

# Masteroppgave

Energi og miljø i bygg – sivilingeniør

Masterprogram

Mai 2023

## Energisystemer i svømmehaller

- Hvordan energioptimalisere dagens svømmehaller

Kyrre Brandt-Madsen



OsloMet - Storbyuniversitetet

Institutt for bygg- og energiteknikk — Energi og miljø i bygg



OSLO METROPOLITAN UNIVERSITY  
STORBYUNIVERSITETET

Department of Civil Engineering and Energy Technology  
Institutt for Bygg- og energiteknikk  
Energi og miljø i bygg

Postadresse: Postboks 4 St. Olavs plass, 0130 Oslo

Besøksadresse: Pilestredet 35, Oslo

OPPGAVE/KANDIDAT  
NR.

892

TILGJENGELIGHET

Åpen

Telefon 67 23 50 00

[www.oslomet.no](http://www.oslomet.no)

# MASTEROPPGAVE

MASTEROPPGAVERNS TITTEL	DATO
Energisystemer i svømmehaller	2023-05-25
	ANTALL      SIDER/ANTALL VEDLEGG
	74/2
FORFATTER	VEILEDER
Kyrre Brandt-Madsen	Wolfgang Kempel Bjørn Aas

UTFØRT I SAMARBEID MED	KONTAKTPERSON
SIAT - Senter for Idrettsanlegg og teknologi Oslo Kommune v/ Manglerud Bad	Bjørn Aas Per Morten Kals

SAMMENDRAG
Manglerud Bad stod ferdig høsten 2022, med høye ambisjoner til energiforbruk. Det er analysert et utvalg av de tekniske systemene for å kartlegge byggets totale energiforbruk og sammenligne dette mot et utvalg parametere mot et referansebad bygd opp av data fra et utvalg på 22 ulike bad i Norge. Det er lagt til grunn tre forskningsspørsmål med hensikt om å se på hvilke systemer som bidrar til å energioptimalisere energianlegget og i hvilken grad disse systemene har hatt en positiv innvirkning på badeanleggets energiforbruk.

3 STIKKORD

Energisystem

Svømmehall

Fjernvarme

## Forord

Denne masteroppgaven er mitt avsluttende arbeid ved studieretning energi- og miljø i bygg, ved OsloMet Storbyuniversitetet. Oppgaven er utført i samarbeid med SIAT, senter for idrettsanlegg og teknologi og Manglerud Bad v/ Oslo Kommune. Arbeidet med oppgaven har vært læringsrikt og jeg har kunnet tilegne med ny kunnskap innen for fagfeltet VVS og fått en større forståelse rundt kompleksiteten med energisystemer i svømmehaller. Jeg ønsker å takke veileder ved OsloMet, Wolfgang Kampel, og veileder fra SIAT, Bjørn Aas. Jeg vil og rette en stor takk til Per Morten Kals, Ole Harald Neergård og Jan-Erik Teien, fra prosjektteamet på Manglerud Bad. Både veiledere og prosjektteamet på Manglerud Bad har vist stort engasjement, god veiledning og vært tilgjengelighet under hele oppgaven. Dere har bistått med faglig bakgrunnstoff, informasjon om bygget og systemets utforming, samt gitt konstruktive tilbakemeldinger underveis i utarbeidelse av oppgaven.

Til sist ønsker jeg og takke medstudent Even Ruud for gode diskusjoner og faglig utveksling underveis i studiet, min kone og foreldre som gode støttespillere og sparringspartnere underveis i studiet og utarbeidelse av denne oppgaven.

STED:

Oslo

DATO:

25.mai 2023

SIGNATUR:



Kyrre Brandt-Madsen

## Sammendrag

Svømmehaller er en bygningskategori med høyt energiforbruk, mange tekniske installasjoner og et krevende inneklima. Mange bad i Norge er av ulik utforming. Noen bad har eldre tekniske installasjoner og manglende mulighet for energigjenvinning. Andre nyere bad har hatt strengere krav til utforming av sine tekniske anlegg og bygningskonstruksjoner, eller hatt høyere ambisjoner til energieffektivitet.

Manglerud Bad stod ferdig høsten 2022, med høye ambisjoner til energiforbruk. Badet har et totalt areal på ca. 3000 m<sup>2</sup> med tilliggende aktivitetscenter for ungdom og kulturlokaler. Svømmeanlegget utgjør ca. 1500 m<sup>2</sup> av total arealet. Det er analysert et utvalg av de tekniske systemene for å kartlegge byggets totale energiforbruk og sammenligne dette mot et utvalg parametere mot et referansebad bygd opp av data fra et utvalg på 22 ulike bad i Norge.

Det er lagt til grunn tre forskningsspørsmål med hensikt om å se på hvilke systemer som bidrar til å energioptimalisere energianlegget og i hvilken grad disse systemene har hatt en positiv innvirkning på badeanleggets energiforbruk. Det er og analysert hvilke av disse utvalgte systemene som ikke bidrar like mye til totalen som først tenkt og diskutert årsaker som kan ha innvirkning på om disse systemene kan bidra i større grad, for å redusere badeanleggets totale energiforbruk.

Den faktiske energigevinsten til Manglerud bad er sammenlignet med referansebadet og viser relativt gode resultater basert på de måledataene som foreligger. Det er allikevel knyttet en del usikkerhet rundt måledatane som er benyttet i denne oppgaven, med bakgrunn i den korte måleperioden og at de tekniske installasjonene er i en prøvedriftsfase og ikke ferdig optimalisert.

# Abstract

Swimming pools are a type of buildings with a high energy consumption, many technical installations, and demanding indoor climate. Many swimmingpools in Norway have different designs. Some swimmingpools have older technical installations and lack the possibility of energy recovery. Other newer swimmingpools may have had stricter requirements for the design of their technical systems and building structures, or have had higher ambitions for energy efficiency.

Manglerud Bad was completed in the autumn of 2022, with high ambitions for energy consumption. The facility has a total area of approximately 3000 m<sup>2</sup>, including an activity center for youth and cultural spaces. The swimming pool area comprises approximately 1500 m<sup>2</sup> of the total area. A selection of the technical systems has been analyzed to assess the building's total energy consumption and compare it against a set of parameters from a reference swimmingpools constructed from data from a sample of 22 different swimmingpools in Norway.

Three research questions have been formulated to examine which systems contribute to optimizing the energy system and to what extent these systems have had a positive impact on the pool's energy consumption. The analysis also identifies which of these selected systems do not contribute as much to the overall energy consumption as initially thought, and discusses potential factors that may have an impact on whether these systems can contribute to a greater extent in order to reduce the pool's total energy consumption.

The actual energy savings of the pool are compared to the reference pool, showing relatively good results based on the available measurement data. However, there is some uncertainty associated with the measurement data used in this study, due to the short measurement period and the fact that the technical installations are in a trial operation phase and not yet fully optimized.

# Innholdsfortegnelse

Liste over figurer	6
Terminologi	8
<b>1 Introduksjon</b>	<b>1</b>
1.1 Hensikten med oppgaven	3
1.2 Oppgavens oppbygging	4
1.3 Begrensninger	4
<b>2 Litteraturstudie</b>	<b>5</b>
2.1 Litteratursøk	5
<b>3 Teori</b>	<b>7</b>
3.1 Energibruk i eksisterende svømmehaller	7
3.2 Konstruksjon og bruk av svømmehaller	11
3.3 Inneklima i svømmehaller	11
3.4 Tradisjonell oppbygging av ventilasjon og energisystem	13
3.5 Grunnlag for energibruk	13
3.5.1 Transmisjonstap	14
3.5.2 Infiltrasjonstap	14
3.5.3 Energitilførsel via ventilasjonsanlegget	14
3.6 Fordampning	15
3.7 Generelt om varmpumpe og varmpumpeprosessen	15
3.8 Varmegjenvinning	17
3.8.1 Gråvannsvarmegjenvinning	17
3.8.2 Ventilasjonvarmegjenvinning	18
3.8.3 Kjøling	20
3.8.4 Energibrønn og energibrønnpark	20
3.9 Manglerud Bad	21
3.10 Oppbygging av referansebad	25
<b>4 Metode</b>	<b>27</b>
4.1 Input energisystem	28
4.2 Prosess energisystem	30
4.3 Output energisystem	32
<b>5 Resultat</b>	<b>34</b>
5.1 Energifordeling	34

5.2	Forskningsspørsmål 1 . . . . .	38
5.3	Forskningsspørsmål 2 . . . . .	44
5.4	Forskningsspørsmål 3 . . . . .	46
5.5	Usikkerhetsvurdering . . . . .	51
<b>6</b>	<b>Diskusjon</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>58</b>
<b>8</b>	<b>Videre arbeid</b>	<b>60</b>
	<b>Referanser</b>	<b>61</b>
	<b>Vedlegg</b>	<b>64</b>
.1	Inputverdier for beregning . . . . .	64
.2	Inputverdier for beregning . . . . .	65



## Liste over figurer

1	Oversikten er hentet fra Enova bygningsstatistikk og viser gjennomsnitt kWh/m <sup>2</sup> for svømmehaller. . . . .	7
2	Energiforbruk for 27 norske svømmehaller (M.Øen 2010) [11] . . . . .	9
3	Udrag fra Amanda Worthy sin rapport [12]. . . . .	10
4	Varmepumpeprosessen fremstilt i et ph-diagram . . . . .	16
5	Oversikt bassengareal på Manglerud Bad, med tilhørende garderobeområde, kiosk og entré. . . . .	21
6	Design av gråvannsgjenvinner på Manglerud Bad . . . . .	22
7	Flytskjema for et typisk ventilasjonsaggregat på Manglerud Bad . . . . .	23
8	Oversikt over forbruk pr badende gjest i 22 bad . . . . .	25
9	kWh/besøkende . . . . .	26
10	kWh/m <sup>2</sup> vannflate . . . . .	26
11	Vannforbruk l/besøkende . . . . .	26
12	Systemene er delt inn i input, prosess og output . . . . .	27
13	Prosesskart for systemer som tilfører energi til Manglerud Bad . . . . .	29
14	Prosesskart for forbrukssystemer . . . . .	30
15	Andel energiforbruk pr. undersystem . . . . .	31
16	Prosesskart som viser hvilke systemer som avgir energi ut av bygget på Manglerud Bad . . . . .	32
17	Andel energiforbruk pr. system på Manglerud Bad . . . . .	35
18	Variasjonen av forbruk [kWh] som følge av utetemperaturen . . . . .	36
19	Kjøpt energi fra fjernvarme i driftsmånedene . . . . .	38
20	Bidrag fra energibrønn i driftsmånedene . . . . .	40
21	KWh/besøkende på Manglerud bad . . . . .	48
22	kWh/ kvm. vannflate på Manglerud bad . . . . .	49
23	Vannforbruk pr liter besøkende på Manglerud bad . . . . .	50
24	Beregninger av levert energi . . . . .	64
25	Måle data sortert på systemer til drift av basseng . . . . .	65

## Liste over tabeller

1	Anbefalte vanntemperaturer v/ fordampning[14]. . . . .	12
2	Beregnet fordeling på Manglerud Bad, basert på A. W. sin analyse . . .	37
3	Bidrag fra fjernvarme pr. måned . . . . .	39
4	Bidrag fra energibrønn pr. måned. . . . .	41
5	Vannforbruk pr. måned. . . . .	42
6	Bidrag gråvann pr. måned . . . . .	43
7	Målt energi tilført drift av varmepumper og beregnet driftstid for varmepumper	45
8	Beregnet gjennomsnitt energiforbruk, basert på målt energiforbruk . . .	47
9	Oversikt over besøkende gjester i måleperioden . . . . .	47
10	Beregnet besøkende i løpet av en ettårs periode . . . . .	51
11	Mulighetsstudie nedbetalingstid energibrønn . . . . .	55

# Terminologi

**kWh** Kilowatt timer

**kWh/m<sup>2</sup>** Med uttrykket kWh/m<sup>2</sup> menes det kWh/m<sup>2</sup>/år om ikke annet er spesifisert

**BRA** Byggets totale bruksareal

**NTNU** Norges teknisk-naturvitenskapelige universitet

**SIAT** Senter for Idrettsanlegg og teknologi

**FN** De forente nasjoner

**Prosesssystem** Systemer som krever energi

**Kombinasjonsanlegg** Bygninger med flere bruksområder

**Energiforbruk** Sum av kjøpt energi fra fjernvarme og elektrisitet

**Energinet** Systemet benyttet på Manglerud Bad for å logge data for de ulike systemene

**RO-vann** Vannbehandlingsprosess som fjerner forurensning fra vann.

**LCC** Livsløpsvurdering/livsløpsanalyse

# 1 Introduksjon

Idrettsanlegg og svømmehaller er i mange tilfeller energikrevende anlegg. Anleggene har store behov for energi til blant annet oppvarming og kjøling. Det forbrukes vann til dusjer, etterfylling av vann til basseng m.m.. Det forbrukes energi blant annet til oppvarming, friskluft og for dekking av transmisjonstap. Det er fortsatt mange av dagens anlegg med energisystemer av eldre dato. Anleggene med energisystemer av eldre dato tilfredsstiller ikke dagens standard med hensyn på effektive systemløsninger. Dette gjelder for eksempel systemer for gjenvinning av varme fra avløpsvann, gjenvinning av varme fra avkastluft og energieffektiv avfuktning[1].

Som nasjon har Norge forpliktet seg til å redusere sin miljøbelastning. Norge har satt seg flere mål for å oppnå sine miljøforpliktelser[2]. Energiforbruk i idrettsanlegg kan være betydelig større enn energiforbruk i andre typer bygg. I nye idrettsanlegg/svømmehaller stilles det krav til å redusere energiforbruk. Dette gjøres blant annet ved å gjenvinne energien i større grad enn tidligere ved tilsvarende anlegg. I dag har vi bedre kunnskap om energibruk, det finnes nye og bedre systemløsninger for tekniske anlegg samtidig som byggene er bedre isolert. Tall fra Enovas byggstatistikk 2017 viser at Idrettsbygg bruker i gjennomsnitt ca. 237 kWh/m<sup>2</sup>. Hoteller har et gjennomsnittlig energiforbruk på ca. 272 kWh/m<sup>2</sup> og år og sykehus på 310 kWh/m<sup>2</sup> år[3].

