



Erfarenheter av system för energiåtervinning från spillvatten

LÅGAN Rapport

Januari 2022

Christoffer Alm
Maria Haegermark

Förord

Rapporten har finansierats inom LÅGAN av Energimyndigheten och har genomförts av Christoffer Alm och Maria Haegermark på CIT Energy Management. Åsa Wahlström på CIT Energy Management har granskat. Vidare har Stefan Olsson (GodaHus) och Roland Jonsson (Roland Jonsson Utbildning och Innovation AB) bistått med sin expertiskunskap på området. Vi vill rikta ett varmt tack till alla aktörer som medverkat i intervjuer under arbetets gång!

Göteborg, januari 2022



LÅGAN (samverkan för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Sveriges Byggindustrier, Energimyndigheten, Boverket, Västra Götalandsregionen, Formas, byggentreprenörer, byggherrar och konsulter.

LÅGAN stöttar regionala nätverk inom byggande av lågenergibygnader och skapar gemensamma projekt och studier för att utveckla och driva byggande och renovering av lågenergibygnader framåt. LÅGAN ska bidra till att Sverige ska nå sina energimål genom att bostads- och lokalsektorn starkt effektiviserar sin energianvändning och ökar byggtakten av lågenergibygnader.

www.laganbygg.se

Sammanfattning

I takt med att fastigheter blir bättre isolerade och att värmeåtervinning från utgående luft förbättras så minskar de luftburna värmeförlusterna. Ofta glöms dock den värme som förloras via fastigheternas spillvatten, vilket blir en större och större andel av fastigheternas energianvändning. Detta projekt avser att öka och tillgängliggöra kunskaper om system för energiåtervinning från spillvatten, samt vilka hinder och möjligheter det finns för att fler ska installera detta.

Inom projektet utfördes först en litteraturstudie för att samla information om vilka olika tekniker för energiåtervinning från spillvatten som finns idag. Med detta som bakgrund utfördes därefter intervjuer med representanter för lokal- och flerbostadshusfastigheter som installerat energiåtervinning ur spillvatten. Uppföljning av återvunnen energi har eftersökts för att kunna uppskatta energiåtervinningspotential.

Generella slutsatser är att fastighetsägarna är nöjda med sina installationer och har en tillit till tekniken, även om lösningarna skiljer sig åt både med avseende på teknisk lösning och hur länge de varit i drift. Några värmeväxlare har satt igen enstaka gånger, men med bättre koll på spillvattnets innehåll och upparbetade reningsrutiner har man relativt fort löst problem av detta slag.

Lönsamheten för en installation av energiåtervinning från spillvatten beror på vilken volym spillvatten som finns tillgänglig. Vanligtvis finns det mest spillvatten i flerbostadshus, vårdlokaler, idrottsanläggningar, skolor samt hotell och restaurang, men det varierar givetvis från fall till fall. Utifrån genomsnittliga värden för tappvarmvattenförbrukning i dessa typer av byggnader har den nationella besparingspotentialen uppskattats. Besparingspotentialen redovisas för två fall: om samtliga installationer är passiva värmeväxlare eller om samtliga är värmeväxlare med ackumulering och värmepump. Den nationella energiåtervinningspotentialen för samtliga fastighetstyper som bedöms som lämpliga uppskattas till 1 600 GWh för det passiva alternativet och 5 800 GWh för alternativet med värmepump.

Utöver värmeåtervinningspotential så skiljer sig de två alternativen även åt då värmepumpsalternativet kräver tillförsel av el. Detta gör att val av lösning påverkar primärenergitalet (enligt BBR29) i olika grad, vilket har analyserats. Analysen visar att värmepumplösningens SCOP (genomsnittliga värmefaktorn under ett år) är avgörande för om det är fördelaktigt ur ett primärenergitalsperspektiv, både i jämförelse mot ingen spillvattenvärmeåtervinning alls eller i jämförelse med annan spillvattenvärmeåtervinning.

För fortsatt arbete finns det ett behov av mer mätning och verifiering av energiprestanda, främst under längre tidsperioder och för passiva värmeväxlare. Vidare förekommer det installationer som både har passiva värmeväxlare och värmepump, vilket med bakgrunden av den jämförelse som gjorts mellan dessa typer i denna förstudie skulle vara intressant att utvärdera närmare.

Innehållsförteckning

Förord	2
Sammanfattning	3
Ordlista	5
1 Inledning	6
1.1 Syfte	6
2 Genomförande	8
3 Litteraturstudie	9
3.1.1 Tekniker	9
3.1.2 Hinder	10
3.1.3 Möjligheter	11
3.1.4 Tidigare studier	11
4 Erfarenhetsåterföring	13
4.1 <i>Goda exempel flerbostadshus</i>	14
4.1.1 Brf Promenaden Falun	14
4.1.2 Brf Solterrassen Umeå	17
4.1.3 Kvarteret Alabastern Växjö	20
4.1.4 Fendergatan Stockholm	23
4.2 <i>Goda exempel Lokalfastigheter</i>	23
4.2.1 Vilhelmina Folkets Hus	23
4.2.2 Kronobergsbadet	23
4.2.3 Pennfåktaren 11, Vasagatan Stockholm	26
4.2.4 Gustavsviksbadet Örebro	28
4.2.5 Munktellbadet Eskilstuna	30
4.3 <i>Rekommendationer</i>	33
5 Analys av energiåtervinningspotential	34
5.1 <i>Nationell energiåtervinningspotential</i>	34
5.2 <i>Energiåtervinnings påverkan på primärenergitalet</i>	35
6 Diskussion och slutsatser	38
7 Rekommendation om framtida projekt	40
8 Referenser	41

Ordlista

COP - Coefficient of performance, även kallat verkningsgrad eller värmefaktor. Värdet är en jämförelse mellan hur mycket värmepumpen ger, mot den energi som värmepumpen förbrukar, vilket traditionellt sett är värmepumpens levererade värme dividerat med tillförd el till värmepumpen.

SCOP - Seasonal coefficient of performance är ett genomsnittsvärde för värmepumpens COP under ett helt år.

Värmeåtervinningsgrad - andel av tillgänglig värme som kan nyttiggöras vid värmeåtervinning.

1 Inledning

I flerbostadshus liksom flera typer av lokalfastigheter (sjukhus, hotell och restaurang, idrottsanläggningar, skolor) står uppvärmning av tappvarmvatten för en stor del av energibehovet, och stora mängder energi lämnar dessa byggnader med spillvattnet. Om energin i spillvattnet skulle tas tillvara i samtliga flerbostadshus samt lokalfastigheter med relativt stor varmvattenanvändning finns potential att spara stora mängder energi.

Trots god teoretisk potential och ett flertal produkter på marknaden är det fortfarande få fastigheter där energin från spillvattnet faktiskt tas tillvara. Förstudier inom Belok och BeBo har visat på att det finns ett stort intresse för att nyttja energin i spillvattnet, men att många fastighetsägare tvekar av olika anledningar. Anledningar att avstå eller avvakta kan exempelvis vara oro för högt underhållsbehov, låg kunskap om tillgängliga produkter och osäkerheter kring dess funktion och verkningsgrad, eller att man ser en risk för höga kostnader i förhållande till nytta.

För att ge fastighetsägare kunskap och grund för beslut att installera energiåtervinningssystem för spillvatten i sina byggnader finns därför behov av att sprida erfarenheter från befintliga installationer. Dels för att visa på goda exempel, men även för att få en bättre uppfattning om var och när det är lämpligt att installera system för energiåtervinning från spillvattnet, och vilken teknik som lämpar sig för olika tillämpningar. Det skulle även vara av stort värde att ta del av och sprida erfarenheter relaterat till systemutformning och styrning av systemen.

1.1 Syfte

Förstudien syftar till att öka och tillgängliggöra kunskaper om system för energiåtervinning från spillvatten genom erfarenhetsåterföring från fastighetsägare och tidigare studier.

Mål för förstudien är att presentera en sammanställning av kunskaper och erfarenheter som erhållits genom utvärdering av installationer i lokalbyggnader och flerbostadshus och besvara följande frågeställningar:

- Hur mycket energi kan återvinnas från spillvattnet i olika typer av byggnader under gynnsamma förutsättningar?
- Vilka fördelar respektive nackdelar finns det med olika typer av system (med värmeväxlare) för energiåtervinning från spillvatten?
- Finns det särskilda framgångsfaktorer som är bra för fastighetsägare att känna till? Exempelvis vad gäller avsättning för energin, systemutformning, styr- och reglerlösningar.

- När är det fördelaktigt att kombinera värmeväxlare med värmepump vid energiåtervinning från spillvatten?
- Vad skulle krävas för att förbättra förutsättningarna för energiåtervinning från spillvatten i olika typer av byggnader?
- Vad är den totala energibesparingspotentialen för energiåtervinning från spillvatten baserat på erfarenheter från installationer i drift?
- Finns det några möjliga nackdelar eller risker sett ur ett större systemperspektiv (exempelvis relaterat till låga temperaturer på spillvattnet)?

2 Genomförande

Nedan beskrivs de aktiviteter som genomförts inom förstudien.

Litteraturstudie

Först samlades information om vilka tekniker för energiåtervinning av spillvatten som finns idag samt vilka möjligheter och hinder som följer med dessa. Sedan utfördes en kort genomgång av tidigare utredningar och studier kring utvecklingen av branschen för energiåtervinning av spillvatten.

Intervjuer

För att få en klar bild av utvecklingen av energiåtervinning ur spillvatten genomfördes intervjuer med representanter för fastighetsägare som har installerat någon typ av installation energiåtervinning för spillvatten.

Intervjuerna har skett via digitala kanaler och fokus har främst varit på

- Energiåtervinningslösningens uppbyggnad, funktion och systemlösning
- Installation och underhåll
- Lösningens prestanda samt data och uppföljning på detta
- Vilka fördelar och eventuella problem som erfarits

Enligt förstudiens mål skulle intervjuer utföras med tre representanter för lokalfastighetsägare och med tre representanter för flerbostadhusägare som nyttjar system för energiåtervinning från spillvatten och har gjort någon typ av uppföljning på detta. Tre intervjuer har utförts relaterat till flerbostadshus och fyra relaterat till lokalfastighetsägare. Vidare har även en kompletterande intervju utförts med en leverantör av systemlösning för energiåtervinning från spillvatten. Ytterligare leverantörer har kontaktats, vilka antingen har vidarebefordrat till kontakter för installationer med uppföljning eller inte haft några sådana fall där energiåtervinning följs upp.

Bedömning av potential och rekommendationer

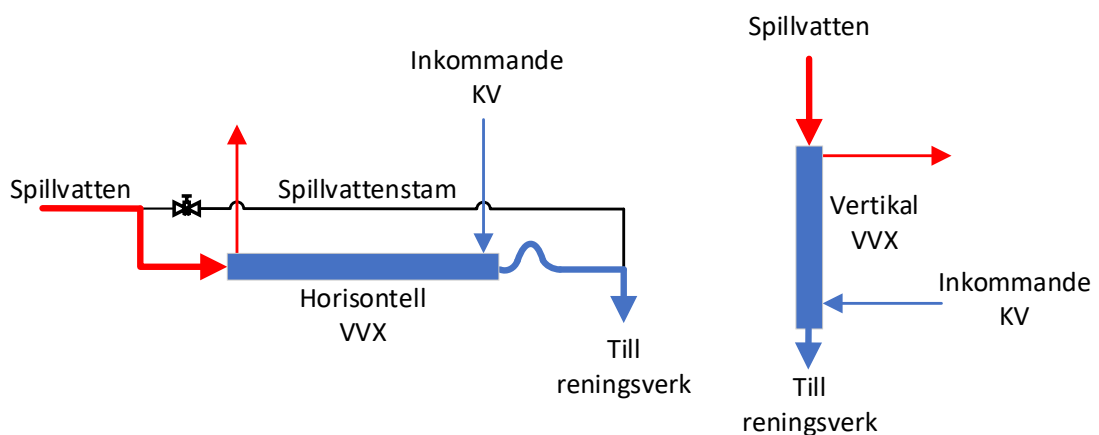
Med den samlade informationen från litteraturstudier och intervjuer har kompletterande beräkningar och en uppskattning av nationell energiåtervinningspotential utförts för flerbostadshus samt lokalbyggnader som vanligtvis använder större mängder tappvarmvatten. Detta utfördes dels för en enkel värmeåtervinningslösning med passiv värmeväxlare, dels för en värmeåtervinningslösning som även inkluderar ackumulering och värmepump. Dessa två lösningar jämförs även ur ett primärenergiperspektiv.

