen i badrummet sänkas. Ett badrums energianvändning kan reduceras med hjälp av ett byte från ett radiatorsystem till ett golvvärmesystem, förutsatt att systemen är vattenburna. Om golvvärmesystemet är elburet kan byggnadens energianvändning öka på grund av kostsam drift av systemet om systemet badrummets primära värmesystem. Detta gäller förutsatt att det elburna systemet tar el från elnätet. Det finns däremot alternativa lösningar i form av till exempel solceller.

Vid ett byte från vattenburet radiatorsystem till vattenburet golvvärmesystem i ett badrum kan det tillkomma risker för fuktskador. De båda systemen medför risk för läckage från vattenledningsrör och risk för fuktinträngning vid håltagningar i tätskikten. Med ett golvvärmesystem kan avdunstning påskyndas av vatten på golvet. Radiatorn till radiatorsystem sitter ofta lätt åtkomligt och därför är läckage ofta lätt att upptäcka. Om radiatorsystemet byts mot ett golvvärmesystem försvåras upptäckandet av läckage och även andra arbeten. Ur ett fuktperspektiv kan det även i vissa fall vara skadligt för byggnaden att lägga in golvvärme. Några risker kvarstår vid ett byte och vissa riskfaktorer tillkommer vid ett byte från vattenburet radiatorsystem till golvvärmsystem.

Devaux och Mehdi Farid (2017) menar att phase change materials (PCM) är en lösning för att både spara energi och upprätthålla god komfort i byggnader. Energi lagras i materialet på ett effektivt sätt, liksom värmeenergilagring i tunga material. Därför är PCM lämpligast att använda i byggnader med lätta konstruktioner. Tunga konstruktioner med PCM resulterar inte i samma effektivitet. När PCM ändrar stadie absorberar och utstrålar materialet värme under en nästintill konstant temperatur. PCM med högre smältpunkt används i golv med golvvärme och PCM med lägre smältpunkt används i väggar och tak. Devaux och Mehdi Farid (2017) bevisar att det är möjligt att spara över 40 % i kostnader och över 30 % i energianvändning i deras fall med hjälp av golvvärme och PCM i golv, väggar och tak. Användning av PCM i badrum med golvvärme kan vara ett alternativ i de fall då byggnaden är av en lätt

konstruktion. Detta kan vara ett effektivt sätt att minimera energianvändningen i badrum samtidigt som kostnaderna för värmning minskar.

Vid ett byte från ett radiatorsystem till ett golvvärmesystem förbättras komforten förutsatt att golvvärmen blir korrekt inställd. Komforten kan bli bättre i ett badrum eftersom temperaturen nära golvet stiger. Människans fötter är känsliga för temperatur och om de kyls ner upplevs det som kallare än vad det faktiskt är. Komforten är också beroende av den termiska komforten. När dessa beräknas är en av de viktigare parametrarna medelstrålningstemperaturen. Denna påverkas av temperaturer på olika ytor i rummet och vilket avstånd och vinkel de har till mätpunkten. Med ett radiatorsystem kommer medelstrålningstemperaturen påverkas mer beroende på vart beräkningspunkten placeras. Om beräkningspunkten placeras antingen långt från radiatoren eller inte vinkelrätt mot radiatoren kommer medelstrålningstemperaturen bli mindre. Detta tillsammans med att lufttemperaturen förblir den samma kommer komforten sjunka. Med ett golvvärmesystem kommer detta mer sällan förekomma då värmesystemet täcker hela golvet. Det är endast om beräkningspunkten placeras i hörnen av badrummet som medelstrålningstemperaturen kommer att sjunka, vilket medför en sämre komfort. I arbetet av Khorasanizadeh et al. (2004). studerades den termiska komforten mellan ett centraliserat värmesystem mot ett golvvärmesystem. Slutsatserna av arbetet beskriver tydligt hur ett golvvärmesystem leder till en bättre termiskkomfort.

Lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen är svåra att hålla konstanta under ett år på grund av stora temperaturskillnader mellan höst, vinter, vår och sommar. Specifikt under höst, vinter och vår varierar temperaturer och mängden sol. När temperaturer sjunker kommer transmissionsförlusterna att öka tillsammans med att tilluften blir kallare. Detta medför att temperaturen på värmesystemet måste höjas efter den utetemperaturer det är. Då golvvärmen är ett långsammare system kan det vara svårt att anpassa efter den termiska komforten. Solinstrålning har samma problematik då det tillkommer en stor mängd strålningsenergi in i rummet. Då måste värmesystemets temperatur sänkas för att upprätthålla den termiska komforten. Detta är dock problematiskt för både ett golvvärmesystem och ett radiatorsystem då det kan variera mycket mellan olika dagar.

För ett golvvärmesystem är det mest fördelaktiga ytmaterialet PVC-mattor ur komfortaspekt. Detta eftersom PVC har en isolerande förmåga vilket medför att mindre värme tränger igenom materialet. Med det kommer mindre av kroppsvärmen försvinna ner i golvet. Klinker släpper igenom mer värme vilket betyder att värmesystemet kommer vara mer effektivt och mindre värme kommer behövas för att värma upp golvet. Under sommaren är dock värmesystemet avstängt och detta medför att klinkern kan upplevas kall. PVC blir därför bättre under sommaren då den inte släpper igenom lika mycket värme. Under uppvärmningsperioden kommer PVC också att fungera. Det krävs dock mer energi för att tränga genom ytmaterialet.