De fleste svømmehaller er kombinasjonsbygg eller flerbrukshaller, hvor bygget ofte tilbyr flere aktiviteter enn kun svømme- og badeanlegg. Dette kan gjøre det vanskelig å kategorisere slike bygninger og analysere dem i forhold til systemdesign og energiforbruk i forhold til andre bygg. Systemdesignene for slike anlegg er ofte mer avanserte ettersom de i større grad må dekke flere behov og hensynta belastning fra ulike klimasoner. Systemene er komplekse systemer, sammensatt av ventilasjon, sanitær, varme- og kjøleprosesser. Varmesystemene skal kunne håndtere vanlig komforttemperatur i tillegg til å varme opp bassengvann. Avfuktingsprosessen i klimasoner med basseng samt utskiftning av bassengvann er også vesentlige prosesser i et slik anlegg. Disse prosessene er energi- og økonomikrevende, men bidrar også inn i byggets totale energigjenvinningspotensial. Mange av prosessene i svømmehaller produserer en form for type avfall. Eksempelvis fuktig avtrekksluft som kan benyttes som en kilde til oppvarming. Ved avfuktning avgis det energi som gjenvinnes. Gråvann fra dusjanlegg hvor energi gjenvinnes ved bruk av varmeveksler.

Avfuktingsprosessen i klimasoner med basseng og utskiftning av bassengvann er også to svært vesentlige prosesser i et slik anlegg. Disse prosessene er svært energi- og økonomikrevende prosesser, men er også prosesser som bidrar inn i byggets totale

energigjenvinningspotensial. Mange av prosessene i svømmehaller produserer en form for type avfall, eksempelvis fuktig avtrekksluft som kan benyttes til som en kilde til oppvarming og avfuktning, gråvann fra dusjanlegg som det kan hentes energi fra over en varmeveksler.

Denne oppgaven vil i hovedsak ta for seg hvordan svømmehaller bygges i ”moderne tid”, hvilke systemløsninger blir valgt og hvilken energigevinst gir dette sammenlignet med andre bad i Norge. Ønsket er at oppgaven skal videreføre kunnskap rundt fremtidige valg rundt energisystemer i svømmehaller. Er valg som er gjort for det aktuelle studiet i denne oppgaven gode valg som bidrar til økt energieffektivitet, bidrar til gjenvinningseffektivitet, samtidig som det opprettholder kravene til en svømmehall.

SIAT, som har tatt initiativ til deler av denne oppgaven, er senteret for idrettsanlegg og teknologi som arbeider for energi- og miljøvennlige idrettsanlegg i Norge. Senteret arbeider kontinuerlig for å tilrettelegge for gode og funksjonelle anlegg som tilfredstiller type bruk, men samtidig møter krav om bygninger og installasjoner forøvrig. Senteret har siden oppstart og frem til i dag vært en viktig bidragsyter i utviklingen av idrettsanlegg i Norge og er med i utviklingen av nye anlegg over hele landet [4]. I samarbeid med flere av universitetene i Norge, blant annet OsloMet, presenterer de hvert år ulike oppgaver innenfor idrettsanlegg i Norge som tar for seg ulike temaer.

Oslo kommune vedtok i 2015 å bygge Manglerud bad[5], som er case-studiet i denne oppgaven. Prosjektet hadde høye ambisjoner til energisystem og energiforbruk. Det er blitt valgt flere systemløsninger på badet som er å anse som uten for det tradisjonelle designet når det kommer til energisystem for denne typen bad. Bygget er et tredelt aktivitetssenter som består av badeanlegg, ungdomsklubb og kulturskole. Badeanlegget har tre basseng, i tillegg til et boblebad og vannsklie. Byggets hovedenergikilde er fjernvarmenettet i Oslo, men det er og satset på en gjenvinningsstrategi med gråvannsgjenvinner og energibrønner for lagring av overskuddsenergi[6].

## 1.1 Hensikten med oppgaven

Hensikten med denne oppgaven er å se nærmere på valg av systemløsninger for bad som bygges i nå-tid og se hvilke parametere som har vært en suksessfaktor og i hvilken grad dette gir en energigevinst. For Manglerud bad er det valgt å se på hvilke systemer de har lykket med og hvilke systemer som ikke bidrar i like stor grad som først forventet. Manglerud bad er en svømmehall designet med et utgangspunkt i høye ambisjoner om energiforbruk. Fjernvarme er lagt til grunn som primærvarmekilde, med varmepumper som benyttes til isvannsproduksjon og lagring av overskuddsenergi i energibrønner. I lys av de høye ambisjonene er det også utarbeidet en strategi for gjenvinning av både avkast fra ventilasjonsluft og gråvannsgjenvinning.

I sammenheng med de høye ambisjonene om energibruk og inneklima, stilles det tre forskningsspørsmål som grunnlag for denne oppgaven:

1. Hvilke systemer er valgt for å energioptimalisere anlegget og i hvilken grad har dette hatt en positiv innvirkning for badeanleggets energiforbruk?
2. Er det systemer som ikke bidrar like mye til totalen som først tenkt, eller som kan bidra i høyere grad?
3. Hva er den faktiske energigevinsten sammenlignet med andre bad i Norge?

Disse spørsmålene vil besvares i kapittel 5 og har vært utgangspunktet for studiene og analysene gjort i denne oppgaven.

## 1.2 Oppgavens oppbygging

Oppgaven innledes i kapittel 3 med en generell beskrivelse av svømmehaller som bygningskategori og hvordan disse tradisjonelt er utviklet og designet i Norge. Hvilke systemer og faktorer er spesielt for denne typen bygg og hva gjør denne bygningstypen mer utfordrende enn eksempelvis idrettshaller, skoler og kontorer. Som nevnt er hensikten med denne oppgaven å studere en av de nyere badene i Norge og se hvilke systemvalg som er lagt til grunn. I kapittel 3 vil systemdesignet og energistrategi for Manglerud Bad presenteres, sammen med data som er hentet inn for oppbygging av et referansebad. I kapittel 4 vil det beskrives hvordan data for Manglerud Bad er bearbeidet, hvordan disse er satt i system for å danne grunnlaget for videre beregninger. I kapittel 5 vil resultater for energibruk og sammenligning med et referansebad presenteres. Oppgaven avsluttes med diskusjon og konklusjon i kapittel 6 og 7.

## 1.3 Begrensninger

Denne oppgaven tar for seg nye Manglerud Bad. Bygget er et kombinert bad og aktivitetssenter, med tilliggende ungdomsklubb og lokaler til kunst og kultur. Oppgaven begrenser seg kun til den delen av bygget som benyttes til svømmehall/bad. Dette omfatter et opplæringsbasseng på  $119 \text{ m}^2$ , hovedbasseng på  $525 \text{ m}^2$  og et familiebasseng på  $60 \text{ m}^2$ . I tillegg er det et boblebad på ca.  $7 \text{ m}^2$ . Det er ikke hensyntatt andre fasiliteter som badstue og vannsklie. Oppgaven tar i hovedsak for seg systemene fjernvarme, energibrønnpark og gråvannsgjenvinning, og presenterer resultater basert på data innhentet for disse tre systemene. I tillegg er det valgt å se på byggets totale energiforbruk med grunnlag i tre parametere og sammenlignet disse med et fiktivt referansebad, basert på data innhentet fra 22 bad i Norge.

For beregningene utført i denne oppgaven er det ikke hensyntatt infiltrasjon og transmisjonstap via bygningskonstruksjonen. Dette er kun nevnt som en faktor som kan ha innvirkning på resultatene som foreligger. Det er ikke gått nærmere inn på andre egenskaper til bygningskonstruksjonen og oppbygging av denne.

Det er heller ikke studert andre prosesser som kan ha innvirkning på, eller på andre måter bidra til en mer energieffektiv prosess. Dette er systemer som vannrenseanleggene, ventilasjonsaggregatene, gjenvinning av ventilasjon-avkastluft eller andre prosesser som er installert i forbindelse med svømmehallen. Dette er systemer som kun er nevnt i sammenheng med resultatene der det er aktuelt.

## 2 Litteraturstudie

### 2.1 Litteratursøk

Litteratur og litteratursøk er utført via vitenskapelige databaser som NTNU Open, Science Direct, Google Scholar og Oria. Med grunnlag i bakgrunnen for oppgaven er det benyttet ulike kombinasjoner av søkeord og søkerekke. ”Svømmehall”, ”energisystem” og ”energibruk” er ordene som har gått igjen i de fleste søkerekkene. I tillegg ble ord som ”svømmehall”+”energisystem” benyttet for bakgrunns litteratur til oppgaven. Søkeordene ble og så kombinert på norsk og engelsk for å oppnå relevante og flest mulig resultater.

Ettersom oppgaven baserer seg på et svømmeanlegg i Norge og under norske forhold, er litteratur knyttet til de samme forutsetningene ansett som de mest relevante for oppgaven. På den andre siden er utenlandsk litteratur benyttet for å skape en større forståelse for anleggsutførelse og for å se på andre systemløsninger en de som er å anse som vanlig bransjepraksis i Norge.

Søkerekke som er benyttet:

1. ”indoor Swimming pool” and ”energy system” - gir 64 resultater på Science Direct, 341 resultater på Google Scholar og 12 treff på Oria.
2. ”indoor Swimming pool” and ”energy system” and ”Norway” gir 11 resultater på Science Direct og 47 resultater på Google Scholar.
3. ”Optimization” and ”energy system” and ”indoor swimming pool” gir 44 resultater på Science Direct og 194 resultater på Google Scholar .

Norsk litteratur rundt temaet svømmehaller, energibruk og inneklime baserer seg i hovedsak på artikler publisert av organisasjoner knyttet til forskning, fagmiljøer og bedrifter som har interesser innen for fagfeltet. I tillegg til dette er det et antall tidligere oppgaver eller publikasjoner forbundet med utdanning som har vært med på å bygge opp under denne oppgaven. Av søkene gjort i databaser har mye av litteraturen der vært lite relevant å benytte direkte inn som referanser i denne oppgaven, da disse artiklene i hovedsak baserer seg på studier gjort i utlandet og referansene har enten vært uklare eller ikke sammenlignbare. Referansene i denne oppgaven har i hovedsak basert seg på lærebøker innenfor fagfeltet inneklime, ventilasjonsteknikk og varme- og kjøleteknikk. Det er også benyttet tidligere doktoravhandlinger, norsk publiserte artikler og fagrelevant underlag fra byggforskserien, SIAT og andre organisasjoner.

I tillegg er det hentet inn informasjon om anlegget på Manglerud Bad fra aktører som har vært med å utarbeide og gjennomføre prosjektet. Dette har blant annet



vært innhentelse av funksjonsbeskrivelser på anleggsnivå, systemskjemaer, datablader og andre notater og dokumenter som er relevant i følge med anleggsutforming og anleggsoppbygging. Dette har vært en essensiell del av den totale anleggsfortåelsen og grunnlaget for arbeidet med denne oppgaven.

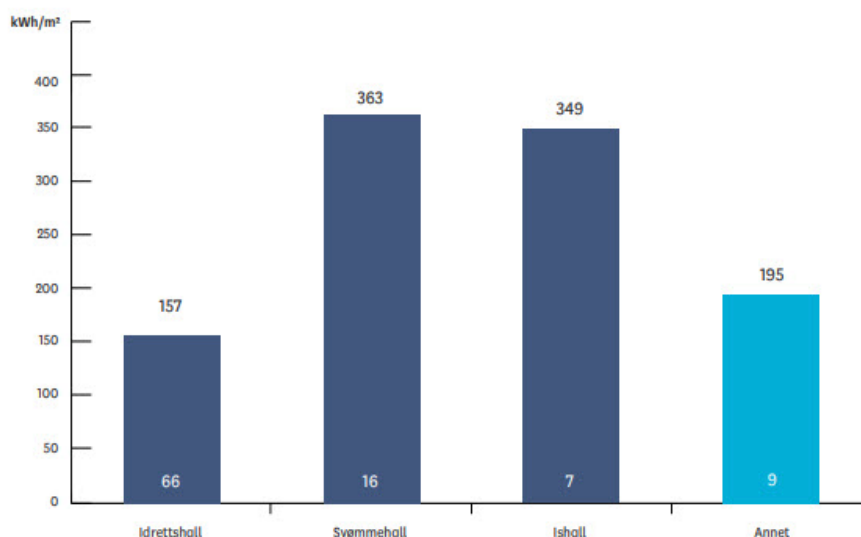
Utover dette har forfatter av oppgaven deltatt på prøvedriftsmøter for å være med å analysere anleggets prøvedriftsfase. Dette har vært med på å styrke forståelsen av anlegget i sin helhet, samt gitt mulighet for å dypdykke i hvilke områder som kan ha vært utfordrende og sett dette i sammenheng med sammenstilling av data.

### 3 Teori

Svømmehaller som bygningstype er svært utsatt for høye temperaturer og luftfuktighet. Dette kombinert med vann i omløp gjør disse anleggene til en spesiell bygningstype. De avanserte tekniske installasjonene og strenge krav til ventilasjon, er svømmehaller på mange måter mer utsatt en andre bygningskategorier. Mange svømmehaller i Norge er eldre anlegg og energisystemene er av ulike utforming. Dette gjør at mange av disse systemene har mye ptoensial til både varmegjenvinning og modernisering for å redusere energiforbuket.

#### 3.1 Energibruk i eksisterende svømmehaller

Svømme- og idrettsanlegg er blant de bygningskategoriene med høyest energiforbruk i følge byggstatistikk fra Enova. I 2017 la Enova frem en ny byggstatistikk som viser energibruk for flere bygningskategorier[3]. Rapporten viser at idrettsanlegg har i snitt en spesifikk energibruk på rundt 219 8 kWh/m<sup>2</sup>. Dette er da et avregnet gjennomsnitt for alle idrettsbygg. Ser man isolert på svømmehaller, som vist i figur 1, er energibruk i en gjennomsnitt svømmehall på 363 kWh/m<sup>2</sup>. Rapporten viser at svømmehaller har den største spesifikke energibruken innen i drettsbygg, med r undt en to ganger så høy energiforbruk som en vanlig idrettshall. I forhold til rapporten fra 2013 er det en nedgang på 8 kWh/m<sup>2</sup> siden rapporten fra 2013.



Figur 1: Oversikten er hentet fra Enova bygningsstatestikk og viser gjennomsnitt kWh/m<sup>2</sup> for svømmehaller.