3 Litteraturstudie

3.1.1 Tekniker

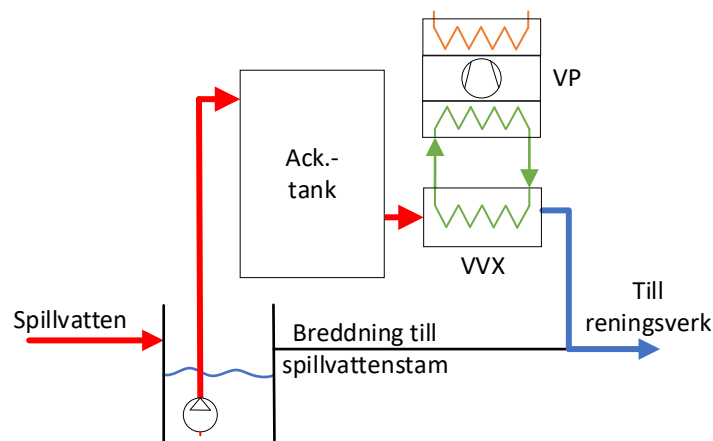
Det finns idag ett flertal olika tekniker för att utvinna energi ur spillvatten, och utformningen och energiåtervinningspotentialen varierar stort mellan olika lösningar. Bland de enklare installationerna finns duschvärmväxlare där utgående vatten genom en enkel värmväxling förvärmer inkommande duschvatten.

För att möjliggöra energiåtervinning av större dignitet kan värmväxlingen istället appliceras på spillvattenstammen där allt spillvatten passerar, se exempel på både horisontell och vertikal värmväxlare i Figur 1. En fördel med vertikal värmväxlare är att spillvattnet som rinner genom värmväxlaren sugas fast på rörets insida på grund av ytspänningen, vilket ökar värmeöverföringen och kan öka effekten upp mot det dubbla relativt en horisontell värmväxling. En vertikal applikation löper även mindre risk att sättas igen [1]. För att öka kontakten med rörets insida vid horisontell montering kan man göra en s.k. svanhals på röret efter värmväxlaren, för att säkerställa att värmväxlaren blir helt fylld med spillvatten innan det åker vidare [2].



Figur 1 - Exempel på horisontell och vertikal värmväxling

En annan typ av lösning är att ackumulera spillvattnet i en pumpgröp och/eller ackumulatortank, se exempel i Figur 2 på nästa sida. Detta för att lättare kunna anpassa flödet till en värmväxlare och på så sätt kunna säkerställa att en större andel av energin kan återvinnas. Denna typ av lösning är fördelaktig för att hantera ojämna spillvattenflöden och lämpar sig väl för att höja temperaturen på den återvunna värmen ytterligare med hjälp av en värmepump. Rent teoretiskt kan ackumulering vara fördelaktigt även utan värmepump, men det är inte lika vanligt.



Figur 2 - Exempellösning med pumpgrop, ackumulatortank och värmepump

3.1.2 Hinder

Trots de stora energibesparingsmöjligheter som energiåtervinning ur spillvatten ger så finns det fortfarande visst motstånd. I studien *Värmeåtervinningssystem för spillvatten i flerbostadshus* [1] beskrivs utmaningar och orsaker till att inte fler värmeväxlersystem installeras. Nedan sammanfattas hinder från denna studie samt från erfarenheter från denna studies experter.

En av de största orsakerna till att energiåtervinning från spillvatten sällan installeras är att det saknas kunskap och utbud av totala systemlösningar. Vidare menar många att tekniken är oprövad och att den inte är lönsam. Faktumet att tekniken anses som oprövad leder även till en viss tveksamhet relaterat till systemens robusthet och långtidsegenskaper. Den vanligaste farhågan är att värmeväxlarna ska sättas igen och orsaka mer problem än nytta.

Att avloppsreningsverken inte godkänner kylning av spillvattnet är en bidragande orsak till att lönsamheten ibland inte anses som tillräckligt. Det har även funnits ett visst motstånd på marknaden på grund av ryktesspridning att avloppsreningsverken inte tillåter att man utvinner den värme som man tillfört sitt spillvatten.

Ett annat problem som formulerats är att det inte fungerar ihop med individuell mätning och debitering av varmvatten. Det kan vara svårt att bestämma vem som betalar för vad när en viss del av varmvattnet är varmt med återvunnen värme och viss del med exempelvis köpt fjärrvärme.

Det finns även skepsis till värmeåtervinning från spillvatten med hjälp av värmepump relaterat till primärenergital då fjärrvärme ersätts med en viss del el, eftersom fjärrvärme har viktning 0,7 och el 1,8, enligt BBR29. Detta utvärderas närmare i avsnitt 5.2

I vissa specifika fall har det även uppkommit en intressekonflikt mellan energibolag och fastighetsbolag som har samma ägare. Fastighetsbolaget vill

minska sitt driftnetto så mycket som möjligt genom att återvinna maximalt av sin tillförda värme, medan energibolaget vill fortsätta sälja samma mängder energi.

3.1.3 Möjligheter

På nationell nivå finns det möjlighet att genom värmeåtervinning från spillvatten nyttja 1,5 TWh om samtliga flerbostadshus skulle återvinna 30% av värmen från spillvattnet, enligt en förstudie genomförd inom Bebo [3]. Det finns också en god energibesparingspotential i lokaler med hög tappvarmvattenanvändning, såsom simhallar, restauranger, hotell och sjukhus [2].

Även om det är en lång väg kvar innan värmeåtervinning från spillvatten ger betydande energibesparingar på nationell nivå, så har intresset för spillvattenvärmeväxlare ökat de senaste åren, både bland energiexperter och fastighetsägare. Detta har bland annat lett till en utveckling med fler leverantörer på den svenska marknaden. Det finns även ett växande intresse för denna typ av värmeväxling ute i Europa, inte minst i Tyskland, enligt leverantörer.

Utöver den ekonomiska besparing till följd av kWh sparad energi finns det fler fördelar som ofta glöms bort i lönsamhetsbedömningarna. Framförallt så ökar fastighetsvärdet med ett minskat driftnetto. Vidare kan energiåtervinningen både spara ytterligare pengar genom minskning av toppeffekter och ökade livslängder för annan utrustning som avlastas, t.ex. värmepumpar, fjärrvärmecentralsutrustning eller elpannor [4].

3.1.4 Tidigare studier

Här sammanfattas kortfattat resultat från studier som genomförts inom området energiåtervinning av spillvattnet.

Inom Bebo utfördes en förstudie om värmeåtervinnings system för spillvatten i flerbostadshus under 2012 [3]. Mätningar på passiva värmeväxlare utan värmepump visade då på en värmeåtervinningsgrad av ungefär 10%, medan beräkningar visade att det bör kunna uppgå till 20-25%. Beräkningar visade även att en kombination av flera värmeväxlare kan uppnå upp mot 40% värmeåtervinningsgrad och att värmepumpslösningar kan återvinna 50-70% av tillgänglig värme i spillvattnet.

I början av 2017 bedrevs inom Belok en utökad studie av effektivitet för en horisontell spillvattenvärmeväxlare på en större fastighet på Vasagatan i Stockholm [5]. Verksamheten här utgörs av både restauranger, hotell och kontor. En mätning under ca 4 månaders tid visade på en medelåtervinningsgrad på 29%. Den ekonomiska analysen visade dock att kostnaden för installationen var för hög för att få god ekonomi om man endast återvann värme från spillvatten. För en installation med både värmeåtervinning från både kylsystem och spillvatten blir utfallet betydligt bättre. Det förekom även problem med igensättning av växlaren. Sedan dess har korrigeringar på detta system utförts som har lett till bättre resultat. Mer om detta i avsnitt 4.2.3 i denna förstudie, med både uppdaterad

beskrivning av systemet och sammanställning från en intervju med fastighetens tekniska förvaltare.

Under 2019 utfördes test av två stycken värmeåtervinningslösningar från duschar i HSB Living Lab, som är ett flerbostadshus på Chalmers där studenter, forskare och HSB-anställda bor permanent [6]. Test utfördes under 10 veckor i två badrum där återvunnen energin, momentan effekt och verkningsgrad mättes. Det visade sig då att de två testade produkterna inte var ekonomiskt lönsamma med rådande energipris och uppmätt kapacitet. För en lönsam värmeåtervinning på separata duschar i ett flerbostadshus behövs det förmodligen duschas mer (och därmed öka mängden tillgänglig återvinningsbar värme) än i en genomsnittlig lägenhet.

Samma år så gjordes en fallstudie av spillvärmens effektivitet för uppvärmning av tappvarmvatten ett flerbostadshus i Gävle [7]. Här var det värmeåtervinning genom en horisontell värmeväxlare som skulle utvärderas. Från temperaturmätningar under en dag i april kunde värmeåtervinningsgraden här beräknas till 35%.

Vid ungefär samma tid genomfördes även en studie för att visa verklig prestanda för värmeåtervinningsystem för spillvatten i flerbostadshus [1]. Detta genom utvärdering av 5 värmeväxlare i verklig drift på gemensamma utgående spillvattenstammar och 10 stycken värmeväxlare för enskilda lägenheter i laboratorium. Mätningarna visade på energiåtervinningsgrad runt 10%, medan den teoretiska potentialen visade sig högre, ungefär 20–25%. Studiens slutsatser låg främst i att leverantörer måste vara tydligare med prestanda och att beställarna måste bli bättre på kravställning och uppföljning av prestanda. Det saknades även kunskap och utbud av totala systemlösningar. Vidare slogs det dock fast att marknaden för energiåtervinning från spillvatten är enorm och att det borde installeras mer.

Det har även genomförts en förstudie kring potential och utvecklingsbehov inom Belok, benämnd som *Utveckling av avloppsvärmeväxlare för lokalfastigheter* [2]. Syftet var att undersöka förutsättningarna för teknikutvecklingsprojekt med avseende på avloppsvärmeväxlare, med eller utan kombination med fettavskiljare. Förstudien visade att det fanns stor potential och intresse av att återvinna energi från spillvatten i flera olika typer av lokalbyggnader. Fastighetsägare med storkök och restauranger uttryckte ett särskilt intresse av att installera och utvärdera en kombinerad produkt för fettavskiljning och värmeåtervinning. Detta har lett till följduppdrag på ämnet, som pågår under samma tid som denna förstudie.

Under början av 2021 utfördes en studie där en vertikal spillvattenvärmeväxlare testkördes [8]. Värmeväxlaren var av typen Recycling Pipe och testades i en testrigg där simulering av en normal användning av dusch genomfördes. Effektbehov med och utan värmeväxlare genomfördes för olika flöden och visade på en effektbesparing från ca 5 kW för lägre flöden och närmare 15 kW för högre flöden.

4 Erfarenhetsåterföring

I detta kapitel presenteras en sammanställning av goda exempel av system för spillvattenvärmeåtervinning i flerbostadshus och lokaler. Informationen är främst hämtad från intervjuer genomförda i denna förstudie, men även delvis från tidigare studier (se även avsnitt 3.1.4). Ett par figurer är även hämtade från leverantörers hemsidor, vilket det hänvisas till vid respektive figur. Först behandlas de goda exemplen var för sig indelat i flerbostadshus och lokalfastigheter i avsnitt 4.1 respektive 0. Sedan presenteras generella rekommendationer och råd från samtliga intervjuer samlat i avsnitt 4.3.

För de objekt som en intervju kunnat genomföras för har mer information kunnat erhållas. I Tabell 1 nedan ges en överblick av typ av lösning och återvunnen energi för dessa.