Komfortvärme är en bra lösning om isolering inte är tillräcklig eller att det inte finns möjlighet att installera vattendrivna golvvärme. Komfortaspekten kommer att kunna upprätthållas med tekniken. Dock bli det mer komplicerat att upprätthålla den termiska komforten då det krävs att användaren ställer in två system. Bortsett från detta har



komfortvärme endast samma problematik med lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen.

Hasan, Kurnitski och Jokiranta (2008) framför i sin artikel *A combined low temperature water heating system consisting of radiators and floor heating* att energibehovet för badrum är viktigt på grund av att det består mellan 33 och 43 procent av den totala energin. I detta fall utgör badrummens area 16 procent av bostädernas totala area. Författarna menar att energianvändningen i badrummen är stor till följd av att det ska hållas 27°C på golvet. Om det krävs att golvet i badrum ska vara varmt blir åtgången värmeenergi högre (Hasan et. al, 2008). För att minimera åtgången värmeenergi i badrum kan golvvärmesystem vara ett mer lämpligt alternativ än radiatorsystem för att golvvärmesystem kan sänka energibehovet och bistå med god komfort.

Vid ett byte från radiator till golvvärme kan energibehovet från byggnaden minskas. Ett minskat energibehov för en byggnad ger mindre negativ påverkan på miljön. Det innebär att sektorn bostäder och service kan reducera sin påverkan på miljön. Detta bidrar till de mål och visioner för byggnaders energianvändning som Boverket (2015) och Larsson (2016) beskriver. Däremot öppnas en diskussion kring hur vida renoveringsarbetet påverkar miljön. Installation av golvvärme kräver omfattande arbete, särskilt om systemet är vattenburet. Miljön kan påverkas negativt genom en sådan renovering på grund av framställning av produkter, transporter och avfall. Om en radiator ska bytas till en ny krävs det inte lika mycket arbete, vilket innebär färre transporter och mindre materialåtgång. Därmed blir det mindre miljöpåverkan.

I arbetet presenteras en jämförelse mellan golvvärmesystem och radiatorsystem i badrum i renoveringssyfte med inriktning på energi-, fukt- och komfortaspekt. Det finns andra påverkande aspekter som spelar in i hur vida det är intressant att genomföra ett byte av system. Kostnader är en aspekt som kan vara betydande för om ett byte är möjligt att genomföra. Ur energi-, fukt- och komfortaspekt kan det vara försvarbart att genomföra ett byte från radiatorsystem till golvvärmesystem. Ur en ekonomisk aspekt är golvvärme ett dyrt system att installera, speciellt i renoveringssyfte. Den ekonomiska aspekten kan därmed påverka ett beslut om att genomföra ett byte. Ett elburet golvvärmesystem är troligen inte lika dyrt att installera som vattenburengolvvärme vid en renovering. Det krävs inte att elburen golvvärme gjuts in i plattan eller bjälklaget. Kostnaderna vid ett byte påverkas även av vilket system som används.

Studiens resultat kan till viss del tillämpas på renoveringsobjekt utanför arbetets studieobjekt. Resultatet fungerar som beslutsunderlag vid tillfällen då en badrumsrenovering ska genomföras. Redogörelsen för de olika systemen påvisar skillnader beroende på vilket system som planeras att användas. De aktuella studieobjekten i arbetet är vanliga utföranden på badrum idag. Det finns såklart badrum som är helt annorlunda utformade, men arbetets resultat skulle kunna tillämpas generellt i badrumsrenoveringar. Resultatet från beräkningar om överdimensionerat effektbehov är troligen inte överförbart till andra studieobjekt, på grund av att resultatet endast gäller för fallstudiens specifika förutsättningar. De tekniker som presenteras ur energi-, fukt- och komfortaspekt gäller generellt för att de inte beror av ett speciellt studieobjekt. Generalisering av resultaten är möjligt till viss del för att

fuktproblematiken bara beror av värmesystemet och komforten i badrum beror inte av studieobjekten i arbetet. Resultatet från studien behandlar inte vissa aspekter, vilket medför brister i möjligheten att generalisera resultatet. Genom att studera arbetet ur en ekonomisk synvinkel skulle resultaten mer troligen vara överförbara till andra situationer. Resultaten i arbetet kan användas i praktisk tillämpning genom att en beslutsfattare tar del av arbetets resultat och grundar sitt beslut utifrån resultaten. Till exempel kan studiens resultat användas vid ett beslut om ett byte av radiatorer till golvvärme i badrum ska göras. Däremot saknas den ekonomiska aspekten, vilket kan orsaka problematik i hur vida det är lönsamt att genomföra en sådan åtgärd.

## 6.2 Metoddiskussion

I arbetet har metoden utformats för att försöka nyttja varje del ska stärka informationen används för att besvara frågeställningarna. Litteraturstudien är viktig för att presentera allmänna och specifika fakta om olika delar som är relevanta i arbetet. Detta för att skapa en bild för läsaren om de olika relevanta tekniker, beräkningar, teorier, med mera, som läsare behöver ha kunskap om för att kunna förstå resultatet. Intervjun bidrar med kunskap från verkligheten. Det är endast en intervju som utförts och det medför att svaren på intervjufrågorna inte kan ställas mot en annan respondents svar och jämföras. Fallstudien är viktig för att kunna presentera två badrum till beräkningarna. De två typerna med olika utförande är relevanta att presentera då skillnader i effektbehov och energibehov kan redovisas. Dock kan den teoretiska versionen bli fel presenterad och skillnader förbises då det kan påverka värden på ett oväntat sätt. Kalkyleringen krävs för att kunna besvara delar av frågeställningarna.