I henhold til krav fra Teknisk forskrift 2017 (TEK17), §14-2, er det lagt til grunn et totalt netto energibehov for idrettsanlegg på 145 kWh/m<sup>2</sup> oppvarmet BRA pr. år. Forskriften stiller ingen spesifikke krav til svømmehaller og disse anleggene vil derfor falle under denne kategorien. Differansen i energiforbruk mellom teknisk forskrift og bygningsstatistikken fra Enova, skyldes at det er flere typer idrettsanlegg som ligger under samme kategori og at man måler gjennomsnittet av disse.

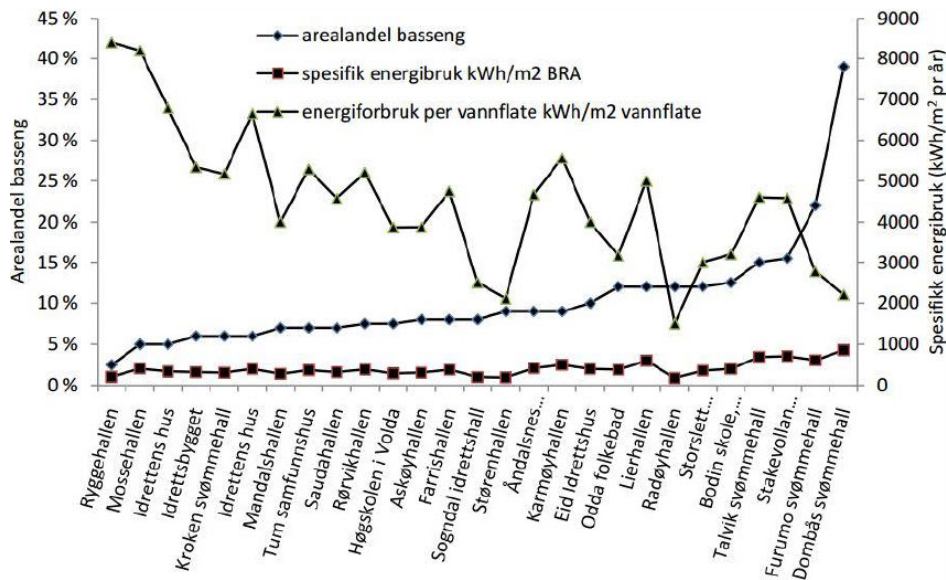
Kampel skriver i publikasjonen ”Energy-use in Norwegian swimming halls” at svømmehaller i en større grad kan defineres som et prosessanlegg enn idrettsbygg, grunnet kompleksiteten av de tekniske systemene, samt bygningskroppen, for å tilfredsstille kravene til luft- og vannkvalitet[7]. Det høye energiforbruket, sett i sammenheng med prosessene i svømmehaller, kan derfor være forskjellen for energibruk i svømmehaller og andre typer idrettsbygg. Sett i lyset av dette kan det derfor tenkes at svømmehaller burde vært definert som en egen bygningskategori med egne krav til energiforbruk.

Ifølge en artikkel publisert av NRK i 2021, er det 1117 svømme- og stupeanlegg i Norge. 93 av disse er bygget etter 2012. Dette gir en indikasjon på at flere av anleggene i Norge er bygget før nåværende teknisk forskrift og ikke gjenspeiler dagens standard til energieffektivitet og effekten av nyere energianlegg. En kan anta at det fleste av de eldre byggene ikke har oppdaterte tekniske systemer[8].

Nenseth, Schmidt og Skogheim la i 2006 frem NIBR-rapporten ”Kunstgress i vekst - Svømmehall i forfall” [9] hvor de omtaler 60- og 70-tallets ”byggeboom” for svømmehaller i Norge. I denne perioden ble det bygget flere anlegg, både enkeltstående anlegg, men også anlegg som er knyttet til skoler, idrettshaller, samfunnshus, flerbrukshaller og lignende. Svømmeanleggene i Norge varierer stort, alt ifra store flerbrukshaller og kombinasjonsanlegg med store idrettsbasseng, til småskolebasseng. I tillegg er flere av disse anleggene kombinasjonsanlegg og har ulike fasiliteter i form av kantine/kiosk-tilbud, ulik utforming av garderobeløsninger, tilliggende aktivitetssenter og ulike velværetilbud som badstuer, med mer. Dette er faktorer som kan ha innvirkning når Enova- og TEK legger til grunn sine tall for energibruk pr. bruksareal. Ser man på nyere svømmeanlegg, sammenlignet med ”byggeboomen” på 60- og 70-tallet, har man i dag bedre metoder for å måle energiforbruk på individuelle systemer i kombinasjonsanlegg[9].

Kampel legger til grunn at sammenligningsgrunnlaget for energibruk i de ulike svømmehallene kan være utfordrende ettersom fasilitetene varierer. Som nevnt, vurderes energiforbruket i svømmehaller ut ifra energiforbruk pr. bruksareal( $m^2$ ). Bruksarealet vil i stor grad være en varierende faktor fordi tilliggende fasiliteter er ulike. Ved Teknologisk Institutt i Danmark benyttes energibruk pr. kvadratmeter vannflate som grunnlag for energibruk i svømmehaller[10]. Kampel mener dette vil være en bedre referanseverdi ettersom bassengoppvarming, fordampning fra vannoverflaten, pumpe- og vifteeffekter vil være store deler av energiforbruket.

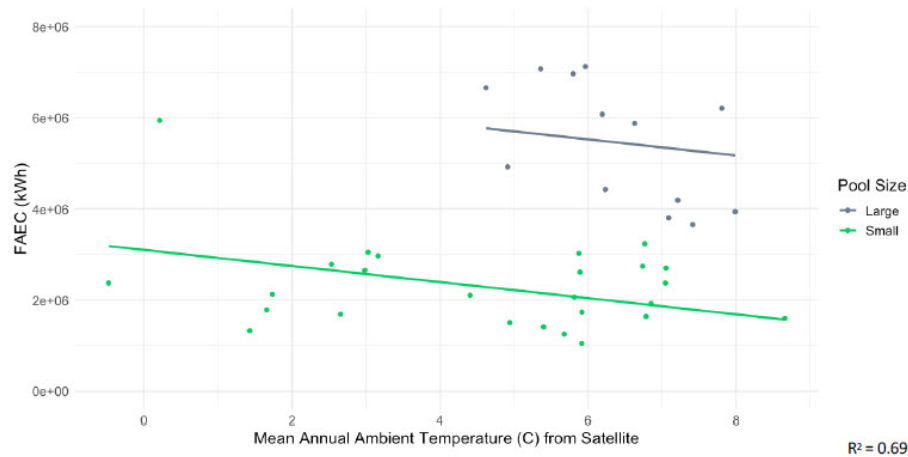
I Kampel's "Energy-use in Norwegian swimming halls" presenteres oversikten over 27 Norske svømmehaller, hentet fra M. Øen 2010 [11], og viser bassengenes areal-andel basert på energibruk pr. kvadratmeter BRA sammenlignet med energibruk pr. kvadratmeter vannflate.



Figur 2: Energiforbruk for 27 norske svømmehaller (M.Øen 2010) [11]

Oversikten i figur 2 viser at det er store variasjoner i energiforbruk i de ulike svømmehallene. Dette gjelder selv i basseng der bassengarealet er relativt likt i forhold til øvrige tilliggende arealer. Naturlig nok vil energiforbruket være størst for de bassengene der arealandel basseng er størst, eksempelvis Furumo og Dombås som har de to største bassengandelene. Dersom grunnlaget for energiforbruk iht. TEK17 og Enova hadde fulgt oppsettet fra Teknologisk institutt i Danmark og Kampel, ville disse badene gått fra å være svømmehaller/ badeanlegg med høyest energiforbruk pr.  $m^2$  til to av de med lavest energiforbruk pr.  $m^2$

Amanda Worthy presenterte i sammen med Bjørn Aas, Salvatore Carlucci og Inger Andersen en analyse av utendørs temperatur påvirkning på energiforbruket i norske svømmehaller. Arbeidet ble utført i samarbeid med NTNU og universitetet i Warshington [12]. Hensikten med analysen var å se i hvilken grad utendørs temperaturer hadde på energiforbruket i svømmehaller. Analysen konkluderer med at ca. 30 % av energiforbruket varierer med utendørs temperatur og ca. 70 % av energiforbruket er bestemt av forbruket fra de tekniske installasjonene, som vist i figur 3.



Figur 3: Udrag fra Amanda Worthy sin rapport [12].

Ser man på figur 2 er det vanskelig å finne en årsak til variasjonene i energiforbruk for de ulike svømmehallene, annet en andel bassengareal. Legger man til grunn A. Worthy sin analyse innebærer dette at 70% av energiforbruket til disse svømmehallene går til interne prosesser. Kempel skriver i 2015 at svømmehaller med en høyere andel utnyttelse av energigjenvinning i høyere grad er den faktoren som påvirker svømmehaller til et lavere energibruk [13]. I Worthy sin studie presenteres det at svømmehaller med lavest energibruk benytter seg av både varmegjenvinnere og varmepumper for gjenvinning av energi fra vann og luft. Denne energien kan igjen benyttes til oppvarming av inntaksluft, tappevann og bassengvann. Det kan også forutsettes at eldre bygningskonstruksjoner gir større tap via transmisjon og infiltrasjonstap. Det igjen medfører at gjenvinningsverdien blir lavere.

## 3.2 Konstruksjon og bruk av svømmehaller

Belastningen som fuktige innelima i en svømmehall påfører bygningskonstruksjonen, gjør at oppbygging av bygningskonstruksjonen er annerledes enn i andre bygg. I svømmehaller er det et varmt og fuktig innelima som medfører at vanndamp og duggpunktstemperaturer vil oppføre seg annerledes enn i andre bygg. Duggpunktstemperatur er den temperaturen som luften må avkjøles til, uten at trykket endres, slik at metning (duggdannelse) inntreffer. I en svømmehall er det høy luftfuktighet og vanndamp i luften vil kunne begynne å kondensere allerede ved rundt 20°C [14]. Dette gjør at sannsynligheten for overflatekondens er relativt høy. Dette gjelder spesielt ved kuldebroer og vindusflater. Dette unngår man ved å etablere en bygning med god varmekonstruksjon. Det benyttes materialer med lave U-verdier i tillegg til systemer som kontrollerer luftfuktighet.

Damptrykket i svømmehaller er høyt og vil føre til at det over en periode vil være et diffusjonspotensial av damp. Vanndampen vil kondensere i bygningskonstruksjonen dersom den trenger inn i konstruksjonen og kjøles ned til duggpunktstemperatur. For å unngå kondensering i bygningskonstruksjonen, benyttes det dampsperre på byggets varme side. Dampsperre hindrer fuktighet i å trenge inn i klimaskallet. Sintef anbefaler å benytte en damp-åpen vindsperre på kald side. Hensikten med vindsperran er å beskytte isolasjonen mot inntrenging av kaldluft slik at isolasjonsevnen opprettholdes. Vindsperran skal ha lav dampmotstand slik at fukt slipper ut av klimaskallet. Dampsperre og vindsperre bidrar til at damptrykket er lavere enn metningstrykket i alle sjikt i konstruksjonen og man unngår kondens [22].

## 3.3 Innelima i svømmehaller

Svømmehaller har høy lufttemperatur og høy relativ fuktighet i inneluften. Høy lufttemperatur og høy relativ fuktighet fører til at muligheten for skader på bygningskroppen, forårsaket av fukt, er stor. For å begrense avdampingen fra bassenget anbefales det at lufttemperaturen ligger to grader høyere enn vanntemperaturen. Dette bidrar også til økt komfort hos brukerne, samtidig som det begrenser avdampning fra vannoverflate. Dersom lufttemperaturen blir lavere enn vanntemperaturen blir luften tyngre enn den mettende luften som ligger over vannflaten. Dette medfører et kontinuerlig skifte av luften ved vannflaten. Et skifte av luft ved vannoverflaten bidrar til økt fordampning. Sintef legger frem følgende anbefalinger til vanntemperatur og fordampning:

Tabell 1: Anbefalte vanntemperaturer v/ fordampning[14].

Bassengtype	Vanntemperaturer °C	Fordampning kg/(m <sup>2</sup> h)
Privatbasseng	27-28	Ca. 0,10
Hotell	27	0,18
Nattdrift		0,10
Offentlige bad:		
Dagdrift	28	0,25
Middel drift		0,20
Nattdrift		0,10
Varmtvannsbasseng	32-36	0,35-0,50
Boblebad	36-38	0,9-1,0
Rutsjebane	31	0,5 kg/h pr. lm renne

Vanlig praksis er å benytte en vanntemperatur på ca. 28°C som et normal de fleste brukergrupper. Dette resulterer i at lufttemperaturen vil ligge på ca. 30°C. Dette bidrar også til en økt komfort hos brukerne. En lufttemperatur på 30°C er 8°C - 10°C varmere en normaltemperatur i vanlige kontorbygg, skoler og boliger.

Høy avdampning fra bassengflatene fører til høyere relativ fuktighet for luften i bassenganlegget. Vanlig anbefales det at relativ fuktighet i en bolig ligger i området mellom 20 % til 40% relativ fuktighet. I bade- og svømmeanlegg er det normalt at denne verdien ligger i området mellom 50 % til 60 % [14].

Et resultatet av høy lufttemperatur og høy relativ fuktighet er et godt vekstgrunnlag for sopp, mugg og andre mikroorganismer. Fordampning av klor fra vannoverflaten kan føre til sviende lukt i nese og irritasjon i øyne og slimhinner. For å hindre dette er det viktig med god kontroll på inn klima. Et godt luftbehandlingsanlegg sammen med god fuktkontroll gir godluftkvalitet for brukerne samtidig som det gir de beste forhold for de bygningstekniske konstruksjonene.

### **3.4 Tradisjonell oppbygging av ventilasjon og energisystem**

I en svømmehall er det størst sannsynlighet for overflatekondens på glassflater, i hjørner og andre steder der luften blir stående stille og på steder med kuldebroer slik at luften kjøles ned til omliggende overflatetemperatur og kondenserer. For å unngå kondens designes ventilasjonssystemet med en "varmestrykning" over glassflaten. Tilluften tilføres under nedre del av glassflatene. Et annet tiltak for å hindre kondens i kritiske områder kan være å ventilere lokalene med et undertrykk. Ved å ventilere lokalene med undertrykk forhindrer en at man "presser" fukt inn i vegg- og takkonstruksjonen[14].

