



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Institutionen för energi och teknik

Ett självförsörjande utomhusbad

A selfsufficient outdoor swimming pool

Mårten Dahlberg Rosell, Emil Eriksson, Erik Jonasson,
Clara Knudsen, Theodorik Leao, Kooscha-Kevin Rahimi Ata,
Erik Strandler och Eric Widéen

Kandidatuppsats i teknik

Civilingenjörsprogrammet i energisystem

Examensarbete 2017:06
ISSN 1654-9392
Uppsala 2017

Ett självförsörjande utomhusbad

A selfsufficient outdoor swimming pool

Mårten Dahlberg Rosell, Emil Eriksson, Erik Jonasson, Clara Knudsen, Theodorik Leao, Kooscha-Kevin Rahimi Ata, Erik Strandler och Eric Widéen

Handledare: Sven Smårs, institutionen för energi och teknik, SLU

Examinator: David Ljungberg, institutionen för energi och teknik, SLU

Omfattning: 15 hp

Nivå, fördjupning och ämne: Grundnivå, G2E, teknik

Kurstitel: Självständigt arbete i energisystem

Kurskod: EX0759

Program/utbildning: Civilingenjörsprogrammet i energisystem 300 hp

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2017

Serietitel: Examensarbete (Institutionen för energi och teknik, SLU)

Delnummer i serien: 2017:06

ISSN: 1654-9392

Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: energi, solfångare, solceller, pool, elkraft, värme, värmepump

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap
Institutionen för energi och teknik

Abstract

The municipal outdoor swimming pools of Balingebadet, situated in Balinge north of Uppsala, is today mostly heated by electric heating, and an insufficient solar heating system. Balingebadet is managed by Sportfastigheter AB, which in turn is owned by Uppsala municipality. Today the facility is plagued by expensive energy costs related to heating of tap-water, pool water and off-season facility heating. Through accumulation of data, simulations and scoping the available market, the paper investigates the needs and alternatives for Balingebadet. The report provides suggestions in three stages which all correlate to different degrees of lowered energy costs. As a result two solutions are presented. One solution which focuses on the first two stages, combining expanded use of solar heating, the introduction of a heat pump as well as various measures to improve the energy efficiency of the facility. The second solution and third stage expands on the previous stages and introduces photo voltaic-cells that match the new, lowered, electrical power need. Both solutions bring economical and environmental benefits with relatively short payback periods and a reduced electricity consumption of up to 70 %.

Ordförteckning

- Polyetenrör – Solfångare som idag förser poolen med varmvatten.
- Servicerum – Komponentrummet innehållande pumpar, elpanna, ackumulatortankar osv.
- Tappvarmvatten – Varmvatten till kranar och duschar.
- Kavitationstryck – Begrepp som förekommer i relation till pumpar, då trycket innan pumpen når förgasningstrycket för mediet. Kan leda till mekaniska skador.
- COP – Coefficient of Performance eller värmefaktor, används för att ange vilken termisk effekt man kan utvinna hos en värmepump.
- Börvärde – Det paramentervärde som en komponent vid ideala förhållanden borde jobba vid, då fungerar komponenten mest effektivt.
- Bicirkulation – En cirkulationsslinga som leds av från huvudledningen och återförenas vid ett senare stadie.
- Backspolning – Process som används för att rengöra filtersystem i poolanläggningar. Vatten pumpas i motsatt riktning genom filter och ut i avloppet.
- Matlab – Beräkningsprogram som används till rapportens samtliga beräkningar.
- Simulink – Simuleringsprogram som används till delar av rapportens simulerade resultat.
- T*sol – Simuleringsprogram utgivet av Valentin Software som använder färdiga system för vattenuppvärmning med solfångare.

Figurer

1	Sektionsindelning	5
2	Schema över poolvattensystemet	5
3	Schema över tappvattensystemet	6
4	Elförbrukning 2015	6
5	Relativa poolförluster	7
6	Förslag flödesschema	9
7	Jämförelse av placering och typ av poolsofångare för sektion 1. .	11
8	Skillnad i installerad effekt . . .	12
9	Beräknad kostnad per installerad kW	12
10	Placering av vakuumsolfångare och solmattor	13
11	Elförbrukningen för olika komponenter före- och efter energiatgärder.	14

Innehåll

1	Inledning	4
1.1	Bakgrund	4
1.2	Syfte och frågeställning	4
1.3	Avgränsningar	4
1.4	Metod	4
2	Kartläggning	5
2.1	Kort om anläggningen	5
2.2	Pooluppvärmning	5
2.3	Tappvarmvatten	6
2.4	Energikartläggning	6
3	Resultat	7
3.1	Problemområden	7
3.2	Förbättringsförslag i etapper	8
3.2.1	Etapp 1 – Energieffektivisering	8
3.2.2	Etapp 2 – Ombyggnation	11
3.2.3	Lösningförslag från etapp 1 & 2	13
3.2.4	Etapp 3 – Självförsörjande	15
4	Slutsats	15
5	Diskussion	16

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Civilingenjörsutbildningen inom Energisystem är en utbildning som ges på Uppsala Universitet samt Sveriges Lantbruksuniversitet. Under tredje året på utbildningen ges kursen *Självständigt arbete inom Energisystem*, som ingår i kravet för studenternas teknologie kandidatexamen.

Följande rapport har skrivits av 8 studenter och den sammanfattar en analys som utförts på uppdrag av STUNS Energi, i nära samarbete med Sportfastigheter AB.

Det kommunalägda företaget Sportfastigheter AB förvaltar flertalet idrotts- och aktivitetsanläggningar, och har utifrån dessa anläggningar identifierat frågeställningar som lämpar sig som studentprojekt.

Denna analys innefattar en utvärdering av möjliga energieffektiviseringsåtgärder på Bälunge utomhusbad, strax norr om Uppsala. Badet byggdes på 1970-talet och undergick ett förnyelsearbete av vattenuppvärmningssystemet i början på 2000-talet. Detta innefattade installering av solfångare och polyetenrör för uppvärmning av tappvarmvatten respektive poolvatten. Trots denna ombyggnation har badanläggningen fortfarande höga driftkostnader vilket ligger till grund för detta projekt.

1.2 Syfte och frågeställning

Det övergripande syftet, tillika målet, med projektet är att presentera en genomförbar lösning som innebär en förbättring mot den befintliga systemutformningen av Bälungebadets vattenuppvärmning. Initialt formulerades tre delmål som låg till grund för det fortsatta arbetet. Förbättringsåtgärderna ska vara genomförbara med en godtagbar återbetalningstid.

Delmål ett är att genom tekniska lösningar samt datasimuleringar presentera en åtgärdsplan för att energieffektivisera Bälungebadet. Delmålet har som huvudsyfte att fokusera på de åtgärder som kan tillämpas på det befintliga systemet.

Delmål två är att föra Bälungebadets energiförbrukning så nära självförsörjande som möjligt. Arbetet bygger på föregående delmål samt undersöker investeringar i nya systemkomponenter.

Delmål tre är att tillhandahålla lösningsförslag som kan göra Bälungebadet helt självförsörjande på energi.

1.3 Avgränsningar

Då projektarbetet potentiellt kan komma att genomföras vid ett tillfredställande resultat, har begränsningar dragits vid befintlig kommersiell teknik. Med avseende på parametrar vilka kan ha inverkan på energiförbrukningen har ytterligare avgränsningar gjorts; besöksantal, öppettider och energibehov är detsamma som föregående år. Självförsörjning definieras som att anläggningen har kapacitet att producera energi till samma kvantitet den förbrukar över ett år. Anläggningen är emellertid inte 'off-grid' och kan följaktligen producera överskott sommartid och inhandla elkraft vintertid.

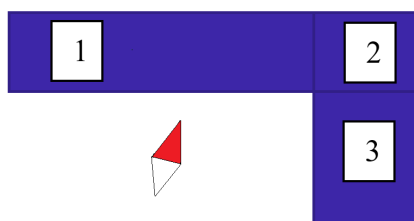
1.4 Metod

Arbetet baserades runt simuleringsarbete, beräkningar, studiebesök och litteraturstudier, vilka användes som utgångsmaterial vid diskussioner för att utarbeta ett lösningsförslag. Arbetet utfördes i olika etapper. Etapperna under arbetets gång bestod av *kunskapsinhämtning om ämnet, kartläggning, analys av kartläggning, effektiviseringsåtgärder, ombyggnation* och *introduktion av solpaneler*.