Det olika styrkorna och svagheter av metoderna varierar. Litteraturstudien är bra då den presenterar intressant fakta om frågeställningarna från tidigare forskning, regler och lagar, branschstandarder, med mera. Det ger också ett enkelt tillvägagångsätt att presentera information för läsaren som de potentiellt inte har kunskap om. Dock finns det risker att den fakta som presenteras har missförstått och presenteras på ett felaktigt sätt. Det kan även uppstå problematik om informationen är äldre och nyare forskning som motvisar informationen presenterats. Det kan leda till att felaktig information nyttjas. Med det måste informationen som samlats granskas och dess trovärdighet ifrågasättas. Källor som kommer från internet ses till exempel som mindre trovärdiga då de inte alltid är vetenskapligt prövade eller granskade.

Intervjuer är en god metod för att samla information om personliga resonemang kring ämnet och erfarenheter. Det kan bidra med information som inte presenterats i litteraturen. Intervjuer är tidskrävande vilket leder till att urvalet blir mer limiterat på grund av tidsbrist, samt att hitta villiga kan vara problematiskt.

I fallstudie presenteras rådata som inte manipulerats eller hanterats sen tidigare. Detta medför data som är trovärdig och som är entydig. Fallstudien gör det också möjligt att

generalisera arbetet då tillvägagångssättet kan nyttjas för andra objekt samt presentera vilka faktorer som är påverkande.

Kalkyler presenterar entydiga och tydliga resultat. Detta gör att de är pålitliga. Dock är beräkningarna estimeringar och presenterar därför inte hela sanningen, men de kan nyttjas som riktvärden.

Två metoder som kunde ha nyttjats i arbetet är enkät och experiment. Enkäter skulle kunnat lyft arbetet med personliga åsikter och information som inte kunnat samlats på annat sätt. Med ett experiment hade beräkningarna kunnat bli mer noggranna och djupgående inom energi- och effektbehov. Tester på komforten hade kunnat utföras för att undersöka vad de bästa materialen och temperaturerna för komforten ska vara. Tester för fukt hade också kunnat utföras. Dock skulle experimentet varit svårt att utforma då det är svårt att styra alla påverkande parametrar.

Enligt Henning (2018) och Energimyndigheten (2016) är det möjligt att studera energieffektiva lösningar för uppvärmning av bostäder. Genom att Henning förespråkar minskad energianvändning till följd av energieffektiva lösningar tillsammans med att Energimyndigheten menar att uppvärmning av bostäder är dominerande för energianvändningen. Referensen Larsson (2016) används genom hela arbetet. Framst har masteruppsatsens resultat om energianvändning använts till att styrka det faktum att golvvärmesystem sänker energibehovet för en byggnad. Referensen har bidragit med forskning som har använts till en ny vinkling av golvvärme i bostäder. Den nya vinkeln är att undersöka ett byte av värmesystem vid renovering av bostäders badrum ur energi-, fukt- och komfortaspekt.

## 7 SLUTSATSER

Syftet med arbetet har varit att redogöra för ett byte från ett radiatorsystem till ett golvvärmesystem i ett badrum. Huvudfokus för arbetet har varit att utforska energi-, fukt- och komfortaspekter med inriktning på värmesystem. I arbetet studerades två objekt med två olika typutförningar. Beräkningar baserade på de olika objekternas utförningar utfördes utifrån energi, effekt och komfort. Fuktaspekten redovisas genom att klargöra vilken problematik som medföljer värmesystemen.

- För att undvika fuktskador och utslitna material bör en badrumsrenovering omfatta byte av allt tät- och ytskikt samt inredning, installationer, brunnar och rör. Särskilda anpassningar till gällande standarder bör tillämpas för att minska behovet av framtida renoveringar.
- De tekniker som kan nyttjas vid en renovering av badrum är vattenburet och elburet radiatorsystem och golvvärmesystem, tilläggsisolering, keramiska plattor med tätskikt, polyvinylklorid och komfortvärme.
- Vid ett byte från ett vattenburet radiatorsystem till elburet golvvärmesystem, som tar el från elnätet, som primärt värmesystem kan en ökning av energianvändningen till uppvärmning av badrummen ske. Det kan vara bättre att installera elburen golvvärme i syfte att komplettera ett vattenburet radiatorsystem.
- Vid ett byte från ett vattenburet radiatorsystem till ett vattenburet golvvärmesystem minskar badrummens energibehov för uppvärmning.
- En kombination av ett golvvärmesystem och keramiska plattor leder till ett lägre energibehov för badrummen.
- Fuktproblem kan i vissa specifika fall uppstå vid ett byte från radiatorsystem till golvvärmesystem. Bytet kan medföra snabbare vattenavdunstning på golvet.
- Komforten behöver inte förändras med ett byte av värmesystem. Det är däremot enklare att skapa en god termisk komfort med ett golvvärmesystem.
- Komfortvärme är en teknik som förbättrar komforten utan att det primära värmesystemet behöver bytas eller anpassas.
- Effektbehovet blir lägre med klinker i jämförelse med PVC och vid användning av båda materialen kan värmesystemen dimensioneras och anpassas efter behovet.

## 8 FÖRSLAG TILL FORTSATT ARBETE

I denna studie har ett byte av värmesystem i ett badrum i ett renovering syfte studerats. I arbetet beaktas inte driftkostnader, inköpspriser eller utförande. En framtida studie som undersöker dessa tre aspekter skulle vara av stort värde då det skulle bidra till ett bättre underlag vid projektering av renovering av bostäder. En studie på om det är möjligt att ha ett elburet golvvärmesystem som drivs av energi från solceller i bostäder och hur effektivt ett sådant system är.