### **3.5 Grunnlag for energibruk**

Grunnlaget for energibruken i en svømmehall er den totale energien som forsvinner ut av svømmehallen og den energien som må tilføres anlegget for å dekke opp for dette. For de fleste svømmehaller kan disse elementene ansees å være de samme. Årsakene til dette er ofte transmisjonstap, infiltrasjonstap, ventilasjonstap, fordampning, avfuktning og interne varmetilskudd.

For å designe et optimalt anlegg, med god energikontroll, er det avgjørende å få kontroll på hvor forsvinner energien ut av bygget, hva tilføres av energi til bygget, hva forbruker de tekniske installasjonene og hva skjer i prosessen. For Manglerud Bad er det i stor grad installert energimålere på alle anlegg. Dette gir mulighet for å kunne overvake de tekniske systemene, kontrollere tilført energi, kontrollere gjenvinningsgrad, virkningsgrader og ha kontroll på hele energikretsløpet. Alle systemene er koblet opp mot Energinett for å enkelt kunne overvake hvert enkelt system.



### 3.5.1 Transmisjonstap

Transmisjonstapet er resultatet av varmetapet igjennom ulike deler av bygningskroppen. Dette er totalen av varmetransport til uteluft, soner uten annet varmetilskudd og varmetap mot grunn og overflate. transmisjonstapet er gitt ved likningen:

$$\dot{Q}_{trans} = \sum_i (U_i \cdot A_i) \cdot \Delta T [W] \quad (1)$$

Hvor: U - Varmeovergangstall (W/m<sup>2</sup> K) A - Areal Delta T - Variasjonen i temperatur

### 3.5.2 Infiltrasjonstap

Utettheter i konstruksjonen som følger av luftlekkasjer medfører et varmetap, også kalt infiltrasjonstap. I NS3031 er likningen for infiltrasjonstap presentert som under. Faktoren 0,33 er luftens varmekapasitet pr. volum, gitt i [W/(m<sup>3</sup>K)].

$$\dot{Q}_{inf} = 0,33 \cdot \eta_{inf} \cdot V \cdot \Delta T [W] \quad (2)$$

### 3.5.3 Energitilførsel via ventilasjonsanlegget

Ventilasjonsanlegget krever en andel energi for å varme opp uteluften, friskluft, til ønsket tilluftstemperatur. Tilskuddet er energien som ventilasjonsanlegget ikke klarer å gjenvinne fra avtrekksluften. Iht. NS3031 er ligningen beskrevet som:

$$\dot{Q}_{vent} = 0,33 \cdot \dot{V} \cdot (1 - \eta_T) \cdot \Delta T [W] \quad (3)$$

Mengden tilført friskluft vil variere mellom anleggets belastning og skilles ofte mellom dag- og nattmodus.

### 3.6 Fordampning

Fordampning fra bassenget er den største årsaken til fuktig luft i svømmehaller. I sjiktet mellom vannflaten og luftlaget vil det kontinuerlig tilføres fuktighet til luften. Det vil også tilføres fuktighet til luften via gulvoverflater, dusj- og garderobesoner. Når et vannspeil, eksempelvis bassengoverflaten, er i kontakt med luften i svømmehallen, er ikke denne luften mettet. Fordampningsprosessen vil derfor foregå helt til luften når metningspunktet. I moderne svømmehaller vil fordampning foregå med en intensitet bestemt av luftens relative fuktighet, lufthastigheten over vannflaten, aktivitet i bassenget og temperaturdifferansen mellom vannspeilet og lufttemperaturen. For å forhindre at den fuktige luften i svømmehaller skal stige, må temperaturen i svømmehallen være minst  $2^{\circ}\text{C}$  høyere enn vanntemperaturen. Fordampningen vil også øke med antall badende gjester. Dette skyldes høyere aktivitet i vannoverflaten, bassengvann som forlater bassenget via vannsprut, samt fordampning fra våte kroppar. Ettersom luften tar til seg fuktighet vil energien i luften også øke. Når denne luften forlater bygget som avkastluft, vil også den potensielle energien i luften forsvinne. Det er mulig å gjenvinne denne energien via en varmepumpe eller via ventilasjonsanlegget og avfuktningprosessen [20].

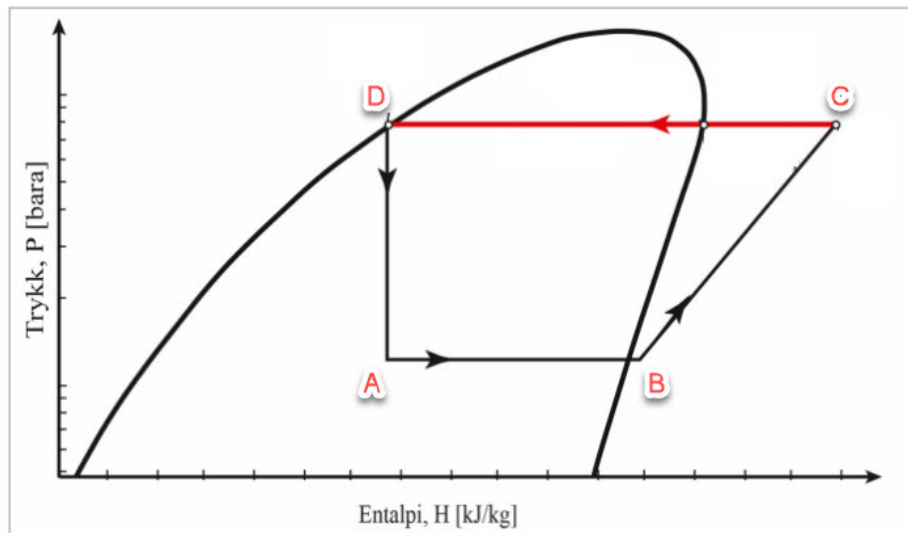
### 3.7 Generelt om varmepumpe og varmepumpeprosessen

Varmevekslere og varmepumper er ofte to installasjoner som benyttes sammen. I mange tilfeller kan det være mer energieffektivt å benytte en varmeveksler med direkteveksling. Driften av varmeveksler med direkte veksling krever mindre energi enn en varmepumpe. Avhengig av system er det nødvendig å gjøre en vurdering hvorvidt det er muligheter for å benytte en direkte varmeveksler eller om det er behov for installasjon av varmepumpe. Denne vurderingen baserer seg på type varmekilde i bygget, hvilken temperatur denne opererer med, samt tilgjengelig entalpi for å tilfredsstille behovet til en varmeveksler. Varmegjenvinning via varmeveksler gir en lavere investeringskostnad enn bruk av varmepumpe og har stor utnyttelsesgrad. Dette gjør veksler til en lønnsom investering for et anlegg med gjenvinningspotensial og bør i første omgang prioriteres.

Varmepumper kan benyttes både til varme- og kjøleprosesser og finnes ofte i moderne bygg, også i svømmehaller. Disse gir en god mulighet til gjenvinning av varme som ellers ville vært å anse som tapt. Varmepumper kan alene benyttes som primær varmekilde for å dekke hele svømmehallens varmebehov. Dette omfatter varme til romoppvarming, ventilasjonsvarme, tappevannsvarme og varme til basseng. Alternativt kan varmepumpe benyttes i kombinasjon med andre varmekilder som fjernvarme. På Manglerud Bad benyttes varmepumpen til kjøling mens fjernvarme benyttes som primær varmekilde.

En varmepumpe kan også benyttes som reserve varmekilde eller restvarmekilde om fjernvarme ikke skulle ha kapasitet til å dekke byggets varmebehov deler av året.

En varmepumpe fungerer ved at et arbeidsmedium fordamer og kondenserer ved ulike temperatur og trykkforhold. De fire hovedkomponentene i en varme pumpe er fordamer, kondensator, stupeventil og kompressor [21].



Figur 4: Varmepumpeprosessen fremstilt i et ph-diagram

Figur 4 viser varmepumpeprosessen i et ph-diagram eller et entalpi/trykk-diagram. Prosessen starter fra punkt A til B, som er fordamperen der varme tilføres fra varmekilden. Fra punkt B til C vil kompressoren komprimere arbeidsmediet og trykket øker. Fra punkt C til D vil mediet avgi energi og arbeidsmediet kondenserer. I løpet av denne prosessen vil arbeidsmediet gå fra å være i en gassfase, til væske fase og tilbake til gassfase. Denne vekslingen skjer mellom punkt D til A, hvor prosessen strupes og trykket reduseres.

## 3.8 Varmegjenvinning

Med det høye energiforbruket i svømmehaller er det et potensial for en høy andel varmegjenvinning. Gjenvinning av varme eller annen energi er økonomisk lønnsomt da det bidrar til å redusere de totale kostnadene. Kampel antar at kostnadene for energibruk i svømmehaller, utgjør ca. 30% av totale årlige kostnader[13]. Overskuddsvarme fra en systemprosess er, for en svømmehall, en god mulighet for å utnytte energien som allerede er i bygget. I avkastluft fra ventilasjonsanlegg er det et stort potensial for å hente ut energi fra varm og fuktig luft med høy entalpi. I svømmehaller er det også en stor andel gråvann i forbindelse med dusjanlegg og rensesprosess fra basseng, som har stort gjenvinningspotensial. For svømmehaller vil det være aktuelt å gjenvinne varme fra avkastluft og fra gråvann.

### 3.8.1 Gråvannsvarmegjenvinning

Spillvann fra dusj, bad og servanter defineres som gråvann. For mange bygningskategorier er dette vann som ansees som avfall og renner ut i avløpet som rent avfallsprodukt og energitap for bygningen. Temperaturen for gråvann i svømmehaller ligger vanligvis mellom 25 °C - 40 °C. Det er en kilde det er mulig å hente energi fra hele året ettersom det er tilknyttet funksjoner som benyttes daglig. Det er vanlig å anta at en varmegjenvinner for gråvann kan ha en gjenvinningsgrad på ca. 30 % - 70 % av den energien som er tilført vannet. En installasjon som gjenvinner varme fra gråvann er en relativ kostbar investering. Utstyr for gråvannsgjenvinning krever oppfølging med hensyn på vedlikehold og rengjøring. Vedlikehold og rengjøring er også en kostnad som medregnes i det totale kostnadsbildet. Gråvannet inneholder annet avfall som fett, hudceller og såperester. Dette kan legge seg som et isolerende lag i veksleren som er med på å redusere varmeoverføringen og begrense virkningsgraden[15].

Det er fortrinnsvis to måter å utnytte varmegjenvinning fra gråvann. Dette deles i passiv-og aktiv varmegjenvinning. Ved passiv varmegjenvinning overfører energi fra gråvann til forvarming av tappevann via varmeveksling. Dette en enkel prosess som i stor grad kun er avhengig av pumpe til å flytte vannet og en motorventil som regulerer mengde. Denne typen anlegge designes ofte med en akkumuleringstank som forsinker varmevekslingen. Aktiv gråvannsvarmegjenvinning baserer seg på benytte energien i gråvannet som en energikilde til bruk i for eksempel en varmepumpe.

Vanligvis benyttes denne varmpumpen kun til forvarming av tappevann. Det er også mulig å kombinere aktiv og passiv gråvannsvarmegjenvinning. Dette gjøres ved å hente varme fra gråvann passivt for å så utnytte restvarmen aktivt med en gråvannsvarmepumpe[15].

### 3.8.2 Ventilasjonvarmegjenvinning

For å opprettholde et stabilt og tilfredsstillende inneklima må fuktig luft skiftes ut og eller avfuktes. Fuktig luft kan erstattes ved å tilføre uteluft med lavere fuktinnhold. Fuktig avtrekksluft kan også avfuktes og føres tilbake i bygget via omluftdel i aggregatet. Et luftbehandlingsaggregat med avfuktningsdel og omluftdel, sammen med riktig regulering, vil bidra til å kontrollere og holde fuktighetsnivået på et riktig nivå. Et riktig luftfuktighetsnivå er viktig slik at det ikke oppstår fuktskader på bygningskonstruksjoner eller sopp og råteskader.

I svømmehaller har det vært vanlig praksis å tilføre uteluft med lavere fuktighetsinnhold som erstatter den fuktige avtrekksluften. Svømmehaller har relativt høy innetemperatur og tilført uteluft må i store deler av året tilføres energi for å varmes opp. Dette er en energikrevende prosess. En andel av energien fra avtrekksluften vil ikke gjenvinnes og vil gå tapt. Dette bidrar igjen til høye driftskostnader. For å utnytte energien bedre har mange svømmehaller modernisert sine systemer. Eksempelvis ved å benytte omluft med avfukting sammen med varmegjenvinning av avtrekksluften. Når anlegget kjøres på omluftventilering, blandes en andel av avtrekksluften med tilført friskluft til hallen. Dette bidrar til redusert energiforbruk. Dette er et godt energisparende tiltak. I noen anlegg er det vanskelig, eller kostnadskrevende, med varmegjenvinning der tilluft- og avtrekksaggregater er adskilt.

Friskluftmengden ønskes å reguleres til et minimum for å begrense bruk av energi, samtidig som det skal opprettholdes god komforttemperatur. Sintef Byggforsk anbefaler et luftskifte på fire- til syv ganger i løpet av en time. Anbefaling for terapi- eller opplæringsbasseng er et luftskifte på åtte til ti ganger pr. time.

Aggregater med varmevekslere blir, i tillegg til energigjenvinning, benyttet til avfuktning ved hjelp av tilført frisk uteluft. Dette er en energieffektivt og enkel måte å avfukte fuktig luft. Det mest vanlige er å benytte kryssvarmevekslere eller væskekoblede varmevekslere. Kryssvekslere/motstrømsvekslere består av tynne plater som skiller mellom kald og varm luft. Både kryssvekslere og væskekoblede varmevekslere motvirker at lukt, fuktighet eller andre uønskede stoffer blander seg med tilført friskluft. Ifølge Sintef Byggforsk har disse vekslerne en temperaturvirkningsgrad på 50 % - 60%[14].

Vekslere som benyttes i svømmehaller består av materialer som tåler korrosivt miljø. Menerga, som er en leverandør av luftbehandlingsaggregater til svømmehaller, bruker polypropylen i sine vekslere for å unngå korrosjon. Avtrekksluft blir kjølt ned til duggpunktstemperatur. Fuktigheten i avtrekksluften kondenserer og bidrar til avfuktning. Dette forutsetter omluft. Varmevekslere kan også benyttes i kombinasjon med et kjøleteknisk avfuktningssystem [16][17].