2 Kartläggning

2.1 Kort om anläggningen

Bälingebadet har en sammanlagd vattenvolym om ca 700 m^3 , fördelad på tre pooler. En större pool med måtten $25 \times 12\text{ m}^2$, en mellanstor pool om $12 \times 7\text{ m}^2$ samt en rund barnpool med diameter på 9 meter. Badanläggningen består av en inhägnad tomt med gräsytor, buskage och en byggnad med servicerum, omklädningsrum och kiosk.



Figur 1: Sektionsindelning

Byggnaden har en takareal på ca 450 m^2 . Gaveln på den största sektionen vetter mot väst-sydväst, se figur 1. Hustaket har en lutning om 6° åt vardera riktning (norr-syd, väst-öst). Enligt Bälingebadets hemsida är badet endast öppet vid bra väderförutsättningar.

2.2 Pooluppvärmning

Utomhusbadet i Bälinge styrs av två separata vattenflödessystem, ett system för poolvattnet samt ett system för tappvarmvattnet. I figur 2 finns schemat för poolvattensystemet. De svarta linjerna representerar rören där vattnet flödar mellan de olika delarna i systemet.

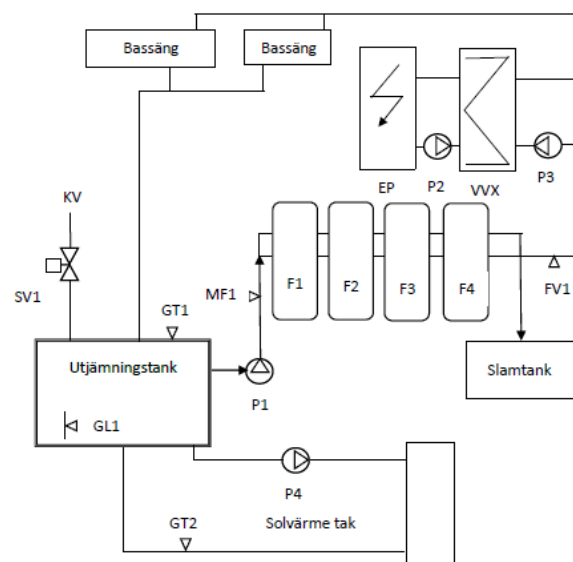
Huvudpumpen styr cirkulation så att denna vid drift är $94\text{ m}^3/\text{h}$, med backspolning vid rening eller avtappning vid underhåll. För att upprätthålla rätt vattenflöde genom rören är huvudpumpen utrustad med en flödesmätare som kontrollerar att driftflödet ej avviker mer än $15\text{ m}^3/\text{h}$ från börvärdet.

Före huvudpumpen finns en utjämnings-tank vars vattennivå mäts av en nivågivare. Denna är inställd på så sätt att när utjämningsstankens vattendjup underskrider angiven nivå startar färskvattenpåfyllningen i

tanken, så att det alltid är tillräckligt med vatten i systemet. Påfyllnadsvattnet värms inte före det tappas ut i utjämningsstanken.

I utjämningsstanken sitter även en temperaturmätare som har ett inställningsvärde på $25\text{ }^\circ\text{C}$ och larmar då temperaturen är $2\text{ }^\circ\text{C}$ lägre än $25\text{ }^\circ\text{C}$. Vid denna temperaturavvikelse startas cirkulationen till polyetenrören på hustaket för uppvärmning. Uppvärmningseffekten från dessa polyetenrör beror på väderförhållanden och varierar således.

Vattentemperaturen efter polyetenrören mäts av en temperaturmätare. Då solmattorna inte lyckas leverera vatten på över $24,5\text{ }^\circ\text{C}$ så startar även uppvärmning av vattnet vid elpannan. Då temperaturen på utflödande vatten från polyetenrören underskrider $23\text{ }^\circ\text{C}$ stängs cirkulationen till taket av.



Figur 2: Schema över poolvattensystemet

Elpannan värmer upp ett arbetsmedium som växlar av sin värme till det cirkulerade poolvattnet. Arbetsmediumet cirkulerar mellan elpannan och värmeväxlaren med hjälp av en intern pump. Rörledningarna mellan elpannan och värmeväxlaren är oisolerade. Poolvattnet pumpas igenom värmeväxlaren med hjälp av en annan pump. Denna pump går automatiskt igång samtidigt som huvudpumpen vid vanlig drift, oavsett om elpannan levererar effekt eller inte.

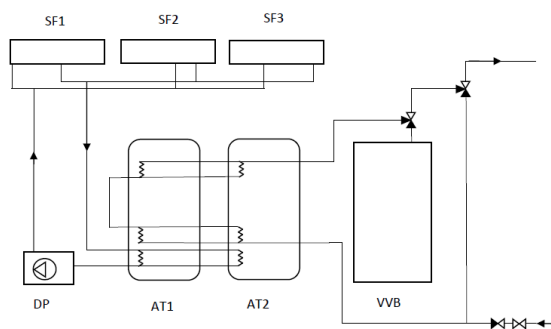
När vattnet passerat värmeväxlaren delas

det upp i två separata utflöden. Ett utflöde går till de två större poolerna och ett annat utflöde går endast till barnpoolen.

2.3 Tappvarmvatten

Ritningen för tappvarmvattensystemet finns i figur 3. Varmvattnet värms upp av tre stycken solfångare på hustaket, denoterade Sf1-Sf3 i figur 3, samt av varmvattenberedare, denoterad VVB. Solfångarna har varsin absorptionsarea på cirka 6,66 m² (Eriksson, Knudsen m. fl. 2017) samt en volym i expansionskärnen på 2,4 liter per styck. Börvärdestrycket i kretsen är cirka 4 bar. Trycket samt uppvärmningseffekten är väder- och temperaturberoende.

Solvärmeväggen cirkulerar i solfångarna och ned i två stycken 750 liters-ackumulatortankar i servicerummet. I tankarna växlas värmen till ackumulatortankarnas arbetsmedium. Efter värmeväxling pumpas solvärmeväggen till solfångarna igen med hjälp av pumpen i driftpaketet, DP i figur 3.



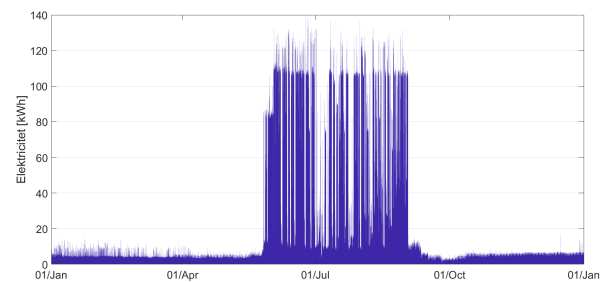
Figur 3: Schema över tappvarmvattensystemet

När tappvarmvattnet från ackumulatortankarna är mindre än 45 °C, eftervärms vattnet i en 300 liters varmvattenberedare, denoterad VVB i figur 3. Varmvattenberedaren drivs av en intern elpatron på 6 kW. Vid de fall då tappvarmvattnet från ackumulatortankarna överskrider 45 °C så avleder en styrventil vattnet så att det kan användas direkt utan att behöva värmas i varmvattenberedaren.

2.4 Energikartläggning

Badets elförbrukning kan reduceras ned till 5 komponentgrupper: elpanna, pumpar, bastu, element och varmvattenberedare.

Till grund för approximering av storleken på förbrukningen från dessa komponenter ligger en detaljerad elräkning från 2015. Denna elräkning presenteras i figur 4. Det framgår tydligt från grafen att elförbrukningen är som störst på sommaren, för att sedan ligga på en jämn nivå resterande delen av året.



Figur 4: Elförbrukning 2015

I tabell 1 presenteras den approximativt beräknade elförbrukningen från respektive komponent. I samma tabell finns även den tillförda energin från systemets solenergi-anläggning (Eriksson, Leao m. fl. 2017; Eriksson, Knudsen m. fl. 2017; Jonasson m. fl. 2017).