## REFERENSER

- Aspelin, J. (2017). *Våtzoner*. (Branschregler, AB Svensk Våtrumskontroll). Nerladdad 2019-04-12, från <https://www.gvk.se/branschregler/vatzoner/>
- Antonsson, U. & Jansson, A. (2015). (SP Sveriges Tekniska Forskningsinstitut). *Utmaningar och möjligheter vid renovering av våtrum*. (SP Rapport, 2015:54). Nerladdad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:962920/FULLTEXT01.pdf>
- Axelsson, A. & Andréén, L. (2000). *Värmeboken: 20 °C till lägsta kostnad*. Stockholm: Wahlström & Widstrand. ISBN: 91-46-17693-4.
- Baek, S. Park, J. C. (2017) Proposal of a PCM Underfloor Heating System Using a Web Construction Method. *International Journal of Polymer Science*, volym 2693526, start 1-10. doi: 10.1155/2017/2693526
- BFS 2015:3. *Boverkets byggregler: Föreskrifter och allmänna råd, BBR*. Karlskrona: Boverket.
- Björklund, J. & Ohlsson, P. (2012). *Värme och kyla. 1*. Första upplagan. Stockholm: Liber AB. ISBN: 978-91-47-08532-3
- Boverket (2014-05-20). *Under miljonprogrammet byggdes en miljon bostäder*. Nerladdad 2019-04-09, från <https://www.boverket.se/sv/samhallsplanering/stadsutveckling/miljonprogrammet/>
- Boverket. (2015). *Byggnaders klimatpåverkan utifrån ett livscykelperspektiv*. (Rapport, 2015:35). Boverket: Boverket internt. Nerladdad från <https://www.boverket.se/globalassets/publikationer/dokument/2015/byggnaders-klimatpaverkan-utifran-ett-livscykelperspektiv.pdf>
- Byggkeramikrådet. (2008). *Byggkeramikhandboken kap 4*. (PDF). Stockholm. ISBN-91-972895-3-1.
- Byggkeramikrådet. (2011). *Byggkeramikhandboken kap 7*. (PDF). Stockholm. ISBN-91-972895-3-1.
- Byggkeramikrådet. (2012). *Byggkeramikhandboken kap 6*. (PDF). Stockholm. ISBN-91-972895-3-1.
- Byggkeramikrådet. (2014). *Byggkeramikrådets branschregler för våtrum*. (BBV14:1, tredje upplagan). Stockholm: Arkitektkopia. ISBN 91-972895-4-X.
- Devaux, P. Mehdi Farid, M. (2017). Benefits of PCM underfloor heating with PCM wallboards for space heating in winter. *Applied Energy*, 191, 593-602. doi:[10.1016/j.apenergy.2017.01.060](https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.01.060)
- Energimyndigheten. (2016-11-17). *Bostäder och lokaler*. Nerladdad 2019-04-02, från <http://www.energimyndigheten.se/statistik/bostader-och-lokaler/?currentTab=0#mainheading>

- Energimyndigheten. (2010). *Värme i villan*. (ET2010:43). Stockholm: CM Gruppen.
- Epecon AB. (2018-12). *Epecolonna: Sektionsradiator*. (PDF). Nerladdad 2019-04-01, från <https://epecon.se/wp-content/uploads/2015/06/Projhandbok-Epecolonna-2018-12.pdf>
- Epecon AB. (2019-03). *PRE Radiatorer*. (PDF). Nerladdad 2019-04-01, från <https://epecon.se/wp-content/uploads/2015/06/PRE-Standard-projhandbok-2019-03.pdf>
- Epecon AB. (u.d.a). *Integra40*. Nerladdad 2019-04-10, från <https://epecon.se/produkt/integra40/>
- Epecon AB. (u.d.b). *Epecolonna*. Nerladdad 2019-04-10, från <https://epecon.se/produkt/epecolonna/>
- Follin, T. Kling, R & Örnhall, H. (1994). *Våtrumshandboken*. Stockholm: Svenskt Tryck AB. ISBN: 91-7332-695-X
- Golvbranschen. (2003). *Trägolp på golvvärme: Basinformation, Branschriktlinjer, Nomenklatur*. Första upplagan. Stockholm: Golvbranschen, GBR Service.
- Hakim, A. (2010). *Energieffektivisering av ett flerbostadshus från miljonprogrammet*. (Magisteruppsats, Mälardalens Högskola). Nerladdad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:374853/FULLTEXT01.pdf>
- Hasan, S. (2010). *Energieffektivisering i befintliga byggnader: Möjligheter för Mimer att skapa lågenergihus vid ombyggnation*. (Magisteruppsats, Mälardalens Högskola). Västerås: Mälardalens högskola. Nerladdad från: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:346038/FULLTEXT01.pdf>
- Hasan, H. Kurnitski, J. Jokiranta, K. (2008). A combined low temperature water heating system consisting of radiators and floor heating. *Energy and Buildings*, 41, 470-479. doi: [10.1016/j.enbuild.2008.11.016](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2008.11.016)
- Helsing, E. (2016). *Lagar och regler vid renovering – En översikt* (2016:2). Nerladdad från [http://www.renoveringscentrum.lth.se/fileadmin/renoveringscentrum/SIREn/Publikationer/2016\\_2\\_Lagar\\_och\\_regler\\_vid\\_renovering.pdf](http://www.renoveringscentrum.lth.se/fileadmin/renoveringscentrum/SIREn/Publikationer/2016_2_Lagar_och_regler_vid_renovering.pdf)
- Henning, D. (2018-09-03). *Energieffektivisering i bostäder och lokaler*. Nerladdad 2019-04-02, från <https://www.naturvardsverket.se/Miljoarbete-i-samhallet/Miljoarbete-i-Sverige/Uppdelat-efter-omrade/Energi/Energieffektivisering/Bostader-och-lokaler/>
- M. Jangsten, J. Kensby, J.-O. Dalenbäck, A. Trüschel, Survey Of Radiator Temperatures In Buildings Supplied By District Heating, *Energy* (2017), doi: [10.1016/j.energy.2017.07.017](https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.07.017)
- Jansson, R. & Wranå, S. (2015). *Framtagning av oljefylld elradiator: En studie om optimering av värmeavgivning och värmespridning*. (Examensarbete 22,5 HP, Linnéuniversitetet). Växjö. Nerladdad från: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:820179/FULLTEXT01.pdf>