Tabell 1 – Översikt av lösning och energiåtervinningsuppföljning för intervjuade anläggningar

Objekt	Typ av lösning	Energiåtervinningsuppföljning	
		Återvinningsgrad ¹	Återvunnen energi ²
Brf Promenaden Falun	Pumpgröp på spillvattenstam, horisontell VVX, värmepump, TVV och VS	Ej möjligt att följa upp	Uppskattat till 180 MWh/år
Kvarteret Alabastern Växjö	Pumpgröp på spillvattenstam, ack.tank, kollektortank, värmepump, TVV och VS	Årligt snitt på 91%	56 MWh/år (2020-2021)
Brf Solterrassen Umeå	Pumpgröp på spillvattenstam, ack.tank, kollektortank, värmepump, TVV och VS	Årligt snitt på 93%	36 MWh/år (2020)
Kronobergsbadet Stockholm (Specialfastigheter)	Stående VVX, utgående duschvatten värmer inkommande kallvatten till duschar	Fått verkningsgrad på växlare från leverantör som stämmer med beräkningar (75%)	67 MWh/år (2019)
Pennfåktaren 11, Stockholm (Vasakronan)	Horisontell VVX på bypass på avlopp, ack.tank, värmepump TVV, VS och kyla	Beräknat i mätstudie 2017 till 29%	Totalt återvunnet uppskalat i mätstudie 2017 till ca 110 MWh/år
Gustavsviksbadet Örebro	Duschar och bassänger, Ack.tank, horisontell VVX, värmepump, värmer främst bassänger	Ej möjligt att följa upp	Går att uppskatta grovt från temperaturuppföljning till ca 140 MWh/år
Munktellbadet Eskilstuna	Horisontell VVX på duschvatten, förvärmer TVV.	Ej möjligt att följa upp	105 MWh/år (2018)

¹ För värmepumpslösningar inkluderas tillvaratagen värme från eltillförseln, varpå detta mått stundtals kan överstiga 100%

² För värmepumpslösningar redovisas levererad värme från värmepump minus tillförd el

4.1 Goda exempel flerbostadshus

4.1.1 Brf Promenaden Falun

För denna anläggning har underlag erhållits från bostadsrättsföreningens ordförande Jan Berg. Intervju utförd med Jan Berg och Mats Norrfors, energikonsult AFRY.

Bakgrund till beslut om installation

Denna bostadsrättsförening har under närmare 20 år genomfört ett omfattande energieffektiviseringsarbete och minskat köpt fjärrvärme från 222 kWh/m² ned till 46 kWh/m². En del av detta har åstadkommits via värmeåtervinning ur spillvattnet.

Brf Promenaden har genomfört ett systematiskt energieffektiviseringsarbete där man först gjorde injusteringar på värmesystemet och bytte radiatorer och sedan gick vidare med att tilläggsisolera och byta fönster. Efter att ha minskat energibehovet börjades det tittas på möjligheter till värmeåtervinning och att producera egen energi. Solceller och frånluftsvärmeåtervinning med värmepump installerades samt solfångare som värmeväxlas direkt mot värmesystemet. Totalt sett hade man då minskat sin årliga fjärrvärmeanvändning från drygt 1 200 MWh ned till 300 MWh.

För att komma åt majoriteten av kvarvarande 300 MWh beslutades att börja återvinna värmen från spillvattnet. Med hjälp av en projektgrupp innehållande expertis om energi, el och styr samt rörläggning togs lösningen med pumpgrop och horisontell värmeväxlare fram, som kunde inkluderas i befintligt värmeåtervinningsystem.

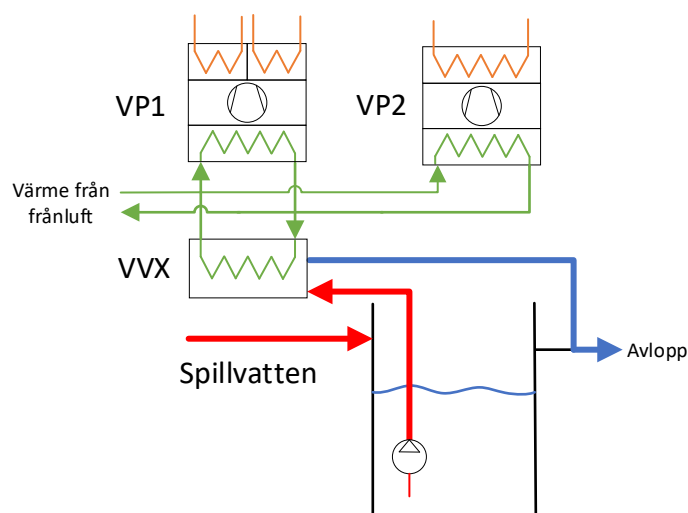
Systemlösning

I en pumpgrop på spillvattenstammen samlas spillvattnet, som håller omkring 22°C året runt. En skärande pump för sedan spillvattnet vidare till en horisontell värmeväxlare i ett av fastigheternas garage. Värmeväxlaren är levererad av Isaksson och av typen Ekoflow 5:16, vilket betyder att den är 5 meter lång och har 16 rörpassager, se Figur 3 på nästa sida.



Figur 3 – Den aktuella värmväxlaren på BRF Promenaden [9]

I spillvattenvärmväxlaren värms köldbärarvätska som cirkuleras till en värmepump, vilken värmer två värmekretsar; en varmare för tappvarmvattenbehov och en något kallare för uppvärmningsbehov och tappvarmvatten. Tappvarmvattnet håller hög temperatur för att säkerställa att det inte bildas någon legionella. Detta växlas sedan mot inkommande kallvatten för att få rätt temperatur (52°C). I Figur 4 visas en förenklad principskiss av lösningen. Parallellt med detta finns ytterligare en värmepump och ett köldbärarsystem som värms upp av ventilationens frånluft. Denna värmepump värmer samma system som värmepumpen kopplad till spillvattenvärmväxlaren gör. I systemet finns även värme från solfångare som värmväxlas direkt mot värmesystemet.



Figur 4 - Principskiss över värmeåtervinningslösningen på Brf Promenaden

Återvunnen energi

Då värmeåtervinningsystemet involverar både spillvatten, frånluft och solfångare är det svårt att se exakt varifrån värme tas, men från en stabil fjärrvärmeanvändning runt 300 MWh har den sedan installationen i början av 2019 gått ned till runt 120 MWh årligen. En besparing på omkring 180 kWh/år kan därmed rimligen härledas till värmeåtervinningen från spillvattnet, vilket motsvarar ungefär 80–90% av den värme som tillförts spillvattnet (värme för uppvärmning av tappvarmvatten).

Återvinningsgraden hade dock kunnat vara ännu högre med en annan systemutformning. I det aktuella systemet prioriteras solfångarnas värme för värme- och tappvarmvattenbehovet, vilket gör att det inte finns avsättning för all spillvattenvärme under sommarhalvåret.

Drift/funktion

Under första tidens drift våren 2019 blev det ett par stopp i pumpgruppen, till följd av att bostadsrättsägare spolade ner tops och andra saker som inte hör hemma i ett spillvattensystem. Efter informationsspridning om att detta inte får förekomma har spillvattenvärmeväxlingen fungerat utan problem.

Ungefär var fjärde vecka rensas värmeväxlaren och en snabb kontroll av pumpgruppen görs, men det har inte behövts några mer rensningar i pumpgruppen. Bostadsrättsföreningen är väldigt nöjda med systemets driftsäkerhet och att underhållet är så pass lindrigt.

Styr- och övervakning

Det finns ett styr- och övervakningssystem där omkring 60 parametrar från hela värmesystemet kan följas upp. Detta gör att bostadsrättsföreningen kan ha koll på att systemets olika delar samarbetar på rätt sätt och att temperaturer i systemet är inom rimliga spann. Via styrsystemet kan man även säkerställa att spillvattnet efter värmeåtervinning inte understiger 5°C, som är årsmedeltemperaturen i Falun och den temperatur man förankrat med Falun Energin att de tillåter.

Lönsamhet

Lönsamheten för spillvattenvärmeväxlingen är inte helt lätt att bena ut då den har lagts till i ett befintligt värmeåtervinningsystem. Det är därmed svårt att se gränsdragningen för investeringarna som bara berör spillvattendelen. Vissa komponenter fanns redan på plats, medan man i samband med detta bytte ut ena befintliga värmepumpen till en större. En uppskattning mellan tummen och pekfingret är att den isolerade återbetalningstiden för spillvattenvärmeväxlingen i området av 5–6 år, med avseende på sparad fjärrvärme. Man är dock övertygade om att projektet som helhet är mer lönsamt än så, tack vare de stora besparingarna i taxekostnader man åstadkommit.

4.1.2 Brf Solterrassen Umeå

Information och underlag från intervju med Rasmus Westin, Energiingenjör Skanska Bostäder. För att erhålla en djupare förståelse för Evertherm-lösningarnas tekniska delar har även en intervju med Evertherm ägt rum.

Bakgrund till installation

Solterrassen i Umeå är ett flerbostadshus byggt av Skanska 2017-2018. Inför byggnationen såg Skanska chansen att testa nya energieffektiviseringsprojekt, och valde bland annat att installera Evertherms lösning för spillvattenvärmeväxling som ett pilotprojekt. Systemet har nu varit i drift i 3,5 år och följs kontinuerlig upp och utvärderas av Skanska.

Systemlösning

Systemet visas översiktligt i Figur 5 nedan. På spillvattenstammen installerades en pumpgrop (markerad med 1 i figuren). Pumpen i denna pumpgrop är av samma typ som installerats i reningsverk och har skärande blad, för att minimera igensättning. Vid ett eventuellt stopp eller service släpps dock spillvattnet bara vidare i spillvattenstammen. Från gropen pumpas spillvattnet till en bufferttank (2) och sedan till en kollektortank (3). Syftet med två tankar är att bufferttanken kan fyllas upp med nytt spillvatten medan kollektortanken utvinner värme av det vattnet den är fylld med. Sedan skickas det kylda vattnet (till inställd temperatur) tillbaka till spillvattenstammen och nytt varmt spillvatten fylls på från bufferttanken. I tankarna så finns omrörare för att motverka igensättning av stelnat fett. Värmen som utvinns via kollektortankens värmeväxlare leds vidare till en värmepump (4). Värmepumpen värmer sedan i sin tur upp ackumulatortankar som levererar värme till tappvarmvatten- och status och prestanda (5). uppvärmningssystem, med spets från fjärrvärme vid behov. Lösningen innehåller även en digital uppföljning, vilket ger en översikt över systemets



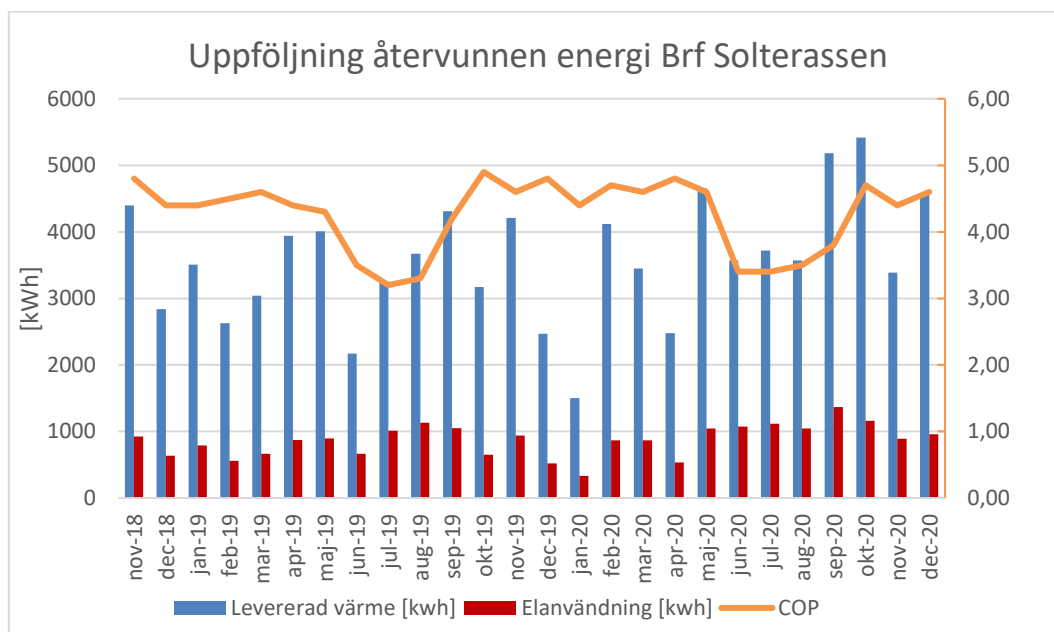
Figur 5 - Översikt av systemlösningens princip [10]

Drift/funktion

Installationen har nu varit i drift i 3,5 år. Man har ett underhållsavtal på 5 år med Evertherm, och det har inte varit några större problem. Det har bara varit ett par mindre stopp i pumpen i pumpgruppen då de skärande bladen vid halvfart inte kunnat bryta ner tygtrasor som kommit i avloppet. Att pumpen gått på halvfart har berott på att man haft problem med stomljud i trapphuset vid helfart (i nyare installationer används pumpgröpar i plast och som är avvibrerande). Allt har i övrigt flutit på bra och man är nöjda med den information man fått, inte minst från driftövervakningen som ingår.