Tabell 1: Energi 2015

Komponent	kWh/år
Elpanna	128 995
Pumpar	15 577
Bastu	12 880
Element	48 136
Varmvattenberedare	13 248
Energiförbrukning tot.	218 836
Polyetenrör	31 897
Solfångare	3 087
Energiproduktion tot.	34 984

Energibehov pool

För att granska poolernas energibehov har förluster beräknats och jämförts med den tillförda energin från elpannan samt polyetenrören (Dahlberg, Knudsen m. fl. 2017).

Två källor till uppvärmning av poolen finns. Största källan är elpannan som leverer-

rade cirka 129 000 kWh 2015. Uppvärmning sker även via polyetenrören som värms av solenergi. Cirka 32 000 kWh solenergi tillfördes poolen samma år. Sammanlagt tillfördes alltså cirka 160 000 kWh till poolen 2015.

Uppvärmningbehov

Under vinterhalvåret har anläggningen en underhållstemperatur på ca 10°C. Denna värme fås från uppvärmning med elektriska element. Den totala elförbrukningen från dessa element presenteras i tabell 1. Förbrukningen under vinterhalvåret kan delas in i två sektioner: Omklädningsrum och servicerum. Omklädningsrummen står för cirka 77 % av denna förbrukning (Eriksson, Leao m. fl. 2017).

Energibehov tappvarmvatten

Information kring både varmvattenförbrukning och antalet besökare på badet saknas. Detta gör exakta beräkningar av energibehovet för tappvarmvatten problematiskt att beräkna.

Tabell 2 presenterar beräkningar på behovet beroende av snittantalet besökare. Dessa siffror är högst approximativa, och bygger på en flertalet antaganden kring, bland annat, vattenförbrukning, duschlängd, antal duschar per person (Eriksson, Leao m. fl. 2017).

Tabell 2: Energibehov tappvattenuppvärmning

Besökare i snitt [st/dag]	Energibehov [kWh/år]
25	3 700
50	7 300
75	11 000
100	14 700
125	18 000

3 Resultat

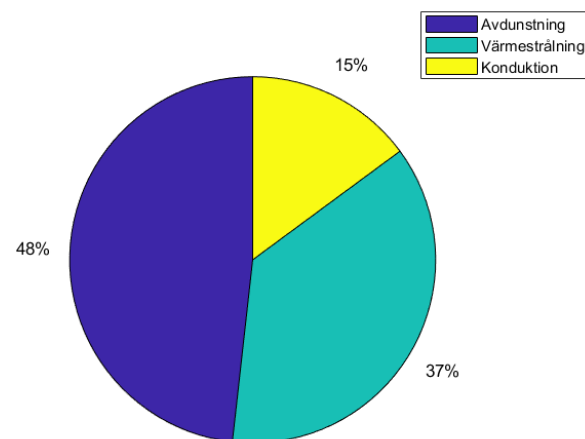
Resultaten av analysen presenteras i tre delar. Initialt redogörs de områden vilka identifierades som problematiska. I enlighet med detta återges samtliga utredda åtgärdsförslag och slutligen presenteras ett aggregerat lösningsförslag.

3.1 Problemområden

Analysen av problemområden baseras på det tidigare arbetet med kartläggningen av anläggningen. Från energikartläggningen går det att utläsa några tydliga problemområden: *Användning av pooltäcke, uppvärmning under vinterhalvåret, varmvattenproduktion, elpannans elförbrukning samt systemstyrning.*

Användning av pooltäcke

Ett förändrat beteende vad det gäller användningen av pooltäcke är ett område där kartläggningen belyst en stor förbättringspotential. Kartläggningen över 2015 visar på en stor variation av elförbrukning mellan olika nätter. Denna variation antas bero på bristande kontinuitet i användandet av pooltäcke. Beräkningar visar att upp till 18 % av elförbrukningen nattetid hade kunnat sparats 2015 om pooltäcke använts varje natt (Eriksson, Leao m. fl. 2017). Den största delen av dessa förluster från poolen kommer från avdunstningen, vilket kan ses i figur 5.



Figur 5: Relativa poolförluster

Uppvärmning under vinterhalvåret

Under 2015 förbrukade anläggningens elektriska element cirka 48 000 kWh, med andra ord cirka 22 % av anläggningens totala elförbrukning (Eriksson, Leao m. fl. 2017). Genom undersökning av uppvärmningsbehovet under vinterhalvåret antas denna förbrukning med hög sannolikhet kunna minskas.

Varmvattenproduktion

Varmvattenberedarens elförbrukning stod för cirka 13 000 kWh år 2015, vilket är 6 % av den totala elförbrukningen samma år. Vidare visar energikartläggningen att de plana solfångarna levererade uppskattningsvis 3 000 kWh. Genom att undersöka möjligheterna till en ombyggnation av solvärmesystemet till tappvarmvattenproduktion antas en övervägande del solenergi kunna tillgodose detta energibehov (Eriksson, Knudsen m. fl. 2017).

Elpannans elförbrukning

Elpannan är anläggningens i särklass största elförbrukare. En analys av dess potentiella energieffektivisering är således avgörande för att minska anläggningens elförbrukning. Genom analysen undersöks möjligheterna av ett ökat energitillskott till poolen från solenergi samt eventuellt byte av elpannan mot någon annan motsvarande komponent. Elpannans höga förbrukning kan även vara ett symptom på att den installerade värmeväxlaren inte fungerar som den ska. Denna bör på motsvarande sätt undersökas i syfte att minska elpannans elförbrukning (Eriksson, Leao m. fl. 2017).

Systemstyrning

Genom att analysera anläggningens olika systemuppbyggnader antas anläggningens totala elförbrukning kunna minskas. Detta genom beräkningar av hur olika förändringar av systemutformningen ändrar energiförbrukningen. Under problemområdet finns inga konkreta siffror att ta med i beräkningen, följden blir en mer generell analys (Eriksson och Ata 2017).

3.2 Förbättringsförslag i etapper

Projektets syfte är att först och främst ta fram åtgärder för att minimera anläggningens energikostnader. Därefter är en lösning för en självförsörjande anläggning intressant. Med detta i åtanke har arbetet fördelats i etapper vilka motsvarar olika stora steg mot minskade energikostnader. Till en början undersöks det befintliga systemet och potentiella energieffektiviseringsåtgärder. Fortsättningsvis han-

teras större ingrepp vilka kräver viss ombyggnation, och slutligen presenteras åtgärder vilka syftar att göra badet självförsörjande.

3.2.1 Etapp 1 – Energieffektivisering

Begränsning av poolförluster

Ett problemområde som identifierats är att pooltäckets på de två stora bassängerna idag inte används i den utsträckning som behövs, samt att varken barnpoolen eller trappområdet på den största poolen inte täcks alls. Baserat på elförbrukningsdata från 2015 kan elförbrukningen under sommaren minskas med ca 18 % genom att täcka de stora bassängerna varje natt (Eriksson, Leao m. fl. 2017; Knudsen och Widéen 2017).

Den runda barnpoolen på Bälungebadet har en stor diameter och runda pooltäckets i den storleken finns inte som standardmodell. Detta innebär att det eventuellt måste specialtillverkas. Ett specialtillverkat runt solfoliepooltäckets med diameter 9 meter kostar cirka 13 000 - 14 000 kronor. Ett alternativ till detta kan vara att själv tillverka ett runt pooltäckets av två kvadratiska bitar solfolie. Denna lösning skulle uppskattningsvis kosta cirka 10 000 kronor exklusive kostnaden för egenarbetet. Ett kvadratisk pooltäckets tillräckligt stort för att täcka hela poolen kostar även den ca 10 000 kr. (Poolstore 2017).

Solfolie är en lösning för att täcka den stora poolens trappområde. Detta skulle kosta cirka 4 000 kronor. Att täcka all yta som i dagsläget inte täcks skulle således kosta totalt mellan 14 000 - 18 000 kronor beroende på vilken lösning som väljs för täckning av barnpoolen (Plastman 2017). Med investeringskostnaden 18 000 kronor och ett uppskattat elpris på 1 kronor/kWh fås en återbetalningsperiod på drygt 3 år.