Kenechi Elinwa, U. Atakara, C. Oyeleke Ojelabi, I. Ayopo Abiodun, A. (2018). Preventing Dampness Related Health Risks at the Design Stage of Buildings in Mediterranean Climates: A Cyprus Case Study. *Buildings* 2018, 8, 66. doi: 10.3390/buildings8050066

Khorasanizadeh, H., Sheikhzadeh, G. A., Azemati, A. A. & Shirkavaand Hadavand, B. (2004). Numerical study of air flow and heat transfer in a two-dimensional enclosure with floor heating. *Energy and Buildings*, volym 78, 98-104. doi:10.1016/j.enbuild.2014.04.007

Larsson, J. (2016). *Underfloor heating: A solution or a problem?*. (EEBD-15/10). (Masteruppsats, Lund universitet). Nerladdad från <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/8595621>

Malmström, T. (2004). *Installationsteknik: Introduktion, samordning med byggnaden, värme, ventilation*. Stockholm: KTH byggvetenskap.

Mimer. (2019). *Om Mimer*. Nerladdad 2019-05-03, från <https://www.mimer.nu/om-mimer/>

Myhren, J. & Holmberg, S. (2007). Flow patterns and thermal comfort in a room with panel, floor and wall heating. *Energy and Buildings* 40, 524-536. doi:10.1016/j.enbuild.2007.04.011

Nevander, L. E. & Elmarsson, B. (2009). *Fukthandboken*. Tredje utgåvan. Mölnlycke: Elanders Sverige AB. ISBN: 978-91-7333-156-2

Nevander, L. E. & Elmarsson, B. (2009). *Fukthandboken*. s 279, figur 51.7. Tredje utgåvan. Mölnlycke: Elanders Sverige AB. ISBN: 978-91-7333-156-2

Nilsson, H. Gävles Högskola. (2005-09-15). *PMVcalc v2 English*. (Excel). Nerladdad 2019-05-08, från [https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwibuMrg\\_4viAhVb6qYKHcFCAhwQFjAAegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fwww.healthyheating.com%2FCIPH-Moncton%2FCIPH-Moncton-2011%2Findustry%2520software%2FPMVcalc\\_v2\\_English.xls&usg=AOvVawoHkcSqsjkb9HEALdloN2n](https://www.google.se/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=2ahUKEwibuMrg_4viAhVb6qYKHcFCAhwQFjAAegQIARAC&url=http%3A%2F%2Fwww.healthyheating.com%2FCIPH-Moncton%2FCIPH-Moncton-2011%2Findustry%2520software%2FPMVcalc_v2_English.xls&usg=AOvVawoHkcSqsjkb9HEALdloN2n)

Swedish Standards Institute. (2006). *Ergonomi för den termiska miljön – Analytisk bestämning och bedömning av termisk komfort med hjälp av indexen PMV och PPD samt Kriterier för lokal termisk komfort* (SS-EN ISO 7730:2006). Stockholm: SIS.

Tanik, A. & Schedin, R. (2017). *Underfloor heating or radiators*. (BP 2017:06). (Examensarbete, Kungliga Tekniska Högskolan). Nerladdad från <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1147653/FULLTEXT01.pdf>

Tommerup, H. Rose, J. Svendsen, S. (2006). Energy-efficient houses built according to the energy performance requirements introduced in Denmark in 2006. *Energy and Buildings*, Volym 39, 1123-1130. doi: 10.1016/j.enbuild.2006.12.011

Underfloorheating. (u.d.). *What types of flooring can I have with underfloor heating*. Nerladdad 2019-04-08 från <https://www.underfloorheating1.co.uk/blog/article/what-types-of-flooring-can-i-have-with-underfloor-heating>



Warfvinge, C & Dahlblom, M. (2010). *Projektering av VVS-installationer*. Lund: Studentlitteratur. ISBN: 9789144055619.

Warmup. (2017-05-22). *What is the best flooring for underfloor heating?*. Nerladdad 2019-04-08 från <https://www.warmup.co.uk/blog/what-is-the-best-flooring-for-underfloor-heating>

Åberg, S. (u.d.) *Avdunstning och temperatur*. Nerladdad 2019-04-04 från <http://chem-www4.ad.umu.se:8081/Skolkemi/Experiment/experiment.jsp?id=123>

## **BILAGA 1: INTERVJUFRÅGESTÄLLNINGAR**

Vad jobbar ni med och vilka erfarenheter har ni?

Skulle vi kunna få ett exempel på ett badrum?

Vad är ert tillvägagångsätt vid renovering av badrum?

Vad har ni för krav på tätskikt i badrum?