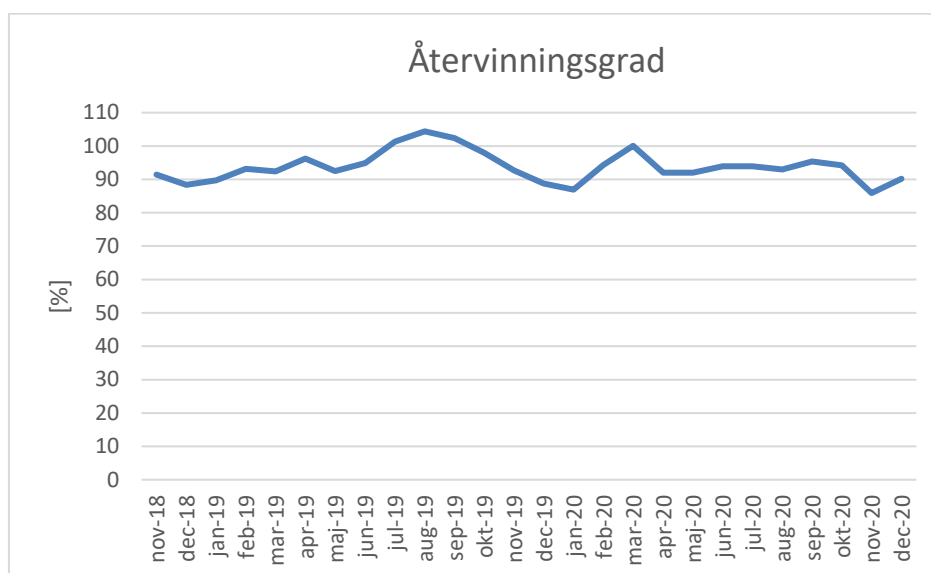
Energiåtervinning

I Figur 6 visas levererad energi från värmepumpen, tillförd el samt systemets COP från mätdata levererad av Evertherm. COP varierar över året och är vanligtvis som högst under vinterhalvåret då det är ett större lokaluppvärmningsbehov, vilket inte kräver lika höga temperaturer från värmepumpen som tappvarmvattnet gör, vilket dominerar värmebehovet under sommarhalvåret. Systemets COP är väsentligt för systemets lönsamhet och energiprestanda, inte minst ur ett primärenergitalperspektiv (vilket behandlas vidare i avsnitt 5.2). COP har under mätperioden varierat mellan 3,4 och 4,9, med ett medel (d.v.s. SCOP) på 4,3.



Figur 6 – Översikt av återvunnen energi på Brf Solterrassen, enligt data levererad av Evertherm

Även återvinningsgraden varierar något, vilket visas i Figur 7 på nästa sida. Under denna tvåårsperiod har återvinningsgrader varierat mellan 86% och 104%, med ett snitt på 94%. Att potentialen kan nå över 100% beror på att delar av den tillförda elen till pumpar och värmepump kan tas upp som värme i systemet.



Figur 7 – Andelen av spillvattnets värme som återvunnits

Värmeåtervinningsgraden för lösningen har enligt denna driftövervakning visat sig vara som utlovad, och respondenten tror därmed på att tekniken i sig är bra. Respondenten påpekar dock att man bör utvärdera lämplighet och lönsamhet från fall till fall. Energimängden i spillvatten från olika fastigheter varierar stort och är avgörande för resultatet. Brf Solterrassen är ett bra exempel på detta. Även om energiprestandan för systemet på Brf Solterrassen är god så blir inte avsättningen av värme från lösningen så stor, eftersom det inte genereras så mycket spillvatten i fastigheten. Systemet dimensionerades utifrån BBR-norm om 25 kWh tappvarmvatten per m² och år, då man måste använda värden för normalt brukande när man gör energiberäkningar mot BBR-krav. Snittet för Brf Solterrassen ligger dock snarare runt 10 kWh per m² och år, vilket har lett till att anläggningen därför endast levererat cirka en tredjedel av beräknad mängd energi. Systemet har av samma anledning även blivit betydligt överdimensionerat och värmepumpen har därmed inte arbetat särskilt nära maxkapaciteten någon gång.

Lönsamhet

Lönsamheten är svår att utvärdera, det beror helt på vilka aspekter man tar med. Exempelvis påtalas att fastighetens värde höjs med ett lägre driftnetto, och att förbättra fastighetens energiklass eller få en miljöcertifiering kan vara mycket värt. Respondenten tycker dock att man som fastighetsägare bör ha med sig att denna typ av lösning fortfarande är relativt dyr och investering per installerad värmeeffekt är högre än för andra alternativ. Man behöver även ta i beaktning att en betydande del av värmen återvinns och nyttiggörs under sommarhalvåret då man ofta har mycket låga fjärrvärmesaxor.

Vidare energiåtervinning från spillvatten

I dagsläget överväger Skanska att installera spillvattenvärmeväxling på två av sina nya objekt, ett hotell och ett större bostadsområde. Detta då man som sagt har tillit till tekniken, men har respekt för att mängden tillgängligt spillvatten är viktig för möjlig energibesparing och lönsamhet.

4.1.3 Kvarteret Alabastern Växjö

Underlag och information från intervju med Martin Skoglund, Energiansvarig Växjöbostäder. Även här har kompletterande teknisk information hämtats från intervjun med Evertherm.

Bakgrund till installation

I början av 2020 installerade Växjöbostäder i Kvarteret Alabastern i Växjö en systemlösning från Evertherm likt den på Brf Solterrassen (4.1.2). Detta gjordes i samband med att fastigheten genomgick en större renovering, då man ville nå högsta möjliga energieffektivitet. Det övervägdes hur många byggnader i kvarteret man skulle återvinna spillvattnet ifrån, och man valde två stycken. Värme återvinns från 27 av 36 lägenheter i den ena byggnaden samt 12 lägenheter i den andra byggnaden, sedan tillförs återvunnen värme till samtliga 36 lägenheter till den ena av dessa byggnader. Det fanns i befintligt undercentralsutrymme tacksamt med plats för installationen. För installation av denna lösning erhöles EU-bidrag.

Generellt sett så nyttjar Växjöbostäder främst fjärrvärme i sina byggnader, då de helst använder el för uppvärmning i så liten utsträckning som möjligt. Växjöbostäder genomför i dagsläget en liknande större renovering på en annan fastighet, men då man i det fallet inte har något investeringsbidrag för en spillvattenvärmeåtervinningslösning så har man där valt att installera fjärrvärme.

Systemlösning

Lösningen för värmeåtervinningen av spillvattnet på Alabastern i är i princip identisk med den på Brf Solterrassen, varpå denna beskrivning hänvisas till avsnittet 4.1.2 ovan. Det enda som huvudsakligen skiljer installationerna åt är olika dimensionering av värmepump och tankar. I Figur 8 på nästa sida visas de nedgrävda buffert- och kollektortankarna och pumpgruppen från när lösningen installerades.



Figur 8 – Bild från Växjöbostäder på bufferttank, kolektortank och pumpgrop vid installationen

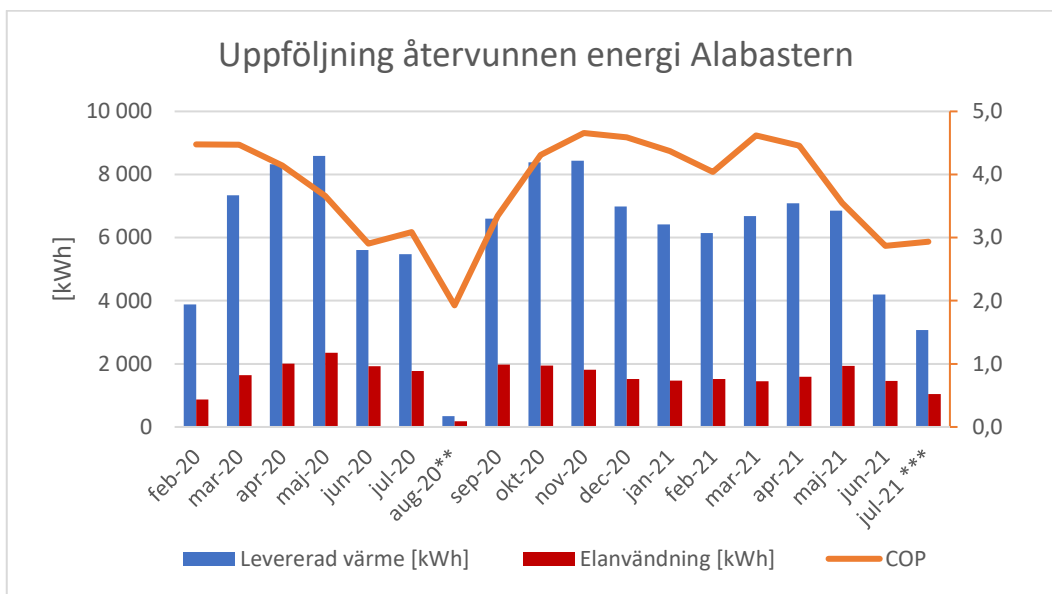
Drift/funktion

Både projektering och installation av återvinningslösningen fortgick enligt respondenten utan problem och systemet har varit i drift sedan januari 2020. Sedan dess följer man kontinuerligt upp systemets prestanda, främst på månadsbasis men det finns även högre upplöst data att tillgå. Att det inkluderat i levererad lösning finns ett färdigt driftuppföljningssystem är något som man på Växjöbostäder har uppskattat mycket.

Efter nästan två års drift har det enligt respondenten krävts väldigt lite underhåll och driften har rullat på bra, mer eller mindre av sig självt. Undantaget har varit två stopp, båda i augusti under respektive 2020 och 2021, som man inte har kunnat reda ut anledningen av ännu. Det verkar dock inte finnas någon svag länk bland komponenterna, utan allt upplevs som robust och intakt.

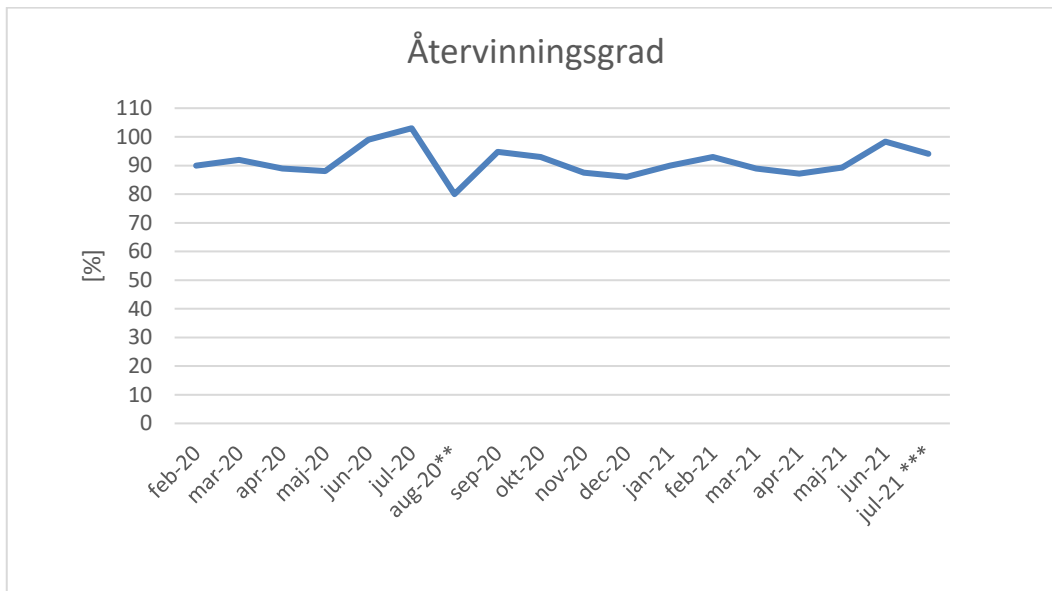
Energiåtervinning

I Figur 9 nedan visas en sammanställning av levererad värme från värmepumpen, systemets medel-COP och resulterande elanvändning för respektive månad. Även här så varierar systemets COP en del efter årstid beroende på värmebehovet, i detta fall i spannet 2,9 upp till 4,7 vid full drift. Under det senaste helåret har SCOP varit 3,9, om man bortser från driftstoppet i augusti 2020.