Vilken typ av heltäckande pooltäckets som används spelar försvinnande liten roll i hur stor energibesparingen blir, det viktiga är att den täcker hela poolen, och att den faktiskt används varje natt (Muleta 2017). Således är det rimligare att titta på pris och hållbarhet när nytt pooltäckets ska införskaffas. Det är rimligt att anta att avdunsningsförlusterna inte

är det enda som åtgärdas med pooltäck. Detta valideras även av US Gov (Energy 2016), att förlusterna även ligger i att mindre pumparbete behövs då poolen inte blir lika smutsig.

Inflöde av kallvatten

I dagens systemutformning leds poolvatten upp från utjämningsstanken till polyetenrören med en uppskattad temperatur på 23 °C. Samtidigt sker en kontinuerlig påfyllnad av färskvatten till poolen. I tabell 3 presenteras anläggningens totala vattenförbrukning under somrarna år 2015 samt 2016. Denna vattenförbrukning representerar både inflödet till poolen och den sanitära vattenförbrukningen.

Tabell 3: Inflöde av kallvatten

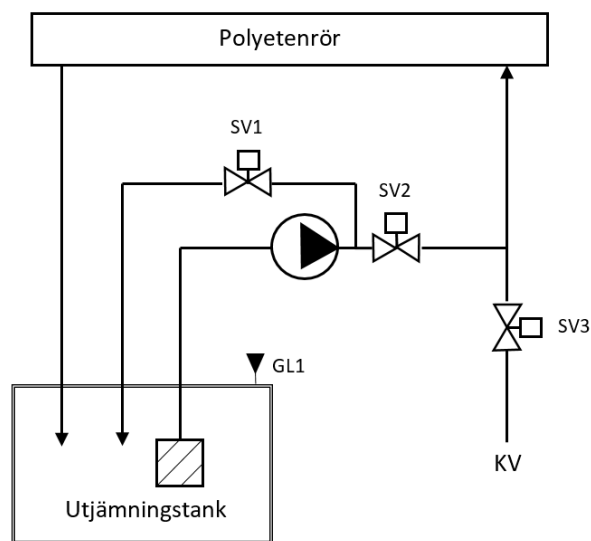
Sommar	Totalt [m ³]	Medel [m ³ /dygn]	Max [m ³ /dygn]
2015	1102	12,3	49
2016	1687	18,7	67

Genom att låta kallvattnet flöda direkt genom polyetenrören, istället för in i utjämningsstanken, finns en teoretisk termodynamisk potential till ett ökat energiutbyte från dessa. Detta på grund av att temperaturgradienten mellan polyetenrörens utsida och insida ökar, och energiflödet ökar linjärt med denna, se ekvation 1. Ekvationen beskriver hur energiflödet beror av värmegenomgångskoefficienten (k), rörens area (A), temperaturgradienten (dT) och rörens tjocklek (s).

$$q = \frac{k \cdot A \cdot dT}{s} \quad (1)$$

Beräkningar har gjorts för att analysera hur stor den förmodade förändringspotentialen egentligen är. Resultaten visar att en större andel kallvatten igenom polyetenrören medför en ökad energiöverföring genom väggarna. Detta bekräftar teorin som säger: att genom att sänka temperaturen på det inflödande vattnet genom polyetenrören kan ett högre energiutbyte uppnås. Förslaget innebär en enkel lösning av kallvattenregleringen, vilken presenteras i figur 6. När systemet behöver påfyllnad av vatten sker denna påfyllnad direkt genom polyetenrören. Kostnaden för förslaget beräknas till

25 000 kr, med en avbetalningstid på cirka 2 år (Eriksson och Ata 2017).



Figur 6: Förslag flödesschema

Systemstyrning av poolvatten

Poolvattencirkulationen har en installerad bicirkulation i vilken vatten lyfts upp med pump från utjämningsstanken till polyetenrören på taket. Under dagtid eller de tillfällen då temperaturskillnaden på utomhustemperaturen är högre än poolvattentemperaturen sker ett nyttigt värmeutbyte.

Under nattetid eller molniga dagar med låg temperatur har cirkulationen av poolvatten i polyetenrören en negativ effekt på energiutbytet, då de verkar som stora kylaggregat för poolvattnet. Här finns därmed ett behov av en regleringsåtgärd, ett sänkt flöde av poolvatten till taket under de tidpunkter då förutsättningarna inte är gynsamma.

Enligt jämförande beräkningar då poolvatten antingen cirkuleras oförändrat eller då cirkulering är avstängd uppskattades att energivinsten i att avbryta cirkulationen kan uppgå till 80 % (Dahlberg och Jonasson 2017).

Poolvattencirkulation

Cirkulationspumpen som upprätthåller flödet på 94 – 96 m³/h medför en energikostnad vilken eventuellt går att begränsa med reglering. En studie av de riktlinjer som finns för omsättningstid av poolvatten har

visat att en sådan inbesparing inte är rimlig. Folkhälsomyndigheten har i sina riktlinjer angett att en pool med god reningsförmåga håller en cirkulation om 2 m³/h och badande (Folkhälsomyndigheten 2006). Detta begränsar antalet badande vid bälingebadet till 47 – 48 badgäster per timme.

I konversation med förvaltare av Bälingebadet framgår att det tidvis kan vara fler besökare än så, vilket innebär att reningsförmågan eventuellt kan vara undermålig. En besparingsåtgärd i form av reglering av poolcirkulationen har därmed förkastats (Dahlberg och Jonasson 2017).

Pumpplacering

Pumpen som cirkulerar vatten över taket placerad på en relativt hög höjd i förhållande till vattenreservoaren. Risken för kavitation tilltar med ökad höjd på pumpen relativt reservoaren. Detta åtgärdas enkelt genom att placera pumpen på en lägre belägen plats.

Kavitationstrycket för vatten vid 25 °C är ungefär 0,032 bar, vilket motsvarar en ungefärlig sughöjd om 6 – 7 meter (Alvarez 2006). Placeringen av pumpen måste därmed delges en höjdskillnad om max 6 meter för att minimera risken för mekaniska skador på densamma. (Dahlberg och Jonasson 2017)

Fastighetsuppvärmning

Bälingebadets lokaler värms upp utanför säsong för att inomhustemperaturen inte ska understiga 7 °C. Underhållsvärmen förhindrar rör och armatur från att frostskadas, samt förhindrar att elektroniken som driver poolsystemet under säsong tar skada. Underhållsvärmen står för 22 % av den årliga elförbrukningen. Förutsatt att elementen i hela fastigheten arbetar lika mycket står uppvärmningen av omklädningsrummen för 37 000 kWh och servicerummet för 11 000 kWh (Leao 2017). Omklädningsrummen har ingen dyr eller känslig elektronik och komponenterna där kan med enkla åtgärder klara av vintern utan att förstöras.

I servicerummet krävs det däremot att temperaturen hålls över 7 °C året om för att både de mekaniska och elektroniska kom-

ponenter som finns där inte ska ta skada. Stängs värmen av i omklädningsrummen sparar Bälinge bad 37 000 kWh om året, vilket motsvarar ca 37 000 kr.

Om Bälingebadet inte underhållsvärmer omklädningsrummen utanför säsong, behöver de vidta vissa åtgärder för att förhindra att rör och avlopp frostskaas (Leao 2017). Dessa åtgärder kräver inga stora investeringar, utan handlar mest om fungerande rutiner och kommunikation. Om värmen stängs av i omklädningsrummen, måste någon värmevakt eller element installeras i de små rum där bastuaggregatet styrs ifrån. Dessa rum är små och kräver inte mycket energi för att värma upp.