Hur arbetar ni för att minimera risken för fuktskador?

Vilka värmesystem använder ni i er bostäder, specifikt i deras badrum?

Vad ser ni för fördelar med era värmesystem som ni använder idag?

Vad ser ni för nackdelar med era värmesystem som ni använder idag?

Vilka för- och nackdelar ser ni med golvvärme?

Finns det intresse för er att utveckla ert tillvägagångsätt som ni har idag för renovering av badrum?

## BILAGA 2: EFFEKTBEHOV BADRUM 1 TYP 1, TILLÄGGSISOLERING

Totala värmekapaciteten:

$$\begin{aligned}\Sigma C &= \frac{2,35 * 2,4 * 0,0118 * 2600 * 1000}{2} + \frac{2,35 * 2,4 * 0,022 * 700 * 1000}{2} \\ &+ \frac{2,35 * 2,4 * 0,0118 * 2600 * 1000}{2} + \frac{2,35 * 2,4 * 0,022 * 670 * 1000}{2} \\ &+ \frac{2,35 * 2,4 * (0,1 - 0,022 - 0,0118) * 2300 * 1000}{2} \\ &+ \frac{2,35 * 2,4 * 0,020 * 700 * 1000}{2} + \frac{2,35 * 2,4 * 0,050 * 30 * 1000}{2} * 3 \\ &= 744 \text{ kJ/K}\end{aligned}$$

Transmissionsförluster:

$$P_{transm.} = 0,19 * 2,35 * 2,4 + 0,09 * 2,35 * 2,4 + 0,13 * 2,35 * 2,4 = 2,3 \text{ W/K}$$

Ventilationsförlusten:

$$\dot{M}_u = \frac{16 * 2,4 * 2,35 * 2,4 * 1,2}{3600} = 0,0722 \text{ l/s m}^2$$

Tidskonstanten:

$$\tau_b = \frac{744}{2,3 + 0,0722 * 1} = 312 \text{ h}$$

Total specifik effektförlust:

$$Q_t = 2,3 \text{ W}$$

$$Q_v = 1,2 * 1000 * 0,016 = 19,2 \text{ W}$$

$$Q_{ov} = 1,2 * 1000 * 0,00752 = 9,0 \text{ W}$$

$$Q_{tot} = 2,8 + 19,2 * (1 - 0) + 9,0 = 30,5 \text{ W}$$

Effektbehov:

$$P_w = 30,5 * (25 - (-14,5)) = 1205 \text{ W}$$

### BILAGA 3: EFFEKTBEHOV BADRUM 2 TYP 1

Totala värmekapaciteten:

$$\begin{aligned} \Sigma C = & \frac{1,2 * 2,4 * 0,0118 * 2600 * 1000}{2} + \frac{1,2 * 2,4 * 0,022 * 700 * 1000}{2} \\ & + \frac{1,2 * 2,4 * 0,0118 * 2600 * 1000}{2} + \frac{1,2 * 2,4 * 0,022 * 670 * 1000}{2} \\ & + \frac{1,2 * 2,4 * (0,1 - 0,022 - 0,0118) * 2300 * 1000}{2} \\ & + \frac{1,2 * 2,4 * 0,020 * 700 * 1000}{2} = 373 \text{ kJ/K} \end{aligned}$$

Transmissionsförluster:

$$P_{transm.} = 0,25 * 1,2 * 2,4 + 0,10 * 1,2 * 2,4 + 0,15 * 1,2 * 2,4 = 1,4 \text{ W/K}$$

Ventilationsförlusten:

$$\dot{M}_u = \frac{15 * 2,4 * 1,2 * 2,4 * 1,2}{3600} = 0,0346 \text{ l/s m}^2$$

Tidskonstanten:

$$\tau_b = \frac{373}{1,4 + 0,0346 * 1} = 253 \text{ h}$$

Total specifik effektförlust:

$$Q_t = 1,4 \text{ W}$$

$$Q_v = 1,2 * 1000 * 0,015 = 18 \text{ W}$$

$$Q_{ov} = 1,2 * 1000 * 0,00384 = 4,6 \text{ W}$$

$$Q_{tot} = 1,4 + 18 * (1 - 0) + 4,6 = 24,1 \text{ W}$$

Effektbehov:

$$P_w = 24,1 * (25 - (-14,8)) = 959 \text{ W}$$

## BILAGA 4: EFFEKTBEHOV BADRUM 2 TYP 1, TILLÄGGSISOLERING

Totala värmekapaciteten:

$$\begin{aligned}\Sigma C = & \frac{1,2 * 2,4 * 0,0118 * 2600 * 1000}{2} + \frac{1,2 * 2,4 * 0,022 * 700 * 1000}{2} \\ & + \frac{1,2 * 2,4 * 0,0118 * 2600 * 1000}{2} + \frac{1,2 * 2,4 * 0,022 * 670 * 1000}{2} \\ & + \frac{1,2 * 2,4 * (0,1 - 0,022 - 0,0118) * 2300 * 1000}{2} \\ & + \frac{1,2 * 2,4 * 0,020 * 700 * 1000}{2} + \frac{1,2 * 2,4 * 0,050 * 30 * 1000}{2} * 3 = 380 \text{ kJ/K}\end{aligned}$$

Transmissionsförluster:

$$P_{transm.} = 0,19 * 1,2 * 2,4 + 0,09 * 1,2 * 2,4 + 0,13 * 1,2 * 2,4 = 1,2 \text{ W/K}$$