### 3.8.3 Kjøling

De fleste svømmehaller med tilhørende bygninger har i noen tilfeller behov for kjøling, enten i hele eller deler av anlegget. Kjølebehovet kan variere i ulike soner av bygget og til ulike tider av året. For eksempel vil rom som energisentraler og tekniske rom, hvor det er prosesser som har overskuddsvarme som ikke kan benyttes, ha behov for kjøling. For noen kjølesystemer vil det være mulig å benytte seg av overskuddsvarmen fra kjøleprosessen til byggets varmeanlegg. På Manglerud Bad benyttes romkjøling samtidig med varmeanlegget. Dette betyr at bygget har et varme- og kjølebehov samtidig. Manglerud Bad benytter varmepumpen som en ”kjøle”-pumpe for å produsere isvann til ventilasjonsaggregatene og avfukting.

### 3.8.4 Energibrønn og energibrønnpark

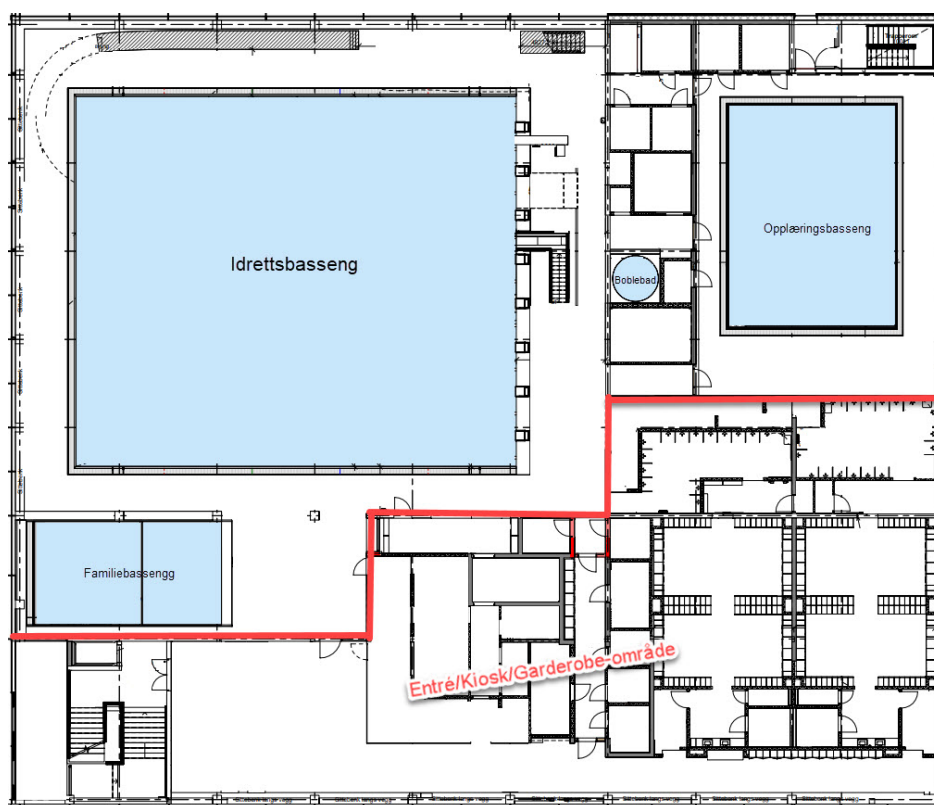
Energibrønner kan benyttes til å dumpe varme og kjøling når et bygg har et lite oppvarming- eller kjølebehov. Er innkjøpsprisene for energien lav, er det mulighet å kjøpe energien til en lav pris, lagre den i brønnen og hente denne opp igjen etter et bygg sitt behov. Energibrønner kan også benyttes i sammenheng med varmepumper eller andre installasjoner. Brønnen benyttes da som et varme-eller kuldelagringsreservoar. En energibrønn består av et eller flere borehull i en dybde fra 70m til 300m. Dybden på borehullet vil variere med type bergart og eventuelt grunnvannsnivå. Effektbehovet til energibrønnen vil også være en avgjørende faktor for borehullets dybde[18].

En energibrønnpark er et større anlegg som består av flere energibrønner. Dette gir muligheten til å lagre en større mengde energi. Antall energibrønner vil variere med utformingen av hvert enkelt system[19].

### 3.9 Manglerud Bad

Manglerud bad stod ferdig i 2022, med offisiell åpning i september samme år. Det er et av de nyeste badene i Norge og har et gjennomsnittsbesøktall på ca 14500 personer pr. måned. Badet har et totalt areal på  $6\,300\text{m}^2$  med tilleggende aktivitetssenter og kulturlokaler. Bade- og svømmeanlegget utgjør ca.  $1500\text{m}^2$  av dette. Badet har et treningsbasseng på ca  $525\text{m}^2$ , et opplæringsbasseng på ca.  $120\text{m}^2$ , et familiebaseng på  $60\text{m}^2$  og et boblebad på ca.  $7\text{m}^2$ , som vist i figur 5. Totalt behandlet luftmengde utgjør ca  $23\,000\text{m}^3/\text{h}$ .

Manglerud bad ble ferdigstilt i 2022. Det var offisiell åpning i september samme år. Manglerud er et av de nyeste badene i Norge. Anlegget har et gjennomsnittsbesøktall på ca. 14 500 personer pr. måned. Årlig ca. 174 000. Badet har et totalt areal på ca.  $3000\text{m}^2$  med tilleggende aktivitetssenter og kulturlokaler. Bade- og svømmeanlegget utgjør ca.  $1500\text{m}^2$  av totalarealet. Badet har et treningsbasseng på ca.  $525\text{m}^2$ , et opplæringsbasseng på ca.  $120\text{m}^2$ , et familiebaseng på  $60\text{m}^2$  og et boblebad på ca.  $7\text{m}^2$ . Bassengene er vist i figur 5. Totalt behandlet luftmengde er ca  $23\,000\text{m}^3/\text{h}$ .



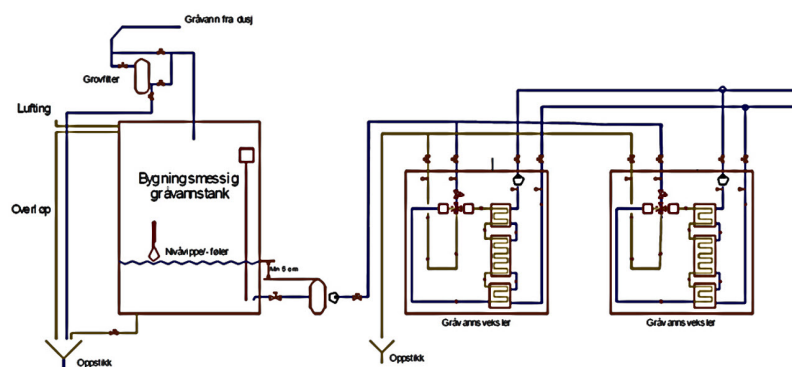
Figur 5: Oversikt bassengareal på Manglerud Bad, med tilhørende garderobeområde, kiosk og entré.



Varmesystemet på Manglerud Bad baserer seg på fjernvarme fra nærområdets fjernvarmenett. Varmeenergien fra fjernvarmenettet benyttes til oppvarming av ventilasjonskrets, bassengvann, romoppvarming via gulvvarme i oppholdsrom/tørrerom, og tappe/forbruksvann. Varmeanlegget suppleres også med overskuddsvarme fra varmepumpesystemet og gråvann. Ved overskuddsvarme fra svømmehallen, leveres varme til energibrønner. Om fjernvarmeveksleren leverer overskuddsvarme, eksempelvis i sommerhalvåret, benyttes denne energien til lading av brønnparkene. Brønnparkene er knyttet opp mot fjernvarmeleverandør og kalenderstyres. Dette er en fordelaktig måte å håndtere energien på for å redusere byggets energibruk.

Varmesystemet på Manglerud Bad baserer seg energi fra området fjernvarmenett. Energien fra fjernvarmenettet benyttes til oppvarming av ventilasjonsluft, bassengvann, romoppvarming og oppvarming av forbruksvann. Romoppvarming via gulvvarme i oppholdsrom/tørkerom. Varmeanlegget benytter også energi fra varmepumper og energi gjenvunnet fra gråvann. Ved overskuddsvarme fra svømmehallen eller overskuddsenergi fra fjernvarmeanlegg, tilføres det energi til energibrønner. Fjernvarmeleverandør kan leverer overskuddsenergi for eksempel i sommerhalvåret. Denne energien er ment å bli benyttet til energilagring i brønnpark.

Systemet baserer seg også på gråvannsgjenvinning. Systemet bidrar til å forvarme tappevannsystemet med energi fra gråvann ved hjelp av en varmeveksler. Gråvannet blir rensset av filter før varmegjenvinning påbegynnes. Systemet renser automatisk gråvannsgjenvinneren. Strategien er å ha høyest mulig driftstid over varmeveksleren for å oppnå best mulig energiutnyttelse av gråvannet.

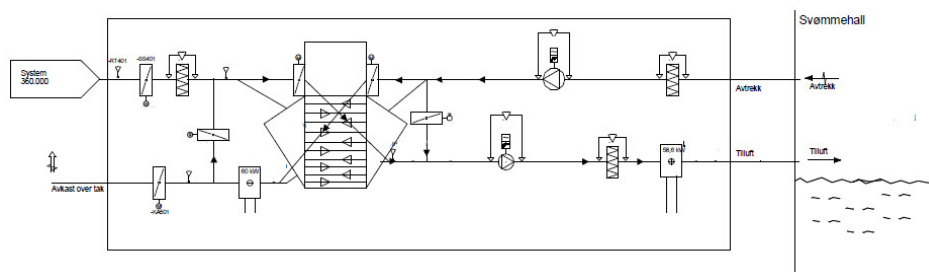


Figur 6: Design av gråvannsgjenvinner på Manglerud Bad

Anlegget er utstyr med to  $CO_2$  varmepumper, med tilhørende eksterne pumper, ventiler og rørnett. Varmepumpeanlegget er designet slik at de har brukstid med færrest mulig start/stopp av kompressoren. Pumpene fungerer alternerende. Når en varmepumpe er i drift, står den andre. Hensikten med systemet er å dekke energibehovet til kjøle- og avfuktningssystemet for hele bygningsmassen. Systemet sørger for isvannsproduksjon til luftbehandlingsanleggene for bassengene og tilliggende lokaler, samt gråvannsgjenvinner. Overskuddsvarmen fra varmepumpeanlegget prioriteres til bruk i varmesentral. Ved ytterligere overskudd tilføres varme til brønnpark. Systemet er utstyr med elektrisk energimåling.

Luftbehandlingssystemet er bygget opp med totalt åtte ventilasjonsaggregater. De ulike aggregatene dekker forskjellige soner. I denne oppgaven er det medtatt alle aggregater som har en funksjon i forbindelse med svømmehallen, tilhørende kjøkken, ventilering av varmesentral, og lignende. Ventilasjonsaggregatene er levert av Menega. Aggregatenes hovedoppgave er å sørge for riktig friskluftmengde, regulering av luftfuktighet og temperatur i svømmehallen.

Aggregatene er kombinerte ventilasjons- og avfuktingsaggregater med varmegjenvinner. Varmegjenvinner er batterigjenvinner med varmepumpe. Dette gjør at luften i svømmehallen avfuktes, samtidig som energien gjenvinnes. Energien fra den fuktige luften gjenvinnes i fordamperen og overføres som varme til ventilasjonsluften og bassengoppvarming.



Figur 7: Flytskjema for et typisk ventilasjonsaggregat på Manglerud Bad

Friskluft hentes fra felles luftinntak plassert på byggets nordside i plan 2. Lufta føres videre via hovedskjakt og ned i et felles luftinntakskammer før det fordeles til hvert enkelt aggregat. Alle ventilasjonsaggregater er plassert byggets underetasje. Tilluft tilføres bassengareal med rister i brystning langs vindusflatene. Denne metoden å tilføre tilluft og baserer seg på ”betryknings”-prinsippet. Kanalnettet er designet som en ringledning med avgreining til fordelingskammer og er plassert i etasjen under. Fra fordelingskammeret føres lufta opp til svømmehallen til rister i brystning. Ventilasjonsanlegget er designet til å ha en temperaturrevirkningsgrad på 75 % - 80 %. I tillegg til tradisjonell ventilering av bassengrom, garderobes, kjøkkenarealer, er det to ventilasjonssystemer.

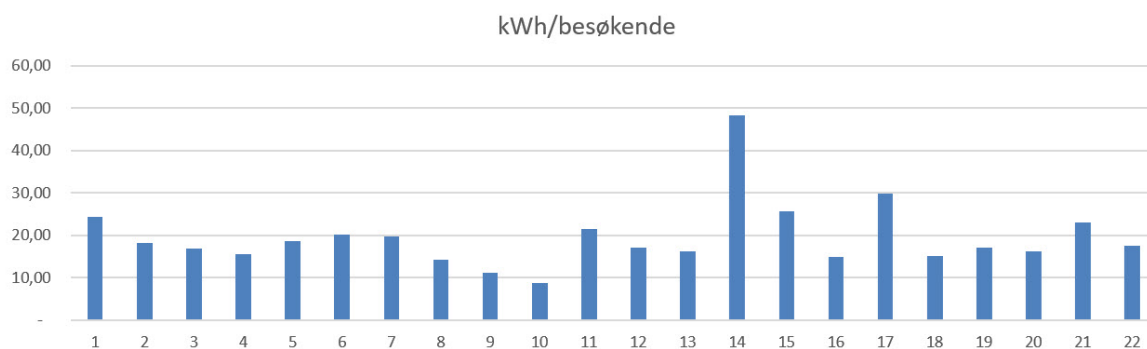
Et for ventilering av loft og et for ventilering av stort basseng ved konkurranser. Tanken med ventilering av stort basseng ved konkurranser er å sørge for lav THM (trihalometaner) ved bassengoverflate, samtidig med ventilering av tribuneområdet med underkjølt luft.

Det benyttes også en strategi for forvarming av tappevann, hvor man varmer opp idrettsbassenget med en grad over natten før dette dumpes tilbake til forbruksvannet. Overskuddsvarme fra svømmeanlegget dumpes i energibrønnene. Anlegget er utstyr med totalt 8 energibrønner med en total brønndybde på ca. 2400m. Den totale systemoversikten som er analysert finnes i vedlegg 1.