Genom att stänga av värmen i omklädningsrummen utanför säsongen kan Bälingebadet sänka sin elförbrukning till 11 000 kWh/år för uppvärmning. Dessa 11 000 kWh som krävs för att ge en underhållsvärme till servicerummet skulle kunna genereras av en luft/luftvärmepump som endast skulle operera i syfte att värma upp servicerummet. Investeringskosten för en sådan pump ligger på ca 20 000 kr och har en återbetalningstid på cirka 3 år, då COP värdet för en värmepump i dessa förhållanden är uppskattat till 3 (Leao 2017). Med en luft/luftvärmepump som värmer upp servicerummet blir den årliga kostnaden för uppvärmning av lokalerna 3 700 kWh, vilket är en minskning med 44 300 kWh per år.

Övriga effektiviseringar

Det har identifierats en del enklare effektiviseringsåtgärder för badet: dessa är mindre ingrepp som kan genomföras för att minska energiförbrukningen på badet.

För att hålla solfångarna effektiva krävs det att de underhålls med jämna mellanrum, detta innefattar spolning av smutsiga solfångare samt beskärning av närliggande träd.

Blandare i både dusch och handfat kan effektiviseras på framförallt två områden: duscharna har idag så kallad tryckstart men kan även utrustas med låganvändningsmunstycken som kan minska tappvarmvattenförbrukningen från dessa med upp till 50 %. Handfaten har idag varken tryckstart eller låganvändningsmunstycken. Installation av

detta skulle minska varmvattenanvändningen (Strandler 2017).

3.2.2 Etapp 2 – Ombyggnation

Solmattor för pooluppvärmning

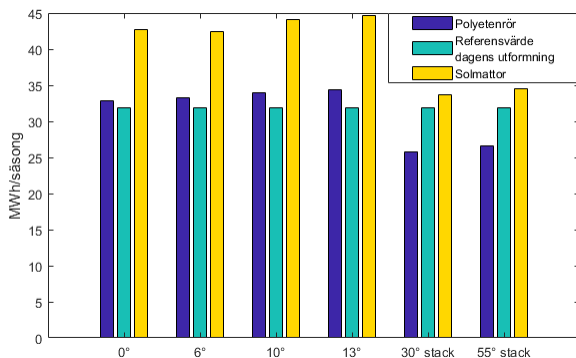
Sektionerna 1, 2 & 3 som presenterades i figur 1 har behandlats separat då förutsättningar för byggnation skiljer sig för dessa. Simuleringar i T*sol har visat att det finns stor förbättringspotential för poolvattenuppvärmning på taket (Jonasson m. fl. 2017).

Tabell 4: Potential för poololfångare på taket

Yta	Energipotential [kWh/säsong]
Sektion 1	44 712
Sektion 2	18 417
Sektion 3	20 343
Hela taket	83 472
Nuvarande	31 897

Som tabell 4 visar finns det alltså möjlighet att mer än fördubbla energitillskottet till poolvattenuppvärmning från taket. För maximal produktion krävs att en ställning byggs på sektion 1 & 2 som vinklar solmattorna 13° åt söder. För sektion 3 gäller att befintliga takvinklar på 6° åt öster och 6° åt väster används.

För att påvisa skillnader mellan vinklar och solfångartyper har sektion 1 undersökts djupgående, resultatet visas i figur 7. *Stack* i figuren syftar på att solmattorna placeras stående efter varandra.



Figur 7: Jämförelse av placering och typ av poololfångare för sektion 1.

Anledningen till att solmattor fungerar

bättre än de polyetenrör som används idag är att solmattor har finfördelade kanaler genom hela mattan. På så sätt används hela byggnadsarean effektivt. Polyetenrören har breda kanaler och mellanrum mellan varje rör. I mellanrummen mellan rören flödar inget vatten, och alltså kan inget vatten värmas upp på denna yta.

För att lämna plats att komma upp på taket för service och underhåll är det möjligt att låta sektion 2 vara obebyggd, och installera solmattor på sektion 1 och sektion 3. För att inte påverka solfångarna som sitter på norra sidan av sektion 1, är ett tänkbart alternativ att låta södra sidan av sektion 1 ha befintlig takvinkel, och bygga en ställning så att norra sidan av sektion 1 vinklas 0°. Sektion 1 skulle då leverera 33 040 kWh per säsong. Installeras solmattor med en sådan vinkel på sektion 1, och solmattor lagda på taket på sektion 3 resulterar det i en nettökning på ca 33 000 kWh/säsong. Investeringen återbetalar sig på ca 9-10 år.

Beräkningar gjordes även på möjligheten till självförsörjande pooluppvärmning. Det skulle krävas ytterligare 330 m² utöver taket för att värma upp poolvattnet endast med solmattor. Då antogs optimala vinklar på alla tre sektioner som sedan jämfördes med den tillförda pannenergin 2015. Resultatet återfinns i tabell 5.

Tabell 5: Ekonomi för solmattor på sektion 1+3, prisexempel från folkpool.se

	Pris
Solmattor sektion 1	194 700 kr
Solmattor sektion 3	102 800 kr
System	14 600 kr
Totalt	312 100 kr

Solfångare för tappvarmvatten

För att ta fram den mest optimala och prisvärda solenergiåtgärden till tappvarmvattnet undersöktes 5 utbyggnadsförslag. Alla dessa involverade olika uppställningar av solfångare på anläggningens takyta.

De olika förslagen presenteras i tabell 6 där alla komponenter är från Bälungebadets nuvarande installatör: Aquasol.

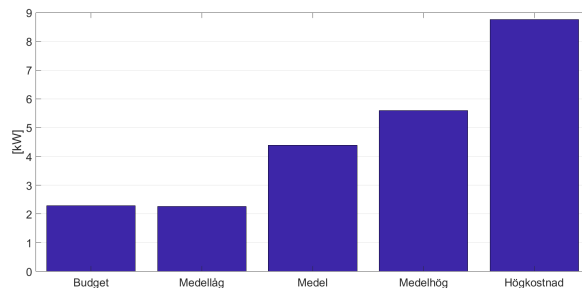
Förslag 1 är en utbyggnad av dagens system med plana solfångare. Förslag 2 och 3 innebär ett byte till vakuumsolfångare samt ett större effektuttag. Förslag 4 och 5 innebär, utöver vakuumsolfångare, en systemförändring vad det gäller ackumulatortankarna som ger systemet en högre soltäckningsgrad (Eriksson, Knudsen m. fl. 2017).

Byggarean är den fysiska ytan som solfångarna täcker på taket, dvs skuggningsytan är inte medräknad. Priserna för de olika förslagen är en summation av de individuella komponenterna och inkluderar inte installationskostnad och diverse ställningar som kommer att krävas vid faktisk installation av valt förslag. (Eriksson, Knudsen m. fl. 2017).

Tabell 6: Förslag på installationsalternativ

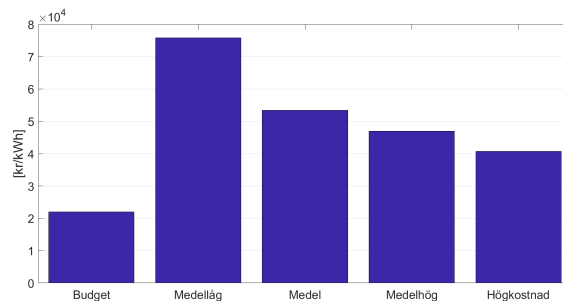
	Komponenter	Area [m ²]	Pris [kr]
1	1x Aquasol 750L 1x Big 10	11,04	50 450
2	1x Aquasol 750L 14x Zenit RF SP	57,12	171 150
3	2x Aquasol 750L 18x Zenit RF SP	73,44	234 300
4	3x Aquasol 1000L Plattvärmeväxlarsats 18x Zenit RF SP	73,44	263 350
5	4x Aquasol 1000L Plattvärmeväxlarsats 24x Zenit RF SP	97,92	357 200

För att avgöra vilket av dom tänkta lösningarna som är bäst har beräkningar på den möjliga effektutvinningen gjorts. Beräkningarna har gjorts på så sätt att alla förslagen har arbetat under samma förutsättningar, för att få en godtycklig jämförelse (Eriksson, Knudsen m. fl. 2017).



Figur 8: Skillnad i installerad effekt

Resultaten från beräkningarna presenteras i figur 8 där den presenterade effekten är skillnaden mot ett approximerat effektuttag av dagens system.