Ventilationsförlusten:

$$\dot{M}_u = \frac{15 * 2,4 * 1,2 * 2,4 * 1,2}{3600} = 0,0346 \text{ l/s m}^2$$

Tidskonstanten:

$$\tau_b = \frac{380}{1,2 + 0,0346 * 1} = 312 \text{ h}$$

Total specifik effektförlust:

$$Q_t = 1,2 \text{ W}$$

$$Q_v = 1,2 * 1000 * 0,015 = 18 \text{ W}$$

$$Q_{ov} = 1,2 * 1000 * 0,00384 = 4,6 \text{ W}$$

$$Q_{tot} = 1,2 + 18 * (1 - 0) + 4,6 = 23,8 \text{ W}$$

Effektbehov:

$$P_w = 23,8 * (25 - (-14,5)) = 940 \text{ W}$$

## BILAGA 5: EFFEKTBEHOV BADRUM 1 TYP 2

Totala värmekapaciteten:

$$\begin{aligned}\Sigma C &= \frac{2,35 * 2,4 * 0,0124 * 1350 * 1150}{2} + \frac{2,35 * 2,4 * 0,022 * 700 * 1000}{2} \\ &+ \frac{2,35 * 2,4 * 0,0124 * 1350 * 1150}{2} + \frac{2,35 * 2,4 * 0,022 * 670 * 1000}{2} \\ &+ \frac{2,35 * 2,4 * (0,1 - 0,022 - 0,0118) * 2300 * 1000}{2} \\ &+ \frac{2,35 * 2,4 * 0,020 * 700 * 1000}{2} = 663 \text{ kJ/K}\end{aligned}$$

Transmissionsförluster:

$$P_{transm.} = 0,25 * 2,35 * 2,4 + 0,10 * 2,35 * 2,4 + 0,15 * 2,35 * 2,4 = 2,8 \text{ W/K}$$

Ventilationsförlusten:

$$\dot{M}_u = \frac{16 * 2,4 * 2,35 * 2,4 * 1,2}{3600} = 0,0722 \text{ l/s m}^2$$

Tidskonstanten:

$$\tau_b = \frac{663}{2,8 + 0,0722 * 1} = 229 \text{ h}$$

Total specifik effektförlust:

$$Q_t = 2,8 \text{ W}$$

$$Q_v = 1,2 * 1000 * 0,016 = 19,2 \text{ W}$$

$$Q_{ov} = 1,2 * 1000 * 0,00752 = 9,0 \text{ W}$$

$$Q_{tot} = 2,8 + 19,2 * (1 - 0) + 9,0 = 31,0 \text{ W}$$

Effektbehov:

$$P_w = 31 * (25 - (-15,0)) = 1240 \text{ W}$$

## BILAGA 6: EFFEKTBEHOV BADRUM 1 TYP 2, TILLÄGGSISOLERING

Totala värmekapaciteten:

$$\begin{aligned}\Sigma C &= \frac{2,35 * 2,4 * 0,0124 * 1350 * 1150}{2} + \frac{2,35 * 2,4 * 0,022 * 700 * 1000}{2} \\ &+ \frac{2,35 * 2,4 * 0,0124 * 1350 * 1150}{2} + \frac{2,35 * 2,4 * 0,022 * 670 * 1000}{2} \\ &+ \frac{2,35 * 2,4 * (0,1 - 0,022 - 0,0118) * 2300 * 1000}{2} \\ &+ \frac{2,35 * 2,4 * 0,020 * 700 * 1000}{2} + \frac{2,35 * 2,4 * 0,050 * 30 * 1000}{2} * 3 \\ &= 675 \text{ kJ/K}\end{aligned}$$

Transmissionsförluster:

$$P_{transm.} = 0,19 * 2,35 * 2,4 + 0,09 * 2,35 * 2,4 + 0,13 * 2,35 * 2,4 = 2,3 \text{ W/K}$$

Ventilationsförlusten:

$$\dot{M}_u = \frac{16 * 2,4 * 2,35 * 2,4 * 1,2}{3600} = 0,0722 \text{ l/s m}^2$$

Tidskonstanten:

$$\tau_b = \frac{675}{2,3 + 0,0722 * 1} = 283 \text{ h}$$

Total specifik effektförlust:

$$Q_t = 2,3 \text{ W}$$

$$Q_v = 1,2 * 1000 * 0,016 = 19,2 \text{ W}$$

$$Q_{ov} = 1,2 * 1000 * 0,00752 = 9,0 \text{ W}$$

$$Q_{tot} = 2,8 + 19,2 * (1 - 0) + 9,0 = 30,5 \text{ W}$$

Effektbehov:

$$P_w = 30,5 * (25 - (-14,6)) = 1228 \text{ W}$$

## BILAGA 7: EFFEKTBEHOV BADRUM 2 TYP 2

Totala värmekapaciteten:

$$\begin{aligned}\Sigma C &= \frac{1,2 * 2,4 * 0,0124 * 1350 * 1150}{2} + \frac{1,2 * 2,4 * 0,022 * 700 * 1000}{2} \\ &+ \frac{1,2 * 2,4 * 0,0124 * 1350 * 1150}{2} + \frac{1,2 * 2,4 * 0,022 * 670 * 1000}{2} \\ &+ \frac{1,2 * 2,4 * (0,1 - 0,022 - 0,0118) * 2300 * 1000}{2} \\ &+ \frac{1,2 * 2,4 * 0,020 * 700 * 1000}{2} = 338 \text{ kJ/K}\end{aligned}$$

Transmissionsförluster:

$$P_{transm.} = 0,25 * 1,2 * 2,4 + 0,10 * 1,2 * 2,4 + 0,15 * 1,2 * 2,4 = 1,4 \text{ W/K}$$