Figur 9 - Översikt av återvunnen energi Alabastern

I Figur 10 nedan visas hur stor del av spillvattnets energi som återvunnits. Värmeåtervinningsgraden av spillvattnet är räknad på ned till 6°C, då det är så lågt man får kyla ned spillvattnet innan det skickas till reningsverket i denna kommun. Under perioden är den genomsnittliga återvinningsgraden av total energi i spillvattnet 91%, vilket är nära vad som var projekterat för systemet, trots de två tillfälliga stoppen.



Figur 10 - Andelen av spillvattnets värme som återvunnits

Sammanfattningsvis är man på Växjöbostäder generellt sett nöjda med installationen, framförallt på grund av hög driftsäkerhet och ett lågt underhållsbehov. För att få en bättre kalkyl på investeringen över tid hade man gärna inkluderat fler av husen i Alabastern i spillvattenvärmeåtervinningen, men det fanns inte tillräcklig med tid för detta vid installationsstadiet.

4.1.4 Fendergatan Stockholm

På Fendergatan i Hammarby Sjöstad i Stockholm finns en horisontell värmeväxlare monterad på spillvattenstammen till ett flerbostadshus. Från juli 2018 till juni 2019 genomfördes på denna installation en temperaturmätning inom tidigare nämnda studien *Värmeåtervinningssystem för spillvatten i flerbostadshus*. Temperaturmätning visade att inkommande kallvatten värmdes upp cirka 3,5°C i snitt under året. Vidare hade denna värmeväxlare aldrig satts igen sedan installationen 7 år tidigare 2012. Innan värmeväxlaren finns ett fallrör som accelererar spillvattnet för att undvika stopp. I slutet av värmeväxlaren finns en s.k. svanhals som ser till att värmeväxlaren hela tiden är vattenfylld för att öka återvunnen värme till inkommande kallvatten.

4.2 Goda exempel Lokalfastigheter

4.2.1 Vilhelmina Folkets Hus

Information från intervju med Evertherm (efter hänvisning från Vilhelmina Folkets Hus)

Denna anläggning i Vilhelmina inhyser bl.a. simhall, bio, bowling, cafeteria och konferensutrymmen. Här har det installerats en unik och mer komplex lösning av Evertherm (jämfört med 4.1.2 och 4.1.3) där värmeåtervinning från spillvattnet sker i ett system som även inkluderar värmeåtervinning från kylmaskiner, solfångare, klimatpaneler (komforttak med integrerad tilluft med värmeväxlarabsorbent) och energifångare (fungerar som värmeväxlare mot omgivande luft på taket). Det finns även borrhål som under sommaren kan värmas upp med överskottsvärme. Värmesystemet har varit en del av ett EU-forskningsprojekt och varit i drift sedan våren 2020.

De flera olika delarna i värmeåtervinningssystemet gör det komplext att räkna på värmeåtervinning från endast spillvatten och anläggningen har dessutom ännu inte nått full potential på grund av lägre beläggning till följd av covid -19.

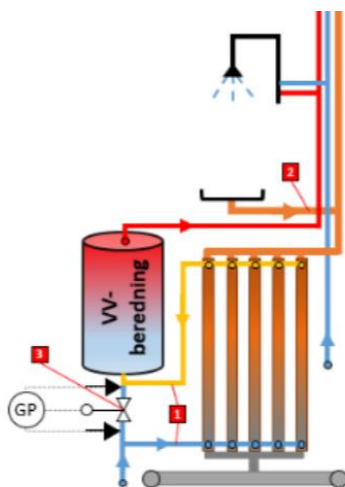
4.2.2 Kronobergsbadet

Information från intervju med Tomas Linder, Energisamordnare Specialfastigheter

På Kronobergsbadet i Stockholm installerades 2016 en stående värmeväxlare på utgående duschvatten. Detta till följd av att man insett att det fanns mycket värme att ta tillvara på från dessa flöden.

Principiell utformning av systemet visas i Figur 11 på nästa sida. Återvunnen värme från duschvattnet förvärmer inkommande kallvatten för hela byggnadens varmvattenberedning, vilket gör att det finns stor avsättning för värme från

spillvattnet och att större delen av dess värme kan återvinnas. Efter värmeväxlingen spetsas det förvärmda vattnet med fjärrvärme.



Figur 11 - Principskiss över värmeåtervinningen från duschvatten på Kronobergsbadet [11]

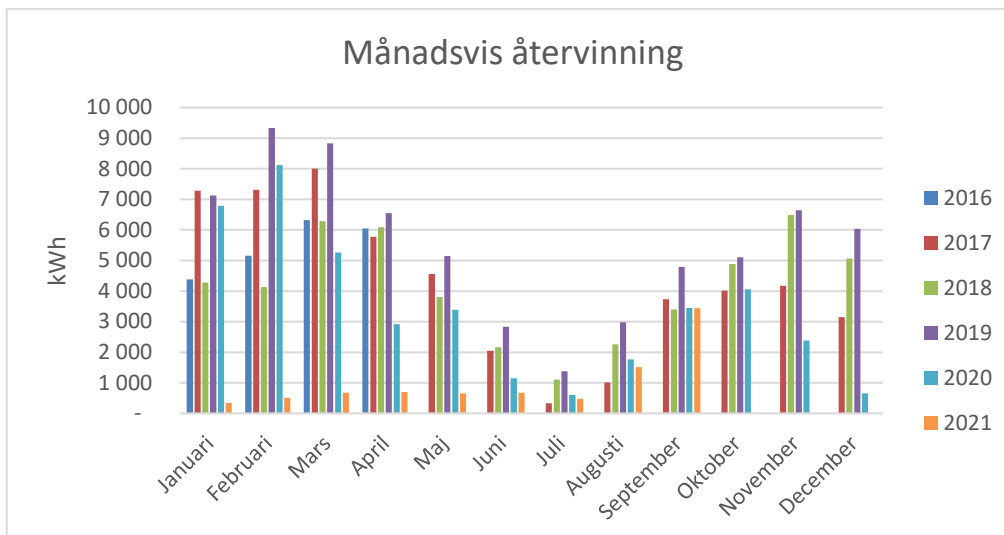
Vid installationen var det rör och ledningar från 15 duschar som drogs om och anpassades för gemensam värmeåtervinning. Anledningen att man endast fokuserade på duschvatten och inte allt spillvatten var att duschvattnet är renare, vilket minskar underhållsbehovet vid värmeåtervinning.

Drift/funktion

Värmeåtervinningen installerades hösten 2016 och uppges ha fungerat väldigt bra, och i princip underhållsfritt, sedan dess. Det enda problemet som fastighetsägaren haft med systemet var under vintern 2017-2018, då en diskborste tappades ner i duschavloppet vid städning och som det tog några månader att hitta. Tittar man noga på statistik över återvunnen värme per månad (Figur 12) ser man spåren av detta.

Energiåtervinning

Det finns en värmemängdsmätare som följer flöde och temperaturer ned på minutbasis för att erhålla en noggrann uppföljning. Då simhallen är i anknytning till ett häkte och därmed ett skyddsobjekt så har statistik erhållits på månadsbasis, se Figur 12 på nästa sida.

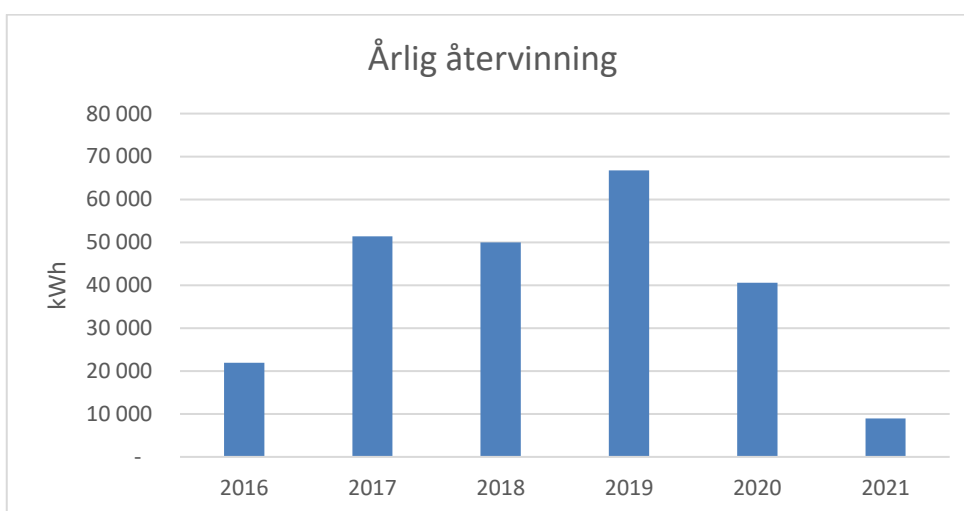


Figur 12 - Månadsvis återvunnen värme

Enligt statistiken så återvanns 67 MWh energi ur spillvattnet från april 2018 till och med mars 2019. I slutet av 2019 byttes värmeväxlaren ut mot ett större alternativ (6 rör istället för 4) för att öka återvinningen ytterligare. Då aktiviteten i simhallen de senaste åren varit starkt påverkad av covid-19 har man ännu inte rättvis data på hur mycket den nya värmeväxlaren kan återvinna på årsbasis.

Lönsamhet

Trots missödet med diskborsten och den stora negativa påverkan från covid-19 har värmeväxlingen enligt mätningar sparat 240 MWh fjärrvärme, vars fördelning över åren visas i Figur 13. Detta betyder att investeringen på totalt 285 000 kr ändå är så gott som återbetalad efter 5 år.



Figur 13 – Årlig återvunnen värme

Sammanfattningsvis så är Kronobergsbadet mycket nöjda med sin installation, främst med avseende på mängden återvunnen energi och det låga underhållsbehovet.

4.2.3 Pennfäktaren 11, Vasagatan Stockholm

Information från intervju med Torbjörn Backlund, Vasakronan

Vasakronans fastighet Pennfäktaren 11 a är belägen i centrala Stockholm och innehåller restauranger, kontor och ett hotell. Spillvattenvärmeväxlaren som är installerad i denna fastighet har utvärderats i en tidigare studie, vilken belysts i avsnitt 3.1.4

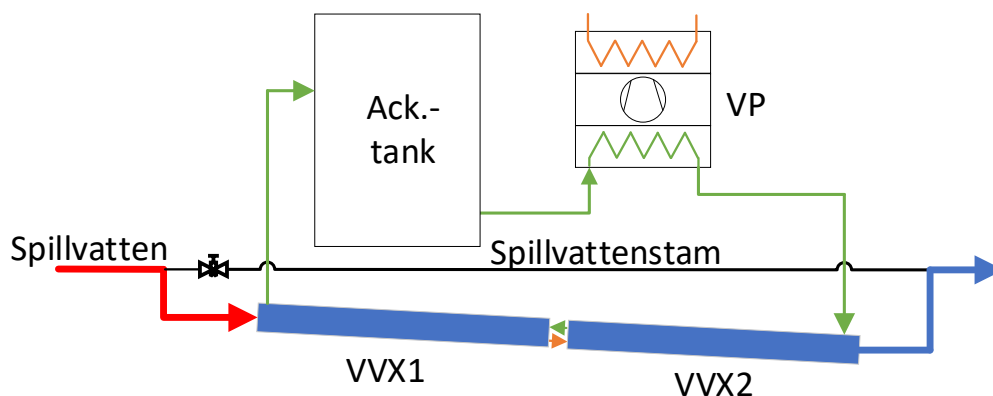
Bakgrund till installation

Av nyfikenhet provade Vasakronan 2016 att installera en värmeväxlare på spillvattnet från Pennfäktaren 11. Detta är en stor fastighet som förutom kontor rymmer flera restauranger och ett hotell, och genererar således ett relativt stor mängd spillvatten. Respondenten berättar att efter att man sett att värmeåtervinningen fungerade har systemet korrigerats och byggts ut allteftersom.