Figur 9: Beräknad kostnad per installerad kW

För vidare jämförelse har det approximerade effektuttaget ställts mot den kalkylerade installationskostnaden som presenteras i tabell 6. Detta resultat presenteras i figur 9.

Kompletterande pooluppvärmning

Det befintliga uppvärmningssystemet har visat sig kostsamt och sannolikt ineffektivt. Det finns flertalet olika åtgärder som kan utföras och dessutom flertalet tillvägagångsätt.

Den befintliga värmeväxlaren bedöms ha korrekta dimensioner (Dahlberg och Widéen 2017) men eventuellt besitta sämre prestanda än en modern sådan, då den befintliga är daterad till 1970. Förutsatt att behovet av en värmeväxlare består, är en investering i en modern sådan inte kostsam. Dock är avbetalningstiden svår att beräkna, eftersom prestandan på den befintliga förblir okänd. I valet av ny värmeväxlare finns det två huvudsakliga värmeväxlartyper att ta i beaktande. Valet står mellan *tub-* eller

plattvärmväxlare. Båda typer går att dimensionera efter värmeöverföringsbehov och har ungefär samma investeringskostnad. De skiljer sig enkom i flöde på sekundärsidan samt i hur skrymmande de är. I flödet på sekundärsidan tillåts ett större flöde av poolvatten med hjälp av en tubvärmväxlare. Däremot upptar plattvärmväxlaren betydligt mindre volym.

Ett större flöde poolvatten på sekundärsidan innebär att temperaturdifferensen hålls större, vilket kan vara fördelaktigt eftersom värmeöverföringshastigheten är större med större differens. En annan åtgärd för att minimera förlusterna i värmeöverföringen mellan elpanna och värmväxlaren är att isolera rörledningarna.

Införandet av en luft-vattenvärmepump är en ersättningsåtgärd som kan minska energikostnaden avsevärt. Den befintliga elpannan har, som tidigare nämnts, en effekt om 99 kW, där den värmer vatten med hjälp av värmeöverföring från elpatroner. En värmepump som verkar mellan två värmereservoarer introducerar COP konstanten, eller en värmefaktor vilken vanligtvis ligger inom intervallet 2 – 4. Vad detta innebär rent teoretiskt är att för varje kWh elkraft överförs 2 – 4 kWh värme. Installationen av en värmepump skulle därför kunna skära ner elkostnaden för uppvärmning med en faktor 2 – 4 beroende på rådande luftförhållanden.

Det finns vissa aspekter att ha i åtanke då man överväger en värmepump. En luftvärmepump innebär att ett stort fläktaggregat, vilket genererar buller, måste placeras i anslutning till servicerummet vilket kan störa närliggande bostäder. En extern värmväxlare blir inte längre nödvändig då poolvattnet kan verka direkt som värmesänka. Valet av luftvärmepump är som mest effektivt då luften innehåller mycket värme, vilket är fallet under sommartid. Om underhållsuppvärmning utanför säsongperioden är önskat lämpar sig inte en luftvärmepump lika väl.

Med avseende på den elkostnad anknuten till dagens elpanna innebär en investering i värmepump en mycket kort avbetalnings-

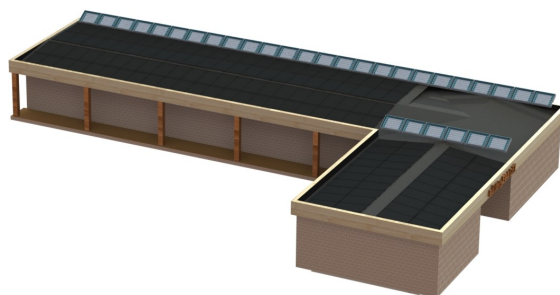
tid. Uppskattningsvis kostade driften av elpannan år 2015 129 000 kr (Eriksson, Leao m. fl. 2017). En luftvärmepump av samma kapacitet som dagens elpanna kostar ungefär 200 000 kr (Dahlberg och Widéen 2017), och kan uppskattningsvis ha en COP runt 3 – 4. Om en totalinvestering på 250 000 kr antas blir återbetalningstiden 2,5 – 3 år då energibesparingen rör sig om 86 000 – 98 000 kWh per år.

3.2.3 Lösningförslag från etapp 1 & 2

Åtgärderna från etapp 1 & 2 svarar för de första två målen vilka sattes upp i syftesbeskrivningen. Med de presenterade åtgärderna redogörs vidare ett aggregerat lösningförslag.

Utanför badsäsongen rekommenderas det att begränsa fastighetsuppvärmningen till servicerummet och, om nödvändigt, till rummet med styrreglage för bastuaggregaten. Uppvärmningen fortsätter med de redan befintliga elementen i servicerummet.

För att begränsa behovet av elektricitet till pooluppvärmningen, ersätts de befintliga polyetenrören med solmattor. Dessa täcker då hela sektion 1 och sektion 3 som illustrerats i figur 1. Norra halvan av sektion 1 planas ut så att polyetenmattorna placeras med en lutning om 0°. Vidare ersätts de plana solfångarna med vakuumsolfångare, i enlighet med alternativ 4 i tabell 6. De nya sektioner installeras enligt figur 10. I denna figur redovisas även solmattornas placering.



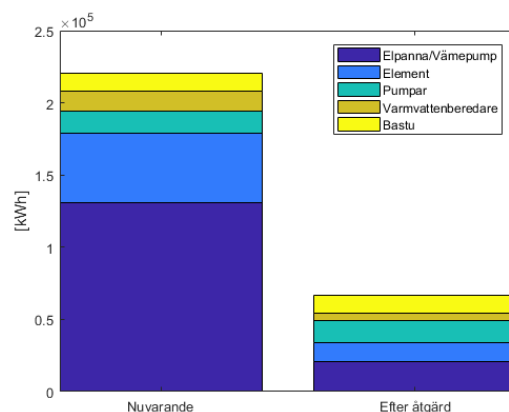
Figur 10: Placering av vakuumsolfångare och solmattor

För att maximera effekten av vakuumsolfångarna är det viktigt att minska på användningen av tappvarmvatten. Detta kan lösas med enkla åtgärder såsom snålspolande blandare för handfat och dushar. Varmvattenförbrukningen kan minimeras ytterligare genom att applicera en så kallade tryckstartshandfat. Tillsammans skulle dessa åtgärder leda till en minskning av användandet av tappvarmvattnet som i sin tur gör att vakuumsolfångarna inte behöver producera lika mycket varmvatten.

För att minimera värmeförlusterna är det bra att understryka nyttan i att bruka pooltäcke. Förslagsvis ska därför fastighetsbrukaren fortsättningsvis använda pooltäcke samtliga nätter. Dessutom bör nya specialtillverkade pooltäckten införskaffas till barnpoolen och trappsektion på den största poolen för att ytterligare minska värmeförlusterna.

Vidare finns lämpliga förändringar av regleringen i poolvattensystemet. Dessa regleringsförslag är främst: justering av inflödet av kallvatten till solmattorna på taket, kontroll av poolvattencirkulationen över taket vid ogynsamma förhållanden samt en höjdsänkning av pumpen som sköter cirkulationen av poolvattnet.

Vad gäller pooluppvärmning bör en luftvattenvärmepump övervägas då denna under säsongstid kommer minska elektricitetskostnaderna markant. Inför en sådan installation kan det däremot vara fördelaktigt att kontrollera vilket effektbehov som återstår efter de ovan nämnda lösningarna. Det föreslås därmed att elpannan kvarlämnas under en övergångsperiod, under vilken man bestämmer dimensionerna på den nya värmepumpen. För beräkning av total kostnad har kostnaden för den största typen av luft-vattenvärmepump använts.



Figur 11: Elförbrukningen för olika komponenter före- och efter energiåtgärder.

År 2015 förbrukade badet cirka 219 000 kWh, varav 171 000 kWh under juni – augusti och 48 000 kWh under september – maj (Eriksson, Leao m. fl. 2017). Detta kan med ovan nämnda energieffektiviseringsåtgärder och förbättringar potentiellt reduceras till en årsförbrukning på cirka 67 000 kWh. Fördelningen blir då 54 000 kWh under juni – augusti och 13 000 kWh under september – maj. Detta resulterar i en total besparing på cirka 152 000 kWh under ett motsvarande år. Figur 11 presenterar dessa åtgärders resultat jämfört med hur energiförbrukningen ser ut idag.