### 3.10 Oppbygging av referansebad

For å benytte et sammenligningsgrunnlag av verdiene innhentet på Manglerud Bad, er det hentet data sammensatt av 22 ulike bad i Norge, for å danne et fiktivt referansebad. Referanse badet benyttes primært som en målestokk for de samme paramterene som er lagt til grunn for Manglerud Bad og presenteres i resultatene i kapittel 5.

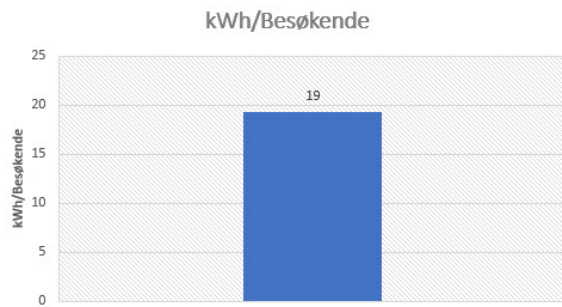
Som tidligere nevnt i kapittel 3, er det stor variasjon i norske svømmehaller. Det er få av disse anleggene som kan ansees som like. Øvrige bad er i stor grad tilpasset sine spesifikke ”behov”. For å skape et mest reelt sammenligningsgrunnlag er det derfor regnet ut et gjennomsnitt av 22 norske svømmehaller. Disse dataene er hentet inn av Bjørn Aas og presentert i Energistatistikk, Badeteknikk 2019 [23]. Figur 8 viser et eksempel på fremstillingen i energistatistikken.



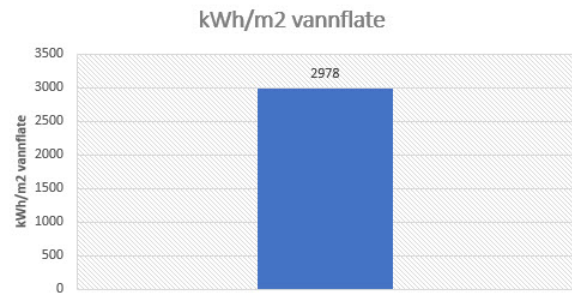
Figur 8: Oversikt over forbruk pr badende gjest i 22 bad

Disse tallene gir kun en indikasjon ettersom måleperiode, systemtyper, anleggsutførelse, m.m. ikke er kjent. Det er knyttet en unøyaktighet til avlesning av disse tallene ettersom de kun er avlest fra graf. Det er avlest etter beste evne, men det vil igjen generere et avvik fra reell verdi. Ettersom Manglerud er et relativt nytt bad, er måleperioden ganske kort. Kun 8 måneder. Noen av badene, som benyttes i utarbeidelse av referansebadet, er eldre bad. Badene kan bære preg av eldre design, dårligere anleggsytelse, lavere energieffektivitet og dårligere bygningskropp. Det er allikevel valgt å benytte disse tallene videre, ettersom det er å anse som et representativt utvalg av de faktiske badene i Norge. De vil i gjennomsnitt resultere i en god referanseverdi for nye bad.

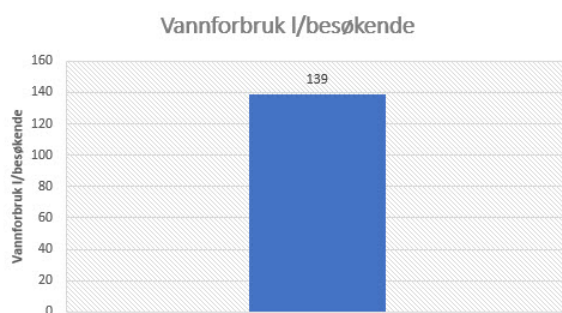
Fra figur 9 er det regnet et gjennomsnitt hvor parametere videreføres inn til et sammenligningsgrunnlag. Figur 9 viser eksempelvis kWh/visøende gjest, med en verdi på henholdsvis 16,4 kWh, figur 10 viser forbruk pr. m<sup>2</sup> vannflate og figur 11 viser en total på 114 liter pr. badende gjest



Figur 9: kWh/besøkende



Figur 10: kWh/m<sup>2</sup> vannflate

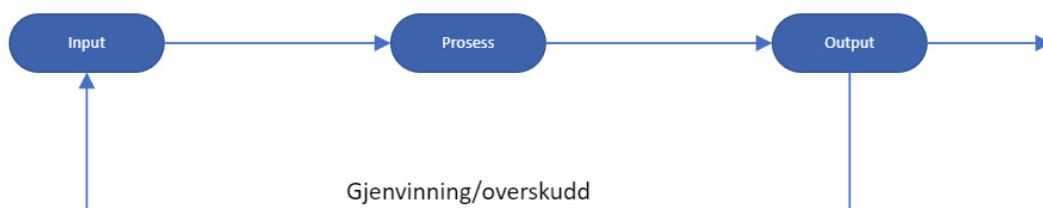


Figur 11: Vannforbruk l/besøkende

## 4 Metode

Dette kapitlet vil ta for seg hvordan grunnlaget for resultatet er hentet inn og bearbeidet. Det har vært et ønske å analysere dataene på systemnivå og se hvor energien i bygget benyttes og hvilke systemer den supplerer. Fra energien leveres fra fjernvarmenettet, via de forskjellige systemløsninger og frem til den slippes ut av bygget via avkastluft, transmisjon eller avløp.

For lettere å kunne studere de forskjellige systemene er det valgt å dele de inn i tre ulike deler. De tre ulike delene er kalt input, prosess og output. Delene er vist i figur 12. Denne oppdelingen har gitt muligheten for å kunne isolere systemene hver for seg og gjort en vurdering i forhold til måledataene. Når disse systemene settes sammen, vil man få frem det totale energibildet til bygget i måleperioden.



Figur 12: Systemene er delt inn i input, prosess og output

I vedlegg 1 er det vedlagt den totale systemoversikten for de analyserte systemene. Systemene er delt inn i underkategoriene som vist i figur 12. I utgangspunktet var tanken å analysere alle disse systemene på makro-nivå. Dette var for å få oversikt over forbruk av energi, hvilke systemer som påvirker hverandre og gjøre en analyse av hvor benyttes energien og hvor energien forsvinner. Hvor mye energi forsvinner ut av bygget som ikke benyttes. Grunnet begrensinger i tilgangen på data, slik som det er omtalt tidligere i rapporten, ble det valgt å analysere hva som ble levert av energi til bygget og hvilken nytte fikk man av systemene man blant annet hadde valgt for å lagre og gjenvinne energi. For resultatene i denne oppgaven var disse dataene mer representative og lettere å sammenligne mot tidligere referanser.

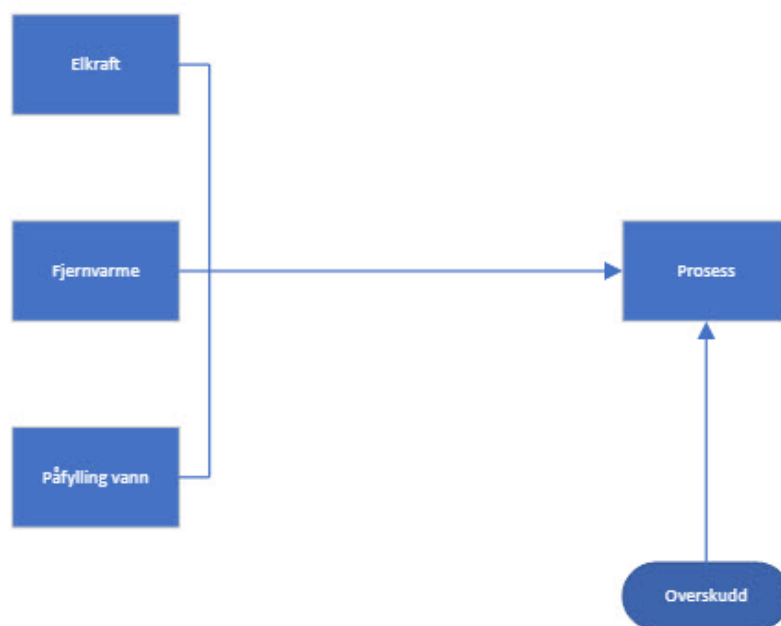
Alt dataunderlag som er innhentet og benyttet i denne oppgaven, baserer seg på malte verdier hentet fra energinett. De innhentede dataene har gitt muligheten til å analysere systemene enkeltvis. Det innhentede dataunderlaget er registrert hver for seg månedsvis. I figur 18 er det utført en analyse for å verifisere hvordan systemet påvirkes av utetemperaturen. I kapittel 5 refereres det til Amanda Worthy sin analyse av utetemperaturen sin påvirkning på forbruket. For å teste denne teorien samt se systemet sin respons i forhold til utetemperaturen, ble denne analysen gjennomført. I kapittel 5 er det redegjort for usikkerhetene knyttet til disse dataene.

## 4.1 Input energisystem

I dette delkapittelet vil det defineres hvilke "input"-systemer som er aktuelle for Manglerud Bad og andelen kjøpt energi. Hensikten er å se på andel tilført energi til badet, for å senere se på disse verdiene opp mot referansebadet. For Manglerud Bad vil det være naturlig å definere fjernvarme som primær input kilde for oppvarming av bygget. Fjernvarme leveres inn til en 600kW varmeveksler. I tillegg til dette er det installert en 250kW tappevannsvexler. Tappevannsvexler, er tilknyttet systemet 310.000 og benyttes til oppvarming av forbruksvann.

For, systemet 320.000 varmekrets, er anlegget dimensjonert med en turtemperatur på 60°C og en returtemperatur på 33°C. Varme systemet leverer i sin helhet energi videre til varme- og ventilasjonskurs. Denne oppgaven går ikke nærmere inn på alle systemene i detalj, da det ikke er å anse som nødvendig for å få svar på de problemstillinger som skal belyses. Hovedsakelig fokuseres på andel kjøpt energi fra fjernvarme. Kjøpt/ tilført energi vil danne et totalbilde for parameterene som er benyttet for resultatene i kapittel 5.

Videre vil elforbruket, sammen med energi fra fjernvarme, danne grunnlaget for det totale energiforbruket i anlegget. El-anlegget er bygget både som et høyspent- og et lavspenning-anlegget. Høyspentanlegget er på , med en størrelse parundt 1600 KVA. Lavspenninganlegget er 400V. Lavspenninganlegget bygd opp med hovedtavle vider til underfordelinger ut i bygget. Elektrisitet benyttes primært til drift av pumper, vifter, lys og automatikk, samt prosesser som høyttaleranlegg, kiosk/kjøkken, med mer.



Figur 13: Prosesskart for systemer som tilfører energi til Manglerud Bad

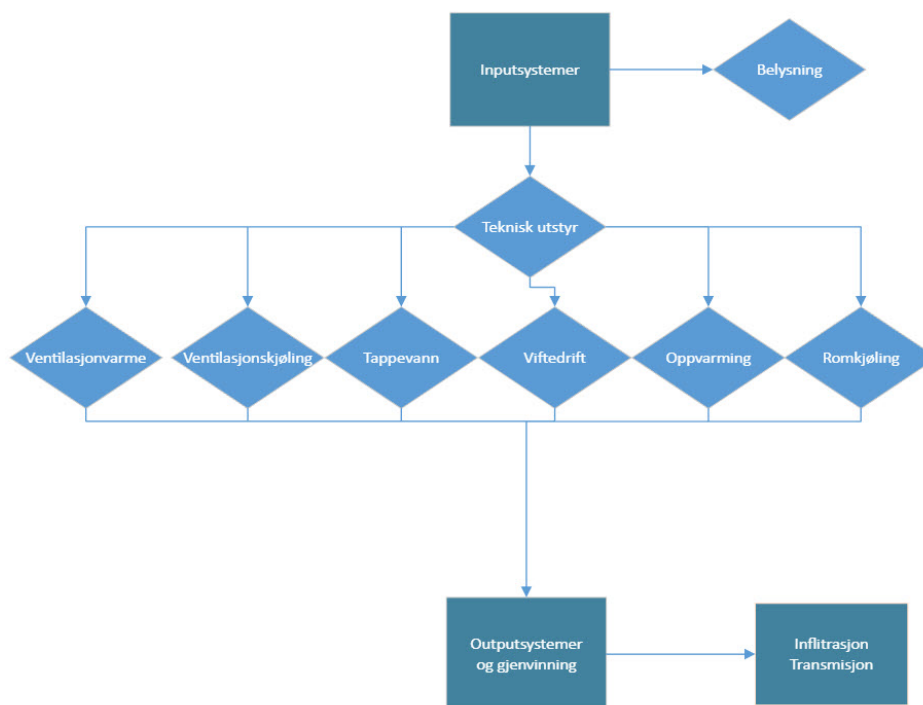
Med bakgrunn i overnevnte parametere er det innhentet og studert data for hver måned fra august 2022 og frem til mars 2023. Disse dataene er også lagt til grunn for videre beregninger og resultater. Årsaken til at det er valgt å sammenligne systemene fordelt på måneder er systemets totale driftstid slik at data kan sammenlignes med referansedata. Manglerud Bad, er som tidligere nevnt, i en innkjøringsfase. Anlegget har vært i drift i omlag syv måneder når denne oppgaven skrives. De dataene som har vært tilgjengelig i denne oppgaven danner også grunnlag for noen usikkerhet rundt dataene som er hentet inn. Usikkerhetene er omtalt i kapittel 5.

De forskjellige systemene på Manglerud bad er utstyr med en rekke energimålere. Disse målerene leverer data til Energinett, som benyttes som overvåkning og innhente data. Dataene for denne oppgaven er primært hentet ut fra Energinett, men er i tillegg sett i sammenheng med fysiske avlesninger.