Systemlösning

Nuvarande systemlösning utgörs av två stycken horisontella värmeväxlare i serie som är installerade parallellt med spillvattenstammen. En ventil leder under normal drift ned spillvattnet i värmeväxlarna, och öppnas upp till ordinär spillvattenstam om det uppstår några problem i värmeväxlarna.

Värmeväxlarna är dubbelmantlade och överför värme från spillvattnet till ett medium som cirkuleras vidare till en ackumulatortank och värmepump. När det finns ett värmebehov i fastigheten nyttjas värmeåtervinningslösningen på konventionellt vis, men när det finns ett kylbehov i byggnaden så levererar värmepumpen istället kyla till fastigheten. Därmed kyls spillvattnet när det är värmebehov och värms upp vid kylbehov. En översiktlig skiss över de huvudsakliga delarna för energiåtervinningen från spillvattnet visas i Figur 14. Värmen går till radiatorer och ventilationsaggregat medan kylan betjänar kontorens komfortkyla. Fastighetens värme- och kylsystem inkluderar även bl.a. solfångare och kylmedelsfläktar.



Figur 14 - Översiktlig skiss av Pennfäktarens energiåtervinningslösning

Drift/funktion

Värmeväxlarna installerades under 2016. Efter att inledningsvis haft en del problem med fettansamling i växlarna har man utvecklat rengöringen av systemet och kommit till bukt med de problemen. Numera rensas värmeväxlarna regelbundet med hetvatten via spolbil, minst två gånger per år.

Då fastigheten inhyser tre olika verksamheter med skilda verksamhetstider (hotell, restaurang och kontor) sprids spillvattenflödena ut och det är bara ett fåtal timmar om dygnet som det inte kommer något flöde.

Då det även finns ett behov av kyla under sommartid har funktionen att även använda anläggningen för detta syfte varit givande.

Energiåtervinning

De horisontella rörvärmeväxlarna kan ta tillvara på cirka 30% av spillvattnets värme. Men då det finns flera olika verksamheter i fastigheten sprids spillvattnet ut väl under dygnet och det finns mycket värme att ta tillvara på, varpå återvunnen värme ändå blir betydande. Vidare har man som sagt även nytta av att kyla med spillvattnet.

Det finns ingen kontinuerlig uppföljning på exakt hur mycket värme och kyla som man kan tillgodose sig från denna lösning, utan man kollar generellt sett mer på fastighetens totala energianvändning. Då värmesystemet även inkluderar värme från solfångare och kylmedelskylare som installerats i etapper är det svårt att från den totala energistatistiken dra några tydliga slutsatser. Men man har sedan 2016, då spillvattenvärmeväxlingen installerats, minskat fastighetens totala energi med ca 25%. 2016 har då jämförts med 2019, som är det senaste representativa året innan covid-19 påverkade fastighetens energianvändning markant.

En mer noggrann mätning gjordes dock på spillvattenvärmeväxling i en Belok-studie under 2017. Även om vissa optimeringar och korrigeringar gjorts så tror man att de mätningar som gjordes då stämmer hyfsat överens med dagens anläggning, men är förmodligen något i underkant. Det man kom fram till då var att systemet tog tillvara på ca 30% av det teoretiskt möjliga från spillvattnets värme. När mätningarna, som utfördes under ca fyra månader, skalades upp till att representera att helår var 107 MWh återvunnen värme från spillvattnet. I kombination med värmepump blir det en stor mängd fjärrvärme som sparas. Man ska heller inte glömma nyttan man får av att även kunna kyla med hjälp av spillvattnet, vilket det inte finns någon uppföljning på ännu vad det rör sig om för energimängder.

Man har under resans gång med denna energiåtervinningslösning löst uppkomna problem och man är i slutändan väldigt nöjda med hur systemet har anpassats för att nyttja den aktuella fastighetens synergieffekter och kan tillgodose de olika energibehoven.

Vidare energiåtervinning från spillvatten

Vasakronan har även installerat värmeväxlare av liknande karaktär på en annan fastighet i Stockholm. Även här finns det restauranger i fastigheten, vilket har lett till vissa problem med fettansamlingar i värmeväxlarna. Med erfarenheten från den tidigare installationen kunde man lösa detta relativt fort med regelbunden rengöring med hetvatten.

4.2.4 Gustavsviksbadet Örebro

Information från intervju med Anders Strömberg, teknikchef Gustavsviksbadet Örebro

Bakgrund till installation

På denna anläggning installerades värmeåtervinning från duschvattnet redan 1984, i samband med en utbyggnad av verksamheten. Det var då en väldigt enkel lösning där utgående duschvatten löpte genom en rörvärmeväxlare som förvärmde inkommande varmvatten. Denna värmeväxlare var i drift i över 30 år och fungerade fint.

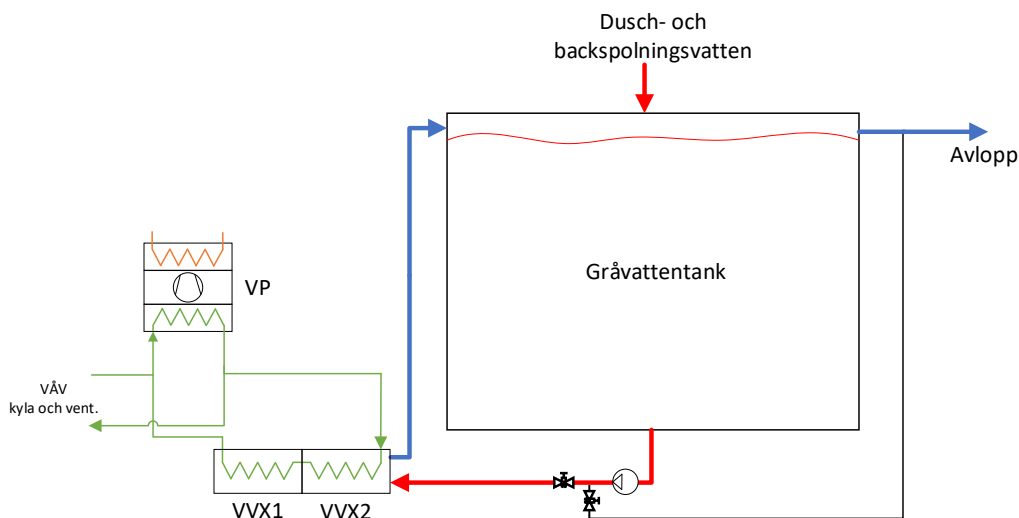
Systemlösning

Under 2016 utvecklades värmeåtervinningslösning med att man började nyttja den stora befintliga gråvattentanken på 50 m³. Till denna tank går allt duschvatten och även allt det vatten som dagligen pumpas ut från badbassängerna för att backspola deras vattenreningsfilter. Värmeväxlaren byttes då ut till två större motsvarigheter, vilka är dubbelmantlade och horisontella av typen Ekoflow 6:14, vilket innebär att de är 6 meter långa och har 14 rörpassager vardera. I Figur 15 visas en bild på ena av dem, som var delgiven av Anders Strömberg.



Figur 15 – En av de två aktuella värmeväxlarna på Gustavsviksbadet

Dessa värmeväxlare monterades så att det varma vattnet från gråvattentanken cirkuleras igenom dessa, se översiktlig skiss i Figur 16. Nivån i gråvattentanken regleras via utgående avloppsrör direkt till avlopp i toppen av tanken. Men med hjälp av cirkulationspumpen kan även nivån i gråvattentanken sänkas, vilket sker varje morgon för att frigöra volym till nytt varmt gråvatten.



Figur 16 – Principskiss över värmeåtervinning från gråvatten på Gustavsiksbadet

Denna värmeåtervinningslösning är en del av ett större värmeåtervinningsystem med en värmepump. På värmepumpens kalla sida hämtas värme, utöver från gråvattentanken, från sju stycken ventilationsaggregat och två stycken kylmaskiner. Då utgående ventilationsluft från badet är cirka 28°C kyls det bara ner till cirka 22°C av den "vanliga" batterivärmeväxlingen med tilluften. Därför finns ytterligare ett batteri nedströms på dessa ventilationsaggregats frånluft, som värmer upp samma kylvattnet som gråvattentanken, och som sedan går till värmepumpen. Mediet på värmepumpens varma sida värmer sedan upp värmesystemets retur från ventilationsaggregatets uppvärmningsbatteri. Denna värme används sedan framförallt till att värma upp och bibehålla temperaturer i bassängerna.

Temperaturen i tanken varierar, men ligger vanligtvis runt 25°C efter morgonens backspolning av vattenreningsfilter och sjunker sedan under dagen ned mot 15°C. Backspolningsvattnet är på temperaturer från 24°C upp till 38°C och kommer i stora mängder under morgonen innan öppning av verksamheten. För att ta tillvara på all denna värme töms stora delar av gråvattentanken inför detta. Vidare är duschvattnet i regel nära på 37°C.

Drift/funktion

En av de största fördelarna som nämns av respondenten är att värmeväxlaren är väldigt enkelt att rengöra, och därmed är inte underhållet av den betungande. Man har temperaturmätare på gråvattnet före och efter värmeväxlaren och när man ser att denna temperaturdifferens börjar minska så vet man att det är dags

för rengöring. Detta sker ungefär ett par gånger i månaden. Backspolningsvattnets innehåll av klor tror man förlänger intervallet mellan rengöringarna något.

Energiåtervinning

Tyvärrens mätning av temperatur och volym på det vatten som går ut till spillvattenstammen efter värmeåtervinning, varpå man idag inte vet hur mycket värme som återvinns. Värmeåtervinningen från gråvattnet är bara en del av ett större värmeåtervinningssystem vilket även gör det svårt att beräkna hur mycket värme från just gråvattnet som nyttjas. Inför korrigeringen av värmeåtervinningslösningen gjordes dock ett examensarbete för den nya installationen som beräknade värmeåtervinningspotentialen enligt

Tabell 2 på nästa sida. Dessa potentialer är räknade på att det varje dag tillförs gråvattentanken 20 m³ backspolningsvatten och 30 m³ duschvatten på 30°C. För att säkert kunna säga hur mycket värme man återvinner genom denna lösning behövs som sagt fler mätpunkter än vad man har idag, men utifrån mätningen av temperaturen i gråvattentanken bör det vara i området för vad som är beräknat för ett $\Delta T_{\text{gråvatten}}$ på ungefär 10°C. Det finns dock osäkerheter i detta antagande då man inte vet hur mycket vatten som "rinner över" till avloppet under dagen när duschvatten fylls på. Vidare får man från denna uppskattade potential även räkna bort vissa värmeförluster från gråvattentanken.

Tabell 2 - Beräknad återvinningspotential för olika temperaturdifferenser

$\Delta T_{\text{gråvatten}} [^{\circ}\text{C}]$	Q [kWh/dygn]	Q [kWh/år]
5	233	85 167
10	467	170 333
15	700	255 500
20	933	340 667

Trots att värmeväxlingen från gråvattnet bara är en del av ett större värmeåtervinningssystem så är den viktig för verksamhetens värmesystem. Dels för att det rör sig om stora värmemängder, men även för att den kan leverera värme också på nattetid. Eftersom många av ventilationsaggregaten går på återluft under natten återvinns nämligen ingen värme därifrån under den tiden.

Även om värmeåtervinningslösningens precisa besparing är osäker så är man mycket nöjd med sin installation. Dels för att man utöver duschvattnet kan utnyttja värmen från de stora varma mängderna backspolningsvatten, vilket gör att man har tillräckliga mängder varmvatten för att värmeväxla från tanken dygnet runt.