Tabell 7: Ungefärlig kostnadsbild, avbetalningstiderna anges för varje separat åtgärd

Åtgärd	Kostnad [kr]	Återbet. Tid [år]
Pooltäcke	18 000	3
Reglering	25 000	2
Uppv.	0	-
Blandare	10 000	-
Solmattor	312 000	10
Solfångare	263 000	15
Värmepump	200 000	3
Totalt	828 000	6

Investeringskostnaderna för lösningsförslagen i etapp 1 och 2 redogörs varje, åtgärd för sig, i tabell 7. Dessutom presenteras återbetalningstiden för vardera åtgärd.

3.2.4 Etapp 3 – Självförsörjande

Med energidata, förluster och energieffektiviseringsåtgärder kartlagda är badanläggningens enskilda komponenters elförbrukning utredd. För att göra badanläggningen fullständigt självförsörjande krävs det att anläggningen under ett år kan producera energi ekvivalent med den av komponenterna förbrukade energin. Ett konventionellt sätt att åstadkomma detta är genom att installera ett solcellssystem. Den momentana effekten som dessa komponenter kräver kan dock inte täckas av ett rimligt dimensionerat solcellssystem, men det kan däremot summerat över ett år producera tillräckligt mycket energi för att täcka badets energiförbrukning.

En kalkyl gjordes med simuleringsprogrammet PV*SOL. Kalkylens resultat blev att det behövs 239 moduler och en area på 399 m² för att täcka elbehovet på 67 000 kWh som anläggningen har per år. Norden Solar säljer de polykristalina solcellsmoduler på 265 W för 2080 kr styck (Nordensolar 2017a). Utifrån denna prisdata blir den totala kostnad bara för solcellsmodulerna 497 120 kr. I tillägg till detta krävs det att inverterare köps in för att kunna skicka ut elkraft på nätet. Dessutom krävs bl.a. monteringsystem, optimerare och kablage för att systemet ska fungera. Installation och monteringskostnad är inte inräknad i priset utan tillkommer utöver detta. Med en kWh värderad till 1 kr är återbetalningstiden 7,4 år. Norden Solar erbjuder även ett solcellspaket bestående av 114 st solcellsmoduler, en växelriktare, montagesystem och kablar. Detta system kan enligt Norden Solar producera 30 000 kWh per år och kräver en area på 200 m². Systemet kostar 320 000 kr, och ett system som producerar nästan tillräckligt för att täcka årsförbrukningen producerar då 60 000 kWh, kostar 640 000 kr och kräver en area på 400 m² (Nordensolar 2017b). Återbetalningstiden för detta solcellspaket blir drygt 10,5 år.

En kalkyl gjordes även med solcellssimuleringsprogrammet PVsyst. Enligt dessa simuleringar kommer en area på 430 m² behövas. Dessutom kräver ett system med 400 m² solceller att ett tak exempelvis över den norra hal-

van av parkeringen byggs, vilket kräver bygglov samt ytterligare en investering för material och arbetskraft.

Tabell 8: Ungefärlig kostnadsbild

Åtgärd	Kostnad [kr]	Återbet. Tid [år]
Etapp 1 & 2	828 000	6
Solceller	770 000	11,5
Totalt	1 598 000	8

I slutet av år 2015 låg det genomsnittliga priset för stora kommersiella takmonterade solcellssystem på 12,70 kr/W (Lindahl 2015). Med detta pris som grund skulle ett system kapabelt att producera 67 000 kWh per år kosta cirka 770 000 kr, vilket motsvarar en återbetalningstid på 11,5 år. I anknytning till övriga investeringar skulle återbetalningstiden bli 8 år, se tabell 8 (Leao och Widéen 2017).

4 Slutsats

Bälingebadets verksamhet använder mycket energi, vilket innebär att anläggningen har stora kostnader. Detta arbete har gett en insikt i Bälingebadets energianvändning samt tagit fram förslag för att reducera energianvändning och kostnader. År 2015 använde Bälingebadet cirka 219 000 kWh elkraft för att driva verksamheten.

Efter att ha implementerat åtgärder för minskade förluster, utökat solvärmens samt ersatt elpannan med en värmepump beräknas framtida elförbrukning potentiellt minska med 70 % eller till 67 000 kWh. Utöver dessa implementeringar har även möjligheten för Bälingebadet att bli självförsörjande utvärderats. Bästa möjligheten för Bälingebadet att producera de 67 000 kWh som behövs är att installera solceller. Solcellsanläggningen kräver en yta på cirka 400 m² som eventuellt kan placeras på parkeringen och skulle då även tjäna syfte som tak. Uppskattningvis innebär investeringen en avbetalningstid om 8 – 10 år, men som därefter markant minskat energikostnaderna eller helt eliminerat dem.

5 Diskussion

Lösningarna som presenterats i arbetet knyter samman till målet då de är kommersiellt genomförbara. Arbetet har emellertid erfarenhet en brist på rådata. Den information som har funnits att tillgå är timdata för elkonsument, mätarställning för tillfört kommunalvatten, utdaterade driftkort samt produktinformation. Då driftkortet varit utdaterade har det uppstått osäkerhet i vilka reglersystem som faktiskt är i bruk. Detta gäller exempelvis regleringen av pumpar för cirkulation av poolvatten till solvärmesystemet på taket.

Den mest givande rådatan var timdatan för elförbrukningen över 2015. Majoriteten av den energikartläggning som utförts har baserats utifrån denna information. Svagheter i analysen uppstår i och med att förbrukningsdatan jämförts med de olika komponenternas märkeffekt. Detta kan vara missvisande då det, till exempel, inte identifierats de tillfällen då systemet backspolas eller då elpannan använder sig något steg utöver toppsteget och första steget av de 15 steg som finns att tillgå. Resultaten från denna kartläggning har vidare använts som projektbärande fakta. Dessa antaganden bör tas i beaktande vid noggrann granskning av rapporten. Vad kartläggningen dock visar är tydliga trender, och att upplösningen är dålig bör knappast förändra dessa mönster märkbart. Detta eftersom de olika komponenternas märkeffekter är avsevärt olika.

Anledningen till prioriteringen av solmattor över vakuumsolfångare är de lägre arbetstemperaturerna. Vakuumsolfångare lämpar sig betydligt bättre till högre temperaturer, men med det aktuella temperaturintervallet om 20 – 27 °C finns ingen vinst att använda denna teknik till poolvattenuppvärmning (Andrén 2011). Däremot finns fortfarande ett behov av vatten på högre temperatur till tappvarmvattensystemet. I detta system är energibehovet lägre, men kravet på temperatur högre, varpå vakuumsolfångarna är färre.

Vad gäller nyttjandet av taket, har den utformning som rekommenderats lämnat sektion

2 utan större byggnationer. Tanken bakom detta var att lämna utrymme för service på taket, samt eventuellt installation av luftintag till värmepumpen. Det är då viktigt att ta hänsyn till vakuumsolfångarna så att de inte blir skuggade. Solvärme prioriterades på taket istället för installation av solceller på grund av dess högre verkningsgrad (Lightsource 2017).

En av de stora investeringarna som kan göra störst inverkan på energikostnaden är bytet av kompletterande uppvärmning. En luftvattenvärmepump har möjligheten att sänka elkostnaden med mer än hälften. Installationen kommer med vissa överväganden. Dels är buller från fläktaggregat störande för de närliggande bostäderna. För det andra är en luftvärmepump betydligt mer skrymmande än motsvarande installerad effekt för elpanna.

Vid studiebesök på anläggningen framgick det att hyresgästen som förvaltar badet inte alltid brukar pooltäck, samt att pooltäckets varit trasigt. Det blev som tidigare nämnt även tydligt då elförbrukningen studerades, eftersom vissa nätter hade mycket hög energiförbrukning medans andra inte alls hade det. Att understryka vinsten i användandet av pooltäck är därmed relevant då det kan handla om hundratals kronor i onödig uppvärmningskostnad en natt då poolen inte brukas.