## 4.2 Prosess energisystem

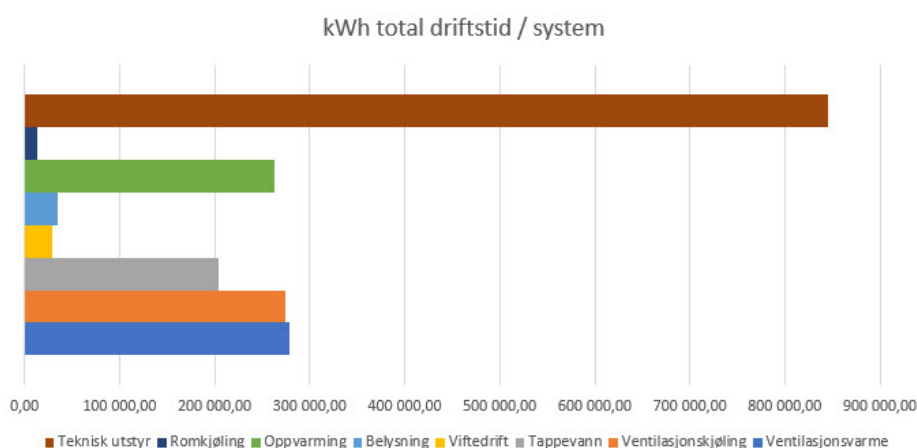
Prosesssystemene på Manglerud er de systemene som forbruker energien. Hvert enkelt system er, som inputsystemene, tilkoblet energimålere. Forbruket registreres og analyseres i Energinett. I de enkelte systemene i anlegget inngår det blant annet teknisk utstyr til prosess, romoppvarming- og kjøling, ventilasjonskurser og så videre. For denne oppgaven er de ulike systemene samlet i delkategorier som vist i figur 14. Systemene anses å være de bærende energipostene som representeres i systemet som en helhet. Figur 14 viser input som forsyningslinje til teknisk utstyr og belysning. Her er belysning som er en direkte forbruker av elektrisk tilføres delt ut som en egen flik. Videre er teknisk utstyr delt opp i egne underkategorier. Energien fordeles videre ut til de ulike undersystemene. Figur 14 viser prosessflyten av energi som foreligger på Manglerud Bad.



Figur 14: Prosesskart for forbrukssystemer

Det er totalt 36 delsystemer på Manglerud bad. Delsystemene er representert i de åtte underkategoriene i figur 14 og analysert i denne oppgaven. Figur 15 gir en indikasjon på forbruk av energi pr. delsystem. Den analyserte perioden er på åtte måneder. Som det fremkommer av figur 15 er posten teknisk utstyr den største posten med et totalt energiforbruk på omlag 845 000 kWh. Posten for teknisk utstyr vil være energiforbruk som benyttes til å drifte byggets energisentral. Dette innebærer systemene til vannrenseanlegg, pumper, tilførsel av klor og andre systemer som server bassengdriften. Sammenlignet

ligger posten viftedrift, som antas å forsyne ventilasjonsanleggene, på ca. 30 000kWh. Posten for belysning ligger på 35 000 kWh. Som tidligere nevnt, medfører den begrensede perioden for registrerte data noen usikkerheter rundt dataene som er innhentet og analysert. For eksempel vil posten for oppvarming idrettsbasseng, som er et undersystem under oppvarming, vise noen avleste verdier som negative. Årsaken til dette kan være at idrettsbassenget benyttes til å magasinere varme over natten til forvarming av forbruksvann. Alternativt er det en avlesningsfeil eller feilkobling av utstyr. Negative verdier er ikke forsøkt korrigert i oversikten eller i videre utregninger. Verdiene registreres derfor som en usikkerhet.



Figur 15: Andel energiforbruk pr. undersystem

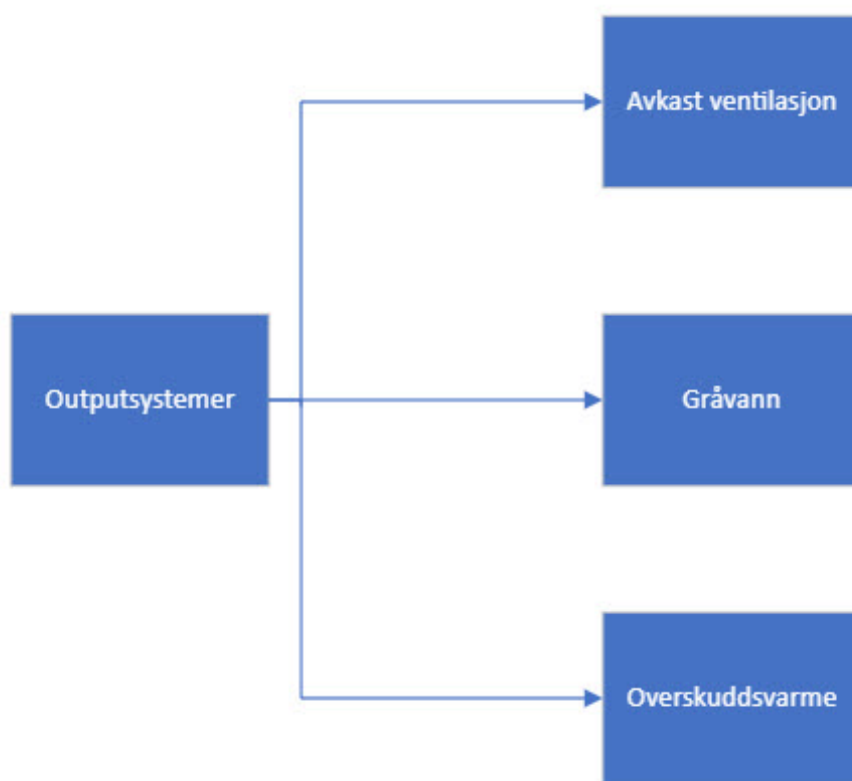
Vedlegg 1 er den totale sammenstillingen av de analyserte systemene. I sammenstillingen inngår alle systemene som er medtatt i videre beregninger. Det er valgt å dele inn i "felles"-systemer og i "badeanlegg"-systemer. Det er valgt å analysere systemene på dette nivået ettersom noen av disse systemene bidrar til systemer som omfatter fellesområder som garderobe, kiosk og inngangsparti. Dette anses som vanlige fasiliteter knyttet til badeanlegg og er derfor valgt å ta med i beregningsgrunnlag. Videre i vedlegg 2 er det kun valgt å se på systemene som går direkte til badeanlegg. Systemene omfatter oppvarming av bassenganlegg, ventilasjon av badeanlegg og lys i badeanlegg.

For de aktuelle prosesssystemene som inngår i badeanlegget er dataene hentet inn på samme måte som input-systemene. Dataene er hentet inn ved hjelp av Energinett og energimålere.

### 4.3 Output energisystem

Output systemene er som vist i figur 16 er vurdert som avkastluft fra ventilasjonsanlegg, gråvann som føres til avløp og overskuddsvarme til energibrønnene. Varmetap via transmisjonstap er vurdert i prosessystemet og er ikke medtatt her.

Dette systemet har ikke blitt studert i sin helhet for denne oppgaven. Det er kun vurdert overskuddsvarmen som gjenvinnes og føres tilbake til energisystemet. Årsaken til dette valget er at det er vanskelig å få korrekte tall på hvor mye energi som for eksempel slippes ut via ventilasjon uten å utføre feltemålinger. Det er også vanskelig å registrere hvor mye energi som ikke gjenvinnes fra gråvannet, men forsvinner direkte til avløp. Manglerud bad er utstyrt med moderne teknologi og utstyr for gjenvinning av energi. De tekniske anleggene er blant annet motstrømsvekslere i luftbehandlingsaggregater og gjenvinning av energi fra gråvann. Det heller vurdert å se på denne energien som en inputverdi tilført systemet.



Figur 16: Prosesskart som viser hvilke systemer som avgir energi ut av bygget på Manglerud Bad

Manglerud Bad vil, på lik linje med de fleste tilsvarende bygg, ha et tap via disse systemene som ikke er mulig å gjenvinne på en økonomisk forsvarlig måte. For ventilasjonsanlegg ligger energimengde som ikke kan gjenvinnes normalt på 15% - 20%. Tilsvarende gjelder energimengde som ikke kan gjenvinnes fra gråvann også på 15% - 20%.

## 5 Resultat

Resultatene for Manglerud bad er i sin helhet basert på dataene som er beskrevet i kapittel 4. Sammen med referansedataene er det valgt å besvare resultatene etter forskningsspørsmålene som er stilt innledningsvis i kapittel 1. Besvarelsen vil være med å danne et bilde av energiforbruket på Manglerud bad. Besvarelsen vil forsøke å svare på om bygget tilfredsstillende er forventningene om å ha et lavt energiforbruk i forhold til andre bad som det er naturlig å sammenlikne med. Verdiene fra referansebadet danner et reelt sammenligningsgrunnlag mot andre badeanlegg i Norge. Det er valgt å sammenligne Manglerud bad med de andre badene, basert på tilsvarende paramtere fra andre bad. Dette er beskrevet senere i dette kapitlet.

Resultatene vil presenteres i tråd med egne underkapitler.

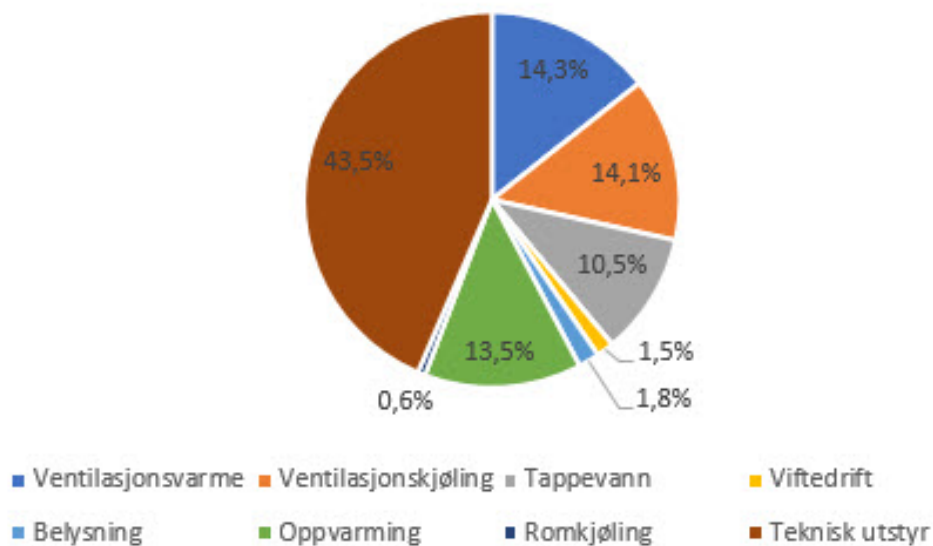
### 5.1 Energifordeling

Ettersom Manglerud Bad er et relativt nytt bad er det riktig å forvente at en høy andel av energiforbruket er knyttet til de tekniske installasjonene og prosess. Andelen som forsvinner via bygningskroppen som, for eksempel transmisjonstap, forventes å være tilsvarende lav. Fra dataene som er hentet inn er prosentvis energifordeling vist i figur 17. Sintef legger frem i sin byggforskserie, blad 552.335 [24] en tilsvarende fordeling av energibruk i næringsbygg. Sammenligner man resultatene for energiforbruk i næringsbygg med energiforbruk i badeanlegg vil det være avvik for blant annet fordeling av energi til belysning, i forhold til den totale bruken av energi, vil det på Manglerud bad ligge på omlag 1,8%.

Tilsvarende ligger Sintef sine beregninger av andel energi til belysning i næringsbygg på 19%. Sammenligningsgrunnlaget vil kunne være noe misvisende ettersom Arbeidstilsynets krav til belysning i et kontorbygg vil være mye høyere enn andelen belysning i en svømmehall. I tillegg må en også hensynta at det totale energiforbrukfordelingen av energi til belysning vil være vesentlig lavere i forhold til det totale energiforbruket. Ser man derimot på andel som går til energi for oppvarming av ventilasjonsluft på 5% for næringsbygg, mens det for Manglerud Bad er andelen som går til energi for oppvarming av ventilasjonsluft på 14,5%. Denne forskjellen på andelen er nødvendigvis ikke feil ettersom tilluftstemperaturen i en svømmehall er vesentlig høyere enn i et næringsbygg. Driftstid og andre forutsetninger avviker også for svømmeanlegg i forhold til andre næringsbygg.

Tilsvarende gjelder disse forutsetningene for kjøling og avfuktning av ventilasjonsluft. En svømmehall har i gjennomsnitt en åpningstid på ca. 12 timer. Sammenlignet med et kontorbygg som benyttes i ca. 8 til 9 timer. En svømmehall vil i tillegg ha et kontinuerlig behov for avfuktning. Dette medfører at driftstiden på ventilasjonsanlegg i en svømmehall er høyere enn i et tradisjonelt næringsbygg.

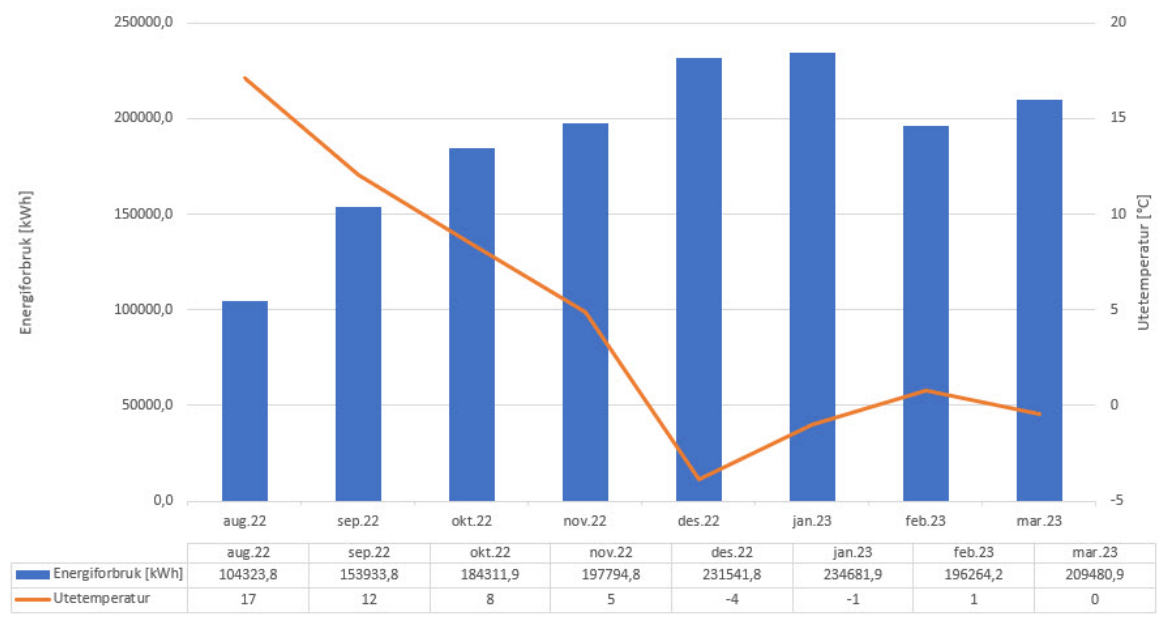
### Andel energiforbruk pr. system



Figur 17: Andel energiforbruk pr. system på Manglerud Bad

Andelen energi som går til teknisk utstyr og drift av energisentralen er, som det fremgår i figur 17, den største energikrevende posten, sammen med ventilasjon og oppvarming.