4.2.5 Munktellbadet Eskilstuna

Information från intervju med Jorma Valjus, drifttekniker Munktellbadet Eskilstuna

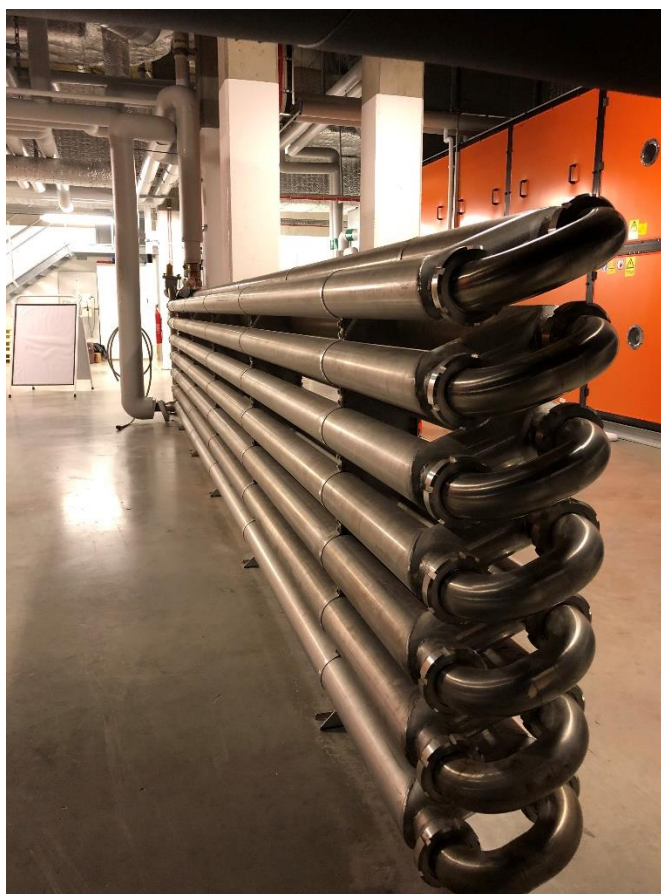
Bakgrund till installation

Munktellbadet är en nybyggd anläggning som slog upp dörrarna 2016, då som första badhuset i Sverige som klassades enligt Miljöbyggnad Guld. För att uppnå

detta och vara en så energieffektiv fastighet som möjligt krävdes att man försökte återvinna så mycket energi som möjligt, varför återvinning från spillvatten blev aktuellt.

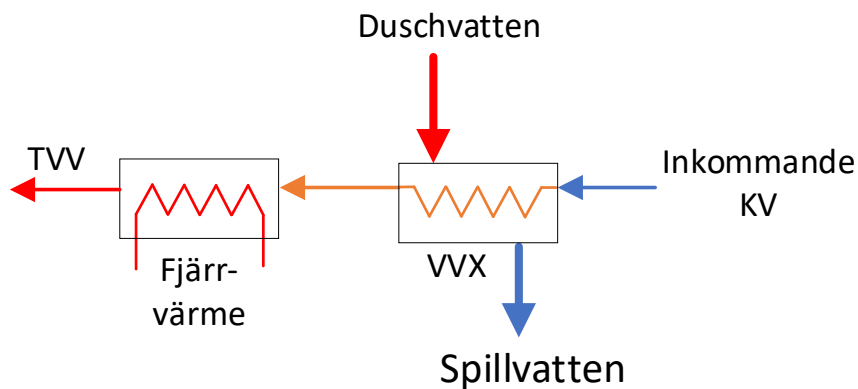
Systemlösning

På duschvattnets spillvattenledning sitter motströms dubbelrörs värmeväxlare från Isakssons monterad. Modellen heter Ekoflow 6:14 , vilket som tidigare nämnts innebär att det är en 6 meterlång lång horisontell värmeväxlare med 14 rörpassager. I Figur 17 visas en bild på värmeväxlaren, som var tillhandahållits från Jorma Valjus.



Figur 17 - Den aktuella värmeväxlaren på Munktellbadet

Denna värmeväxlare förvärmer inkommande kallvatten innan det spetsas med fjärrvärme och betjänar tappvarmvattensystemet i byggnaden, se Figur 18 på nästa sida.



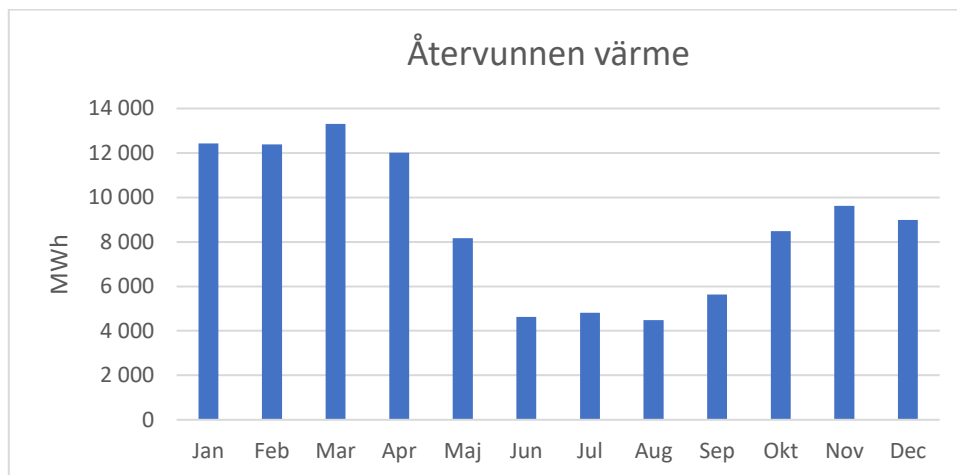
Figur 18 – Förenklad bild av värmeåtervinningslösningen på Munktellbadet

Drift/funktion

Systemet har varit i drift sedan badet öppnade 2016. Under 2017 hade man en period med lägre värmeåtervinning, men detta berodde på en felinställd ventil. Värmeväxlaren rengörs i regel en gång i veckan och det har inte varit några igensättningar. Driftteknikern är därmed nöjd med lösningen som helhet, både att den har fungerat bra utan några större komplikationer och att den levererar ungefär den energimängd man tänkt sig.

Energiåtervinning

Det finns en flödesmätare på inkommande kallvatten och även temperaturmätare på detta flöde innan och efter värmeväxlaren, vilket gör det möjligt att följa upp återvunnen energimängd. Däremot finns inga mätare på duschvattenflödet och det finns därmed ingen uppföljning på värmeväxlingens återvinningsgrad. Återvunnen energi under 2018 visas i Figur 19 nedan. 2017 var det sagt problem med en ventil, och under 2020 och 2021 har verksamheten, och därmed möjlig värmeåtervinning, varit starkt påverkad av covid-19. För 2019 har inte alla data kommit åt. Total återvanns 105 MWh värme under 2018. För att sätta det i relation till något så var total normalårskorrigerad fjärrvärmeanvändning detta år 3 620 MWh.



Figur 19 - Återvunnen värme med spillvattenvärmeväxlare på Munktellbadet under 2018

4.3 Rekommendationer

Även om intervjuerna varit relativt systemspecifika så har generella rekommendationer som kan appliceras brett uppkommit i samband med dom.

Typen av installationer har varierat från systemlösningar till mer situationsanpassade lösningar. För det senare alternativet har det beskrivits som ett av framgångsrecepten att ha en samlad kompetens från olika instanser som är lyhörda och samarbetar på ett bra sätt. En annan viktig aspekt är att som beslutsfattare ha mod att ta sig an sådana här större, tyvärr ännu relativt okonventionella, energiåtervinningsprojekt.

Vidare har det påpekats hur väsentligt det är att ha kontroll på vad ens spillvatten innehåller, för att veta hur väl en spillvattenvärmeåtervinning skulle fungera på ens verksamhet. Beroende på vad spillvattnet innehåller kan insatser behövas, som att förtydliga för de som bor eller jobbar i en fastighet vad som *inte* får spolas ned i avloppet eller att säkerställa att avlopp från restauranger har väl fungerande fettavskiljare. En av de intervjuade aktörerna vill även poängtera hur stor och viktig del styr- och reglertekniken är i ett sådant här system, inte minst om värmeåtervinning sker från flera andra källor än spillvatten samtidigt.

Har man mycket spillvatten ut från en fastighet tycker en intervjuad aktör att det borde vara lika självklart att återvinna värme från utgående vatten som från utgående luft. Bland samtliga finns en tillit till att värmeåtervinningslösningarna kan återvinna tillräckligt stor andel av utgående värme, men man måste ändå säkerställa att det finns tillräckliga mängder tillgängligt spillvatten för att lösningen som helhet ska bli lönsam.

5 Analys av energiåtervinningspotential

5.1 Nationell energiåtervinningspotential

Hur mycket energi som kan återvinnas ur spillvatten beror framförallt på hur mycket tappvarmvatten som förbrukas, vilket har en direkt koppling till hur stora volymer spillvatten det finns i fastigheten,. En simhall har exempelvis betydligt större volymer spillvatten än ett kontor. Vidare varierar värmeåtervinningsgraden stort mellan olika värmeåtervinningslösningar.

De lokalfastighetstyper som i tidigare studier [2] på ämnet har identifierats som största tappvarmvattenanvändare är vårdlokaler (både dygnet-runt-verksamhet och övrig), hotell och restauranger, idrottsanläggningar samt skolor. Därför görs här en bedömning av nationell energiåtervinningspotential för dessa. Lokalfastigheter som t.ex. endast innehåller kontor har vanligtvis för små volymer tappvarmvatten för att det ska vara lönsamt att återvinna energi från spillvattnet, varpå dessa inte inkluderas här.

Även energiåtervinningsgraden varierar som sagt stort, varpå två olika potentialer för två olika värmeåtervinningslösningar beräknas. Det är dels en s.k. passiv värmeväxlare som inte ackumulerar spillvattnet eller är kombinerat med något värmepump. Tyvärr tenderar passiva värmeväxlingslösningar att inte vara utrustade med kontinuerlig uppföljning på värmeåtervinningsgrad, vilket har varit fallet för de system som analyserats inom denna studie. De mätningar som gjorts på passiva värmeväxlare inom andra studier (som vidrördes i 3.1.4) varierar i både mättid och värmeåtervinningsgrad. Men med en samlad bild av alla dessa har här en genomsnittlig värmeåtervinningsgrad om 25% antagits.

Den andra typen av lösning som potential bedöms för är den med ackumulering av spillvatten och som nyttjar värmepump. Från erhållen data inom denna förstudie har dessa typer av lösningar visat sig inneha en värmeåtervinningsgrad på ca 90%. I Tabell 3 på nästa sida visas beräknad potential för dessa två fall för tidigare motiverade fastighetstyper.

Tabell 3 - Översikt över beräknad potential för olika typer av lokaler och värmeåtervinningslösningar

	Energi för TVV ³ [kWh/m ²]	A _{temp} ⁴ [milj. m ²]	Potential [GWh]	
			Passiv VVX (25% VÅV-grad)	VVX med ackumulering och VP (90 % VÅV-grad)
Flerbostadshus	25	219,2	1 370	4 932
Hotell och restauranger	18	6,9	31	112
Vård dygnet runt	18	17,9	81	290
Idrottsanläggningar	15	6,6	25	89
Skolor	10	37,8	95	340
Övrig vård	10	4,2	11	38
Summa			1 611	5 801

Det är tydligt att en lösning med ackumulering och värmepump har en högre återvinningsgrad och därmed även en högre total värmeåtervinningspotential. En nackdel med en värmepumpslösning är dock att den kräver ett tillskott av el, vilket behandlas i följande avsnitt.