Ventilationsförlusten:

$$\dot{M}_u = \frac{15 * 2,4 * 1,2 * 2,4 * 1,2}{3600} = 0,0346 \text{ l/s m}^2$$

Tidskonstanten:

$$\tau_b = \frac{338}{1,4 + 0,0346 * 1} = 229 \text{ h}$$

Total specifik effektförlust:

$$Q_t = 1,4 \text{ W}$$

$$Q_v = 1,2 * 1000 * 0,015 = 18 \text{ W}$$

$$Q_{ov} = 1,2 * 1000 * 0,00384 = 4,6 \text{ W}$$

$$Q_{tot} = 1,4 + 18 * (1 - 0) + 4,6 = 24,1 \text{ W}$$

Effektbehov:

$$P_w = 24,1 * (25 - (-15,0)) = 964 \text{ W}$$



## BILAGA 8: EFFEKTBEHOV BADRUM 2 TYP 2, TILLÄGGSISOLERING

Totala värmekapaciteten:

$$\begin{aligned} \Sigma C = & \frac{1,2 * 2,4 * 0,0124 * 1350 * 1150}{2} + \frac{1,2 * 2,4 * 0,022 * 700 * 1000}{2} \\ & + \frac{1,2 * 2,4 * 0,0124 * 1350 * 1150}{2} + \frac{1,2 * 2,4 * 0,022 * 670 * 1000}{2} \\ & + \frac{1,2 * 2,4 * (0,1 - 0,022 - 0,0118) * 2300 * 1000}{2} \\ & + \frac{1,2 * 2,4 * 0,020 * 700 * 1000}{2} + \frac{1,2 * 2,4 * 0,050 * 30 * 1000}{2} * 3 = 345 \text{ kJ/K} \end{aligned}$$

Transmissionsförluster:

$$P_{transm.} = 0,19 * 1,2 * 2,4 + 0,09 * 1,2 * 2,4 + 0,13 * 1,2 * 2,4 = 1,2 \text{ W/K}$$

Ventilationsförlusten:

$$\dot{M}_u = \frac{15 * 2,4 * 1,2 * 2,4 * 1,2}{3600} = 0,0346 \text{ l/s m}^2$$

Tidskonstanten:

$$\tau_b = \frac{345}{1,2 + 0,0346 * 1} = 284 \text{ h}$$

Total specifik effektförlust:

$$Q_t = 1,2 \text{ W}$$

$$Q_v = 1,2 * 1000 * 0,015 = 18 \text{ W}$$

$$Q_{ov} = 1,2 * 1000 * 0,00384 = 4,6 \text{ W}$$

$$Q_{tot} = 1,2 + 18 * (1 - 0) + 4,6 = 23,8 \text{ W}$$

Effektbehov:

$$P_w = 23,8 * (25 - (-14,6)) = 943 \text{ W}$$

## BILAGA 9: PPD OCH PMV BERÄKNING MED LUFTTEMPERATUR 25 °C

Medelstrålningstemperaturen är mellan 20 och 29 °C.

Medelstrålningstemperatur (°C)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
PPD (%)	5,8	5,2	5,0	5,2	5,8	6,9	8,3	12,5	15,3	18,5
PMV	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,6	0,7	0,8
Operativtemperatur (°C)	23	23,4	23,8	24,2	24,6	25	25,4	25,8	26,2	26,6

## BILAGA 10: PPD OCH PMV BERÄKNING MED LUFTTEMPERATUR 21 °C

Medelstrålningstemperaturen är mellan 20 och 29 °C.

Medelstrålnings- temperatur (°C)	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29
PPD (%)	22,1	18,5	15,3	12,5	10,2	8,3	6,9	5,2	5,0	5,2
PMV	-0,9	-0,8	-0,7	-0,6	-0,5	-0,4	-0,3	-0,1	0,0	0,1
Operativtemperatur (°C)	20,6	21,0	21,4	21,8	22,2	22,6	23,0	23,4	23,8	24,2

## BILAGA 11: PPD OCH PMV INGEN KLÄDSEL

Förändring i både lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen utfördes för att pålysa PPD och PMV där klädsel = 0.

Lufttemperatur (°C)	28,5	29,0	29,5	30,0	30,5
Medelstrålningstemperatur (°C)	28,5	29,0	29,5	30,0	30,5
PPD (%)	10,2	5,8	5,2	10,2	18,5
PMV	-0,5	-0,2	0,1	0,5	0,8
Operativtemperatur (°C)	28,5	29,0	29,5	30,0	30,5

## BILAGA 12: PPD OCH PMV HÖGRE AKTIVITETSGRAD

Förändring i både lufttemperaturen och medelstrålningstemperaturen utfördes för att pålysa PPD och PMV där aktivitetsgraden = 1,6.

Lufttemperatur (°C)	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5
Medelstrålningstemperatur (°C)	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5
PPD (%)	5,8	5,2	5,0	5,2	5,8
PMV	-0,2	-0,1	0,0	0,1	0,2
Operativtemperatur (°C)	17,5	18,0	18,5	19,0	19,5





**MÄLARDALENS HÖGSKOLA**  
**ESKILSTUNA VÄSTERÅS**

Box 883, 721 23 Västerås **Tfn:** 021-10 13 00  
Box 325, 631 05 Eskilstuna **Tfn:** 016-15 36 00  
**E-post:** [info@mdh.se](mailto:info@mdh.se) **Webb:** [www.mdh.se](http://www.mdh.se)