Då prisuppgifter från år 2015 använts kan det uppskattade solcellsanläggningsprisets aktualitet ifrågasättas. Prisutvecklingen på solcellsmarknaden har gått mycket snabbt nedåt men har under senare år stagnerat (Lindahl 2015). Sammantaget kan man dra slutsatsen att priser på solcellssystem inte förändrats avsevärt sedan år 2015.

Vad gäller det slutgiltiga lösningsförslaget finns det mycket positivt att hämta. Ett av projektetgruppens arbetsmål har varit att de lösningsförslagen som i slutändan presenteras ska vara realistiska och genomförbara, vilket uppnås i det presenterade förslaget. En fördel med upplägget av lösningsförslaget är etappindelningen. Förslaget bygger alltså inte på att alla förslag genomförs i ett svep, utan kan med fördel implementeras i tur och ordning. De enklare energieffektiviseringsförslagen in-

nebär i regel varken en enorm arbetsinsats eller någon stor ekonomisk investering. Vidare bygger förslagen om ombyggnationer indirekt på att energieffektiviseringen är utförd, men kan även implementeras separat. Det sista steget mot självförsörjande bygger direkt på att de övriga förslagen har implementerats, eftersom att energiförbrukningen begränsas markant med de tidigare åtgärderna.

Vid ett verkligt implementerande av lösningsförslagen kommer en omfattande förstudie krävas. Denna förstudie kommer att kunna bygga på denna rapport, men måste kompletteras med mer mätningar av komponenter i anläggningen. Dessa utförs i så fall i syftet att bättre dimensionera den kommande installationen. Exempel på mätningar som behövs för att underbygga förstudien på ett bra sätt är: Varmvattenförbrukning, elförbrukning från anläggningens mest krävande komponenter, egentlig energiutvinning från anläggningens båda solvärmesystem. Vidare behöver Sportfastigheter AB som beställare bestämma sig, till vilken grad de ämnar att omforma anläggningen. Sportfastigheter AB kanske anser att det räcker att minska elräkningen med 50 % alternativt att de vill få anläggningen helt självförsörjande. De behöver också tydligt presentera vilka begränsningar som finns vad det gäller ekonomi, estetik, utrymme och systemkomplikationer.

Referenser

- Alvarez, Henrik (2006). *Energiteknik del 1*, s. 115–134. ISBN: 9789144045092.
- Andrén, Lars (2011). *Solenergi - Praktiska tillämpningar i bebyggelse*. 4th. Bulls Graphics AB.
- Dahlberg, M. och E. Jonasson (2017). “Delrapport - Pumpar”. URL: <https://www.dropbox.com/s/qzzds9u7f1tzlac/Bilaga%208%20-%20Delrapport%20-%20Pumpar.pdf?dl=0>.
- Dahlberg, M., C. Knudsen och E. Jonasson (2017). “Delrapport - Modell”. URL: <https://www.dropbox.com/s/dm8rwjqzvf0h89g/Bilaga%201%20-%20Delrapport%20-%20Modell.pdf?dl=0>.
- Dahlberg, M. och E. Widéen (2017). “Delrapport - Elpanna and Värmeväxlare”. URL: <https://www.dropbox.com/s/1jv9yd86tjtdvob/Bilaga%2013%20-%20Delrapport%20-%20Elpanna%20%26%20V%C3%A4rmev%C3%A4xlare.pdf?dl=0>.
- Energy, US. Department of (2016). *Swimming pool covers*. URL: <https://energy.gov/energysaver/swimming-pool-covers> (hämtad 2017-05-15).
- Eriksson, E. och K. Rahimi Ata (2017). “Delrapport - Reglering”. URL: <https://www.dropbox.com/s/q5lwf2tvnnlmgul/Bilaga%207%20-%20Delrapport%20-%20Reglering.pdf?dl=0>.
- Eriksson, E., C. Knudsen och K. Rahimi Ata (2017). “Delrapport - Ombyggnation tappvarmvattensystem”. URL: <https://www.dropbox.com/s/cjyagfherqhwhc5/Bilaga%2011%20-%20Delrapport%20-%20Ombyggnation%20tappvarmvattensystem.pdf?dl=0>.
- Eriksson, E., T. Leao m.fl. (2017). “Delrapport - Energidata and förluster”. URL: <https://www.dropbox.com/s/n359k3kf7j00nk1/Bilaga%204%20-%20Delrapport%20-%20Energidata%20och%20f%C3%B6rluster.pdf?dl=0>.
- Folkhälsomyndigheten (2006). *Hälsorisker, regler och skötsel*, s. 41–42. ISBN: 91-85482-03-X. URL: <https://www.folkhalsomyndigheten.se/pagefiles/12930/bassangbad-halsorisker.pdf> (hämtad 2017-05-15).
- Jonasson, E., T. Leao och E. Strandler (2017). “Delrapport - Pooluppvärmning”. URL: <https://www.dropbox.com/s/knmbwg4w8f0wx80/Bilaga%2012%20-%20Delrapport%20-%20Pooluppv%C3%A4rming.pdf?dl=0>.
- Knudsen, C. och E. Widéen (2017). “Delrapport - Begränsning av poolförluster”. URL: <https://www.dropbox.com/s/92glvlliooky27a/Bilaga%206%20-%20Delrapport%20-%20Begr%C3%A4nsning%20av%20Poolf%C3%B6rluster.pdf?dl=0>.
- Leao, T. (2017). “Delrapport - Uppvärmning”. URL: <https://www.dropbox.com/s/uy5nia1u5bt6ni6p/Bilaga%209%20-%20Delrapport%20-%20Uppv%C3%A4rming.pdf?dl=0>.
- Leao, T. och E. Widéen (2017). “Delrapport - Solceller”. URL: <https://www.dropbox.com/s/aliiyd33xif2sk9/Bilaga%2014%20-%20Delrapport%20-%20Solceller.pdf?dl=0>.
- Lightsource (2017). *Should I use a solar PV or solar thermal system?* URL: <https://www.lightsource-re.com/2014/09/02/should-i-use-a-solar-pv-or-solar-thermal-system/> (hämtad 2017-05-22).
- Lindahl, Johan (2015). “National Survey Report of PV Power Applications in Sweden”. I:
- Muleta, Misgana (2017). *Effectiveness of Pool Covers to Reduce Evaporation from Swimming Pools*. Department of Civil och Environmental Engineering California Polytechnic State University: San Luis Obispo, California. URL: http://c.ymcdn.com/sites/www.npconline.org/resource/resmgr/Docs/Evaporation_Study_Report.pdf (hämtad 2017-05-15).
- Nordensolar (2017a). *Solceller - Luxor Solar 265W*. URL: <http://www.nordensolar.se/produkt detaljer/solceller-luxor-solar-265w-poly> (hämtad 2017-05-15).
- (2017b). *Solcellspaket - Lantbruk 30 kW (Trefas)*. URL: <http://www.nordensolar.se>

- [se / produkt detaljer / solcellspaket - lantbruk-30kw](http://www.plastman.se/produkt detaljer / solcellspaket - lantbruk-30kw) (hämtad 2017-05-15).
- Plastman (2017). *Solfolie hos Plastman*. URL: <http://www.plastman.se/poolvarmeduk.html> (hämtad 2017-05-15).
- Poolstore (2017). *Solfolie hos Poolstore*. URL: <https://www.poolstore.se/solfolie/> (hämtad 2017-05-15).
- Strandler, E. (2017). “Delrapport - Övriga effektiviseringsåtgärder”. URL: <https://www.dropbox.com/s/vgsg6z2gr37r9an/Bilaga%2010%20-%20Delrapport%20-%20%C3%96vriga%20effektiviserings%C3%A5tg%C3%A4rder.pdf?dl=0>.

SLU
Institutionen för energi och teknik
Box 7032
750 07 UPPSALA
Tel. 018-67 10 00
pdf.fil: www.slu.se/energiogteknik

SLU
Department of Energy and Technology
P. O. Box 7032
SE-750 07 UPPSALA
SWEDEN
Phone +46 18 671000