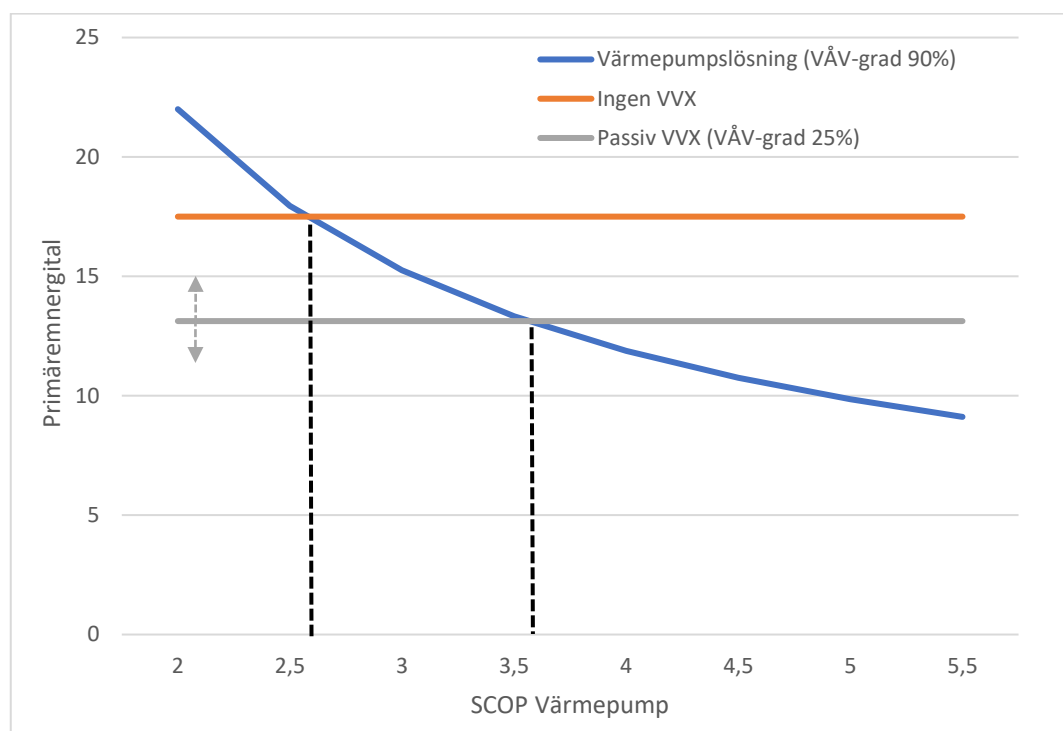
5.2 Energiåtervinningens påverkan på primärenergitalet

Det vanligaste fallet är att energiåtervinning från spillvatten ersätter en del av en fjärrvärmeanvändning. Då en värmepumpslösningen kräver tillförd el i storlek av värmepotentialen dividerat med ett SCOP, och el har en viktningsfaktor på 1,8 och fjärrvärmen har en viktningsfaktor på 0,7 vid beräkning av primärenergital, så kan en värmepumpslösning eventuellt få en negativ inverkan på fastighetens primärenergital.

³ Enligt Svebys brukarindata för flerbostadshus och skolor, övriga är beräknade från Energimyndighetens uppföljning av total mängd vattenanvändning med antagande om 30% varmvatten för idrottsanläggningar och övrig vård samt 35% varmvatten för hotell och restaurang och för vård dygnet runt

⁴ Enligt Energimyndighetens uppföljning av A_{temp} för flerbostadshus och lokaler, för skolor är högskolor subtraherade enligt uppföljning av dess yta på uka.se

Huruvida en lösning med värmepump blir fördelaktig för primärenergitalet eller inte beror på värmepumpens SCOP. Därför utförs här en analys av vilka SCOP som krävs för att en värmeåtervinningslösning med värmepump ska sänka ett primärenergital och inte tvärtom. För denna analys antas ett fall med tappvarmvatten om 25 kWh/m². Vidare används samma basfall som tidigare; en värmepumpslösning med värmeåtervinningsgrad på 90% och en passiv värmeväxlare med värmeåtervinningsgrad på 25%. Dessa två jämförs även med primärenergitalet för tappvarmvatten med ingen värmeåtervinning från spillvatten alls, det vill säga att samtliga 25 kWh/m² tappvarmvatten värms upp med fjärrvärme. I Figur 20 visas hur en värmepumpslösningens primärenergital varierar med SCOP och samtidigt jämförs med motsvarande primärenergital för ingen värmeåtervinning alls eller en passiv värmeväxlingslösning.



Figur 20 – Jämförelse av primärenergital

Detta visar att det ur ett primärenergitalsperspektiv behövs ett SCOP på minst 2,6 vid jämförelse mot ingen värmeåtervinning alls och minst 3,6 vid jämförelse mot detta exempel med passiv värmeväxlare med värmeåtervinningsgrad 25%, vid ersättande av fjärrvärmeuppvärmning. Den grå linjen som representerar den passiva värmeväxlaren skulle förflyttas uppåt längs med y-axeln vid en sämre värmeåtervinningsgrad och på samma sätt nedåt vid en bättre värmeåtervinningsgrad. Därmed skulle den grå linjen skära den blå vid ett högre SCOP vid en förbättrad värmeåtervinningsgrad för den passiva värmeväxlaren och då kräva ett högre SCOP av värmepumpslösningen för att bli utkonkurrerad ur ett primärenergitalsperspektiv.

Det ska därför poängteras att den passiva värmeväxlaren bara är ett fiktivt exempel för att visa att det SCOP som krävs av värmepumpslösningen för att vara

fördelaktig ur primärenergitalssynpunkt varierar om det jämförs mot ingen värmeåtervinning alls eller mot en annan värmeåtervinningslösning, och i så fall även dess värmeåtervinningsgrad. Därmed bör mer vikt här läggas på siffran 2,6 än 3,6.

6 Diskussion och slutsatser

Baserat på mätdata och energiuppföljning så har det visats att det är möjligt att återvinna i princip all den värme som tillförs spillvatten i en fastighet. Det kan dock vara utmanande att hitta avsättning för den all återvunna värmen då den finns tillgänglig. Ackumulering av spillvatten ökar chansen att ta tillvara på all värme, men även ackumuleringstankar har begränsade volymer att lagervärma varmt spillvatten med.

Att avloppsreningsverken inte tillåter kylning på spillvattnet under inkommande temperatur är ett faktum. Men att skicka tillbaka spillvatten vid samma temperatur som man får det ger möjligheten att återvinna all den energi som tillförts vattnet i fastigheten, vilket är en tillräcklig mängd värme för att överväga att återvinna den.

För att erhålla god driftsekonomi är det viktigt att det finns tillräckliga volymer spillvatten att återvinna värme ifrån. För t.ex. mindre flerbostadshus med mindre volymer spillvatten kan det därför vara fördelaktigt att om möjligt samla spillvatten från flera fastigheter till en och samma energiåtervinningslösning. En annan positiv inverkan energiåtervinning från spillvatten kan bidra med för driftsekonomi är dess förmåga att lindra värmesystemets effektbelastning. Genom att återvinna värme när det är som kallast ute och värmebehovet är som störst, så minskas den effekt som behövs från fjärrvärmesystemet, vilket i sin tur minskar effektdelen på fjärrvärmepriset. Utöver den direkta vinsten med minskade driftskostnader ökar detta följaktligen även fastighetsvärdet. Det är även relaterat till detta som lönsamhetsaspekten blir något komplicerad. Ska lönsamheten endast räknas på investeringar och direkta årliga besparingar av driftskostnader, eller ska ett ökat fastighetsvärde beräknas och inkluderas?

Det ska inte bortses från att flöden av spillvatten varierar stort över dygnet. T.ex. genereras stora mängder varmt vatten från flerbostadshus under morgon och kväll, då många duschar och hushållsmaskiner är i drift. För att effektivt kunna återvinna en stor mängd av dessa intermittenta energimängder finns det en fördel i att ackumulera spillvattnet i någon typ av tank. Detta möjliggör även installation av värmepump till lösningen, då de behöver arbeta mot en någorlunda stadig temperatur på värmekälla. En nackdel med denna typ av lösning är dock att det kräver en relativt omfattande installation som behöver en större yta än de enklare värmeväxlingsalternativ.

Inkludering av värmepump i en energiåtervinningslösning kräver även en viss mängd extra tillförd el, vilket påverkar primärenergitalet. Jämförelsen mellan energiåtervinningspotential och primärenergital visade att en lösning innehållande värmepump måste ha ett SCOP på minst 2,6 för att inte försämra primärenergitalet relativt att inte återvinna värme från spillvatten alls. Om det däremot ska jämföras mot en annan värmeåtervinningslösning varierar gränsen för SCOP med avseende på om primärenergitalet försämras eller förbättras. I det exemplet som visades i denna förstudie (passiv värmeväxlare med

värmeåtervinningsgrad 25%) krävdes det då ett SCOP på 3,6. Detta är ett SCOP-krav som de studerade lösningarna i förstudien av denna typ klarar av, men det är viktigt att det följs upp.

Det råder inga tvivel om att det finns betydande mängder energi i spillvatten som kan återvinnas. Enligt analysen av den nationella energiåtervinningspotentialen rör det sig om totalt upp mot 6 000 GWh per år, med 90% värmeåtervinningsgrad. Det är relaterat till flerbostadshusen som det finns absolut störst total potential, främst på grund av denna kategoris stora totala uppvärmda area. Men som nämnts ovan är det väsentligt att det finns tillräckligt med spillvatten samlat för att en installation av energiåtervinning ska kunna vara lönsam.

7 Rekommendation om framtida projekt

Trots att medvetenheten om energiåtervinning från spillvatten ökar så finns det fortfarande mycket kvar att utreda på ämnet.

Ett område som det fortfarande ofta saknas underlag på är mätning och uppföljning av värmeåtervinningsgrad, främst för passiva värmeväxlare. Det finns leverantörer som säger att deras passiva värmeväxlare har värmeåtervinningsgrader på upp mot 70%, vilket skulle ge ett stort utslag på den nationella värmeåtervinningspotentialen om man räknade med. Men i dagsläget finns det främst mätningar utförda under kortare perioder som visar väldigt olika resultat. Det hade varit gynnsamt med fler studier där värmeåtervinningsgraden för framförallt passiva värmeväxlare mäts under en längre tidsperiod och utreds grundligt.

En del av denna förstudie har jämfört passiva värmeväxlare med värmeväxlare kombinerat med värmepump. Det förekommer dock energiåtervinningslösningar där det ena inte utesluter det andra, utan att det är möjligt att välja huruvida systemet ska arbeta som en passiv värmeväxlare eller tillsammans med en värmepump. Det finns betydande fördelar om man kunde välja bort värmepumpsdriften under effekttoppar i elnätet och vid perioder med höga elpriser. Detta är därmed en typ av lösning som det hade varit intressant att utvärdera närmare. Både att utreda dess funktion och energiprestanda samt hur upphandlingen av en sådan här lösning ser ut.

En energiåtervinningslösningens lönsamhet varierar som tidigare nämnt stort beroende på en rad olika faktorer som ofta är situationsspecifika. Det beror även på hur man räknar och vilka delar man inkluderar eller inte. En framtida studie hade kunnat vara att utreda lönsamhetsperspektivet lite närmare, både ur fastighetsägarens och samhällets perspektiv.

Ett annat område där det finns utrymme för vidare studier är att utreda hur all spillvattnets värme kan utnyttjas även under den mildare delen av året, då det är vanligt att det inte finns full avsättning för spillvattnets värme under denna tid. En möjlig lösning att titta på kan t.ex. vara om fastigheten kan dela med sig av den återvunna värmen till närliggande fastigheter, för att exempelvis kunna täcka även dessa fastigheters helårstäckande värmebehov för tappvarmvatten och VVC-förluster.

8 Referenser

- [1] R. Jonsson, "Värmeåtervinningssystem för spillvatten i flerbostadshus," 2020.
- [2] M. Haegermark och J. Termens, "Utveckling av avloppsvarmeväxlare för lokalfastigheter," 2020.
- [3] A. Nykvist, "Värmeåtervinningssystem för spillvatten i flerbostadshus," 2012.
- [4] R. Jonsson, "VVS Forum," 2020. [Online]. Available: <https://www.vvsforum.se/2020/09/ska-jag-rekommendera-avloppsvarmevaxlare-till-kunderna/>.
- [5] J. Wallin, "Utökad studie av effektivitet värmeväxlare avloppsåtervinning," 2017.
- [6] A. Karlsson och H. Karlsson, "Värmeåtervinning från spillvatten i flerbostadshus," 2020.
- [7] A. Hurlov, "Värmeåtervinning med spillvatten i flerbostadshus," 2019.
- [8] R. Jonsson, "Värmeåtervinningssystem för spillvatten i flerbostadshus - Testkörning Recycling Pipe," 2021.
- [9] "Isakssons," Februari 2019. [Online]. Available: <https://isakssons.com/ekoflow-blir-en-del-av-brf-promenaden/>.
- [10] "evertherm.se," 2021. [Online]. Available: <https://www.evertherm.se/losningar/atervinning-av-varme-i-spillvatten>.

[11] "Referensprojekt Kronobergsbadet," 2021. [Online]. Available:
<https://www.consat.se/wp-content/uploads/2018/08/Referensprojekt-Kronobergsbadet.pdf>.

LÅGAN (program för byggnader med mycket LÅG energiANvändning) är ett samarbete mellan Energimyndigheten, Boverket, Byggföretagen, Västra Götalandsregionen, Formas, byggherrar, entreprenörer och konsulter med syfte att öka byggtakten av lågenergibygnader.

www.laganbygg.se