For å verifisere systemets respons ble det valgt å se på det totale energiforbruket pr. måned og sammenligne dette mot variasjonene i utetemperatur. Det var forventet at det totale energiforbruket ville stige når utetemperaturen ble lavere. Figur 18 viser en grafisk fremstilling av systemets forbruk av energi fordelt over måneder. Samtidig vises gjennomsnittlig utetemperatur i samme periode. Som forventet økte energiforbruket med fallende utetemperatur.



Figur 18: Variasjonen av forbruk [kWh] som følge av utetemperaturen

I kapittel 3 er det presentert Amanda Worthy sin analyse av utetemperaturen sin påvirkning på energiforbruk i systemer. Denne analysen ble også lagt til grunn når det ble sett på variasjonen i det totale energiforbruket på Manglerud Bad i forhold til utetemperatur. Worthy sin teori er et gjennomsnitt av utvalgte bad i Norge. Resultatene vil derfor variere for de enkelt bad. For Manglerud Bad viser det seg at utetemperaturen sin påvirkning på det totale energiforbruket er noe lavere i den målte perioden enn gjennomsnittet. I denne beregningen er det tatt utgangspunktet i strømforbruket og at strømforbruket er representativt for prosessene relatert til driften av bygget. I tabell 2 er strømforbruket sammenlignet mot energiforbruk fjernvarme i målt periode. Behov av innkjøpt fjernvarme vil variere med utetemperaturen og havner ut med en prosentverdi på 40%.

Tabell 2: Beregnet fordeling på Manglerud Bad, basert på A. W. sin analyse

	Tot. energiforbruk [kWh]	Strømforbruk [kWh]	Fjernvarme [kWh]
	104 324	89 %	11
	153 934	63 %	37
	184 312	63 %	37
	197 795	56 %	44
	231 542	50 %	50
	234 682	51 %	49
	196 264	59 %	41
	209 481	52 %	48
Sum	1 512 333	60 % [gj.snitt]	40% [gj.snitt]

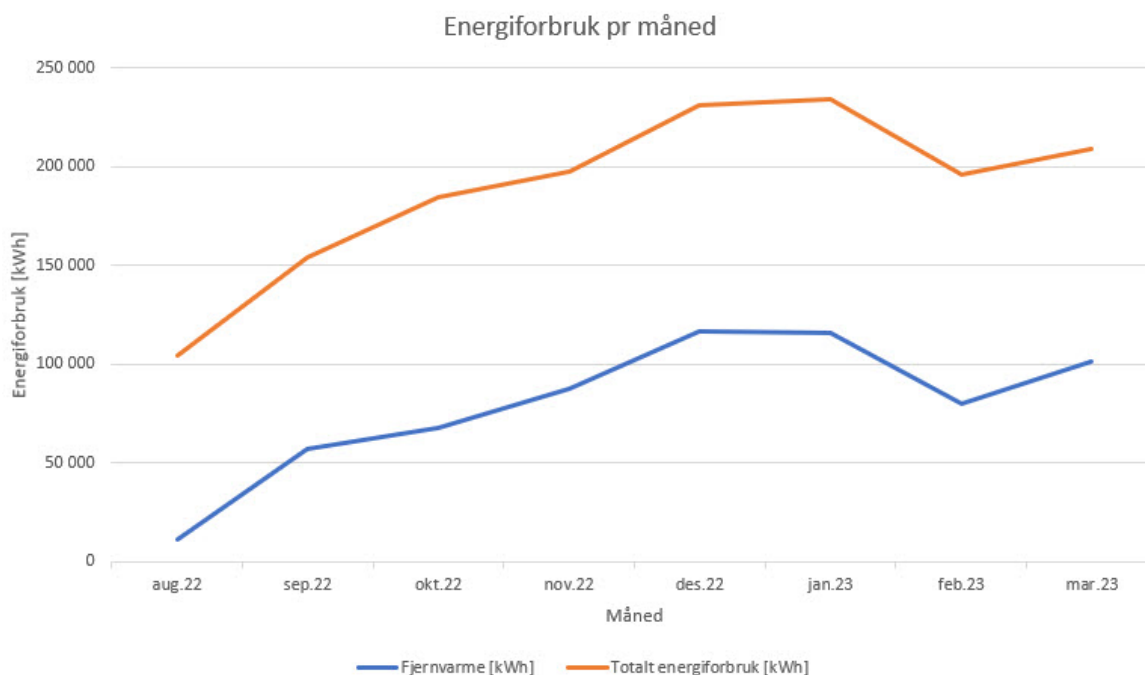
Ettersom perioden for registrering av data for Manglerud bad er begrenset til åtte måneder, I tillegg til at det er den periode av året som har lavere gjennomsnitt enn ett normal år, vil infiltrasjon og transmisjonstapet til bygget være høyere i forhold til et normalår. Begrensninger i perioden for registrering av data vil derfor ha noe innvirkning på resultatet. Hadde måleperioden vært over et år og man kunne medtatt data for månedene fra april til juli, hvor infiltrasjonstapet og transmisjonstapet er antatt å være lavere, ville det ikke vært usannsynlig at Manglerud Bad ville vært i en fordeling på 70% / 30% som Worthy beskriver.



## 5.2 Forskningsspørsmål 1

Ved utarbeidelsen av problemstillingen til denne oppgaven var spørsmålet ”Hvilke systemer er valgt for å energioptimalisere anlegget og i hvilken grad har dette hatt en positiv innvirkning for badeanleggets energiforbruk?” et av de første spørsmålene som kom opp. Manglerud Bad flagget tidlig at de hadde høye ambisjoner til energi og miljø og hvilke systemer er valgt i den forbindelse for at anlegget skal nå ambisjonen?

I vedlegg 1 er det presentert en total sammenstilling av alle energisystemene i bygget og deres energiforbruk. Alle disse systemet har vært analysert i denne oppgaven. Systemene er analysert som beskrevet i kapittel 4 Summering av det totale energiforbruket pr. måned er en summering av kjøpt fjernvarme og kjøpt elektrisitet. Som byggets primærvarmekilde ble det hverken knyttet noen store spørsmål eller andre forventninger til fjernvarmekilden ut over at den er definert som hovedenergikilden for oppvarming. Manglerud bad er innenfor konsesjonsområdet for fjernvarme i Oslo. Tilkobling er i utgangspunktet en obligatorisk del av nye bygg i Oslo. Erfaring tilsier at disse fjernvarmeanleggene leverer på et tilfredsstillende nivå. Sett i sammenheng med det totale forbruket er resultatet fra fjernvarme gitt i figur 19.



Figur 19: Kjøpt energi fra fjernvarme i driftsmånedene

Figur 19 indikerer at fjernvarmen fungerer og responderer etter byggets behov for energi til oppvarming. I tabell 3 er det systemets bidrag i prosent, fordelt pr. måned. Ettersom august er første måned med registrerte data, vil det forventet at disse tallene

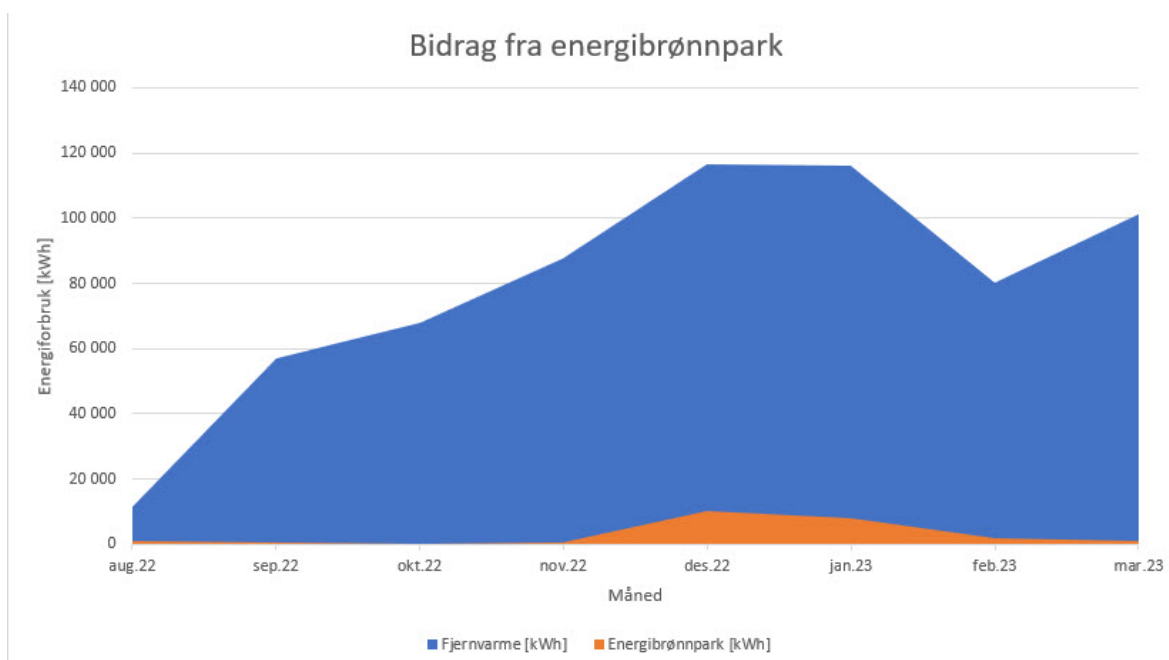
ville avvike mot de andre månedene. Ser man bort ifra august, vil den gradvise utviklingen av det prosentvise bidraget stige i takt med forbruket og ligge på 37% - 50%. Februar har en liten nedgang, men dette skyldes mest sannsynlig at det er færre dager og at februar 2023 har en gjennomsnittstemperatur som ligger høyere enn både januar og mars. For januar 2023 var gjennomsnittstemperaturen i Oslo  $-1,1^{\circ}\text{C}$ , februar  $+0,4^{\circ}\text{C}$  og mars  $-0,5^{\circ}\text{C}$ . Årsaken til at andelen er forholdsmessig lav i august skyldes mest sannsynlig at det for august ikke foreligger komplette måleresultater for hele måneden. August var en måned hvor det foregikk oppstart og igangkjøring av anlegget. Det er allikevel valgt å medta august i beregningene.

Tabell 3: Bidrag fra fjernvarme pr. måned

Måned	Forbruk [kWh]	Fjernvarme [kWh]	Bidrag [%]
aug.22	104 324	11 540	11 %
sep.22	153 934	57 184	37 %
okt.22	184 312	68 075	37%
nov.22	197 795	87 795	44 %
des.22	231 542	116 688	50 %
jan.23	234 682	116 163	49 %
feb.23	196 264	80 128	41%
mar.23	209 481	101 420	48%

Resultatene viser at tilført energi fra fjernvarmesystemet fungerer som forventet og optimalt mot anlegget i sin helhet.

Det var knyttet stor interesse til energibrønnparken sitt bidrag til anlegget. I hvilken grad ville energibrønnparken bidra med energi til bygget i forhold til det totale energibehovet og i forhold til energi kjøpt fra fjernvarmenett. Ettersom badet er et kombinasjonsanlegg med tilliggende ungdom-og kulturhus kunne disse være faktorer som bidro positivt til energibrønnen. I tillegg gir energibrønnparker en god mulighet til å lagre energi. Forutsetningen for slik energilagring skal være mulig er at energibrønnparken er designet for det. Grunnforholdene må også ligge til rette for at slik energilagring skal være mulig. I perioder er det overskuddsenergi på fjernvarmenettet. Overskuddsenergien fra fjernvarmenettet kan i noen perioder benyttes tilnærmet gratis. Overskuddsenergi er mulig å lagre i energibrønnpark for så på et senere tidspunkt benytte energien i bygget hvor kostnadene til kjøp av fjernvarmeenergi er høyere. I den grad Manglerud bad også kan levere overskuddsvarme til energilagring i energibrønnpark har det ikke vært mulig å finne noen tydelige referanser på dette for å skape et sammenligningsgrunnlag. Om man allikevel analyserer dataene ufiltrert og sånn de fremkommer fra Energinett, vil man se at bidraget fra energibrønnene i driftsmånedene fra august 2022 frem til mars 2023 er svært lav sammenlignet med kjøpt energi fra fjernvarme. I figur 20 er det fremstilt totalt kjøpt fjernvarme sammenlignet med bidrag fra energibrønnene i samme målte periode.



Figur 20: Bidrag fra energibrønn i driftsmånedene

Resultatet i analysert periode tilsier at bidraget fra energibrønnene er svært lavt, tilnærmet lik null, i forhold til kjøpt energi fra fjernvarmenettet. Oktober er den måneden som har det laveste bidraget fra energibrønnpark. Energibrønnparken bidro med 0,3% av energi i forhold til det totale forbruket. August og desember er de månedene med høyest bidrag på henholdsvis 9,8 % i august og 8,6 % i desember. For januar var andelen 6,8 %. Det bemerkes igjen at resultatet fra august nødvendigvis ikke er representativt da måledataene her kan være påvirket av innkjøringsperioden

I tabell 4 er det presentert sammenstillingen av måledataene med hensyn på leveranse av energi fra de enkelte kildene for de analyserte månedene. Det er viktig å påpeke at tabellen er en fremstilling av andel energi hentet fra energibrønnparkene sammenlignet mot kjøpt fjernvarmeenergi. Årsaken til at det er valgt å sammenligne energi fra energibrønnpark i forhold til energi fra fjernvarme er, som beskrevet innledningsvis i dette kapitlet, at fjernvarme sammen med kjøpt elektrisitet utgjør det vesentligste av det totale forbruket til bygget. Fjernvarme er den prosessen som i størst grad vil kunne bidra til å tilføre overskuddsenergi til brønnene, sammen med varmpumpen.

Tabell 4: Bidrag fra energibrønn pr. måned.

Måned	Forbruk [kWh]	Energibrønn [kWh]	Prosent
aug.22	11 540	1 132	9,8 %
sep.22	57 184	480	0,8 %
okt.22	68 075	191	0,3 %
nov.22	87 795	767	0,9 %
des.22	116 688	10 045	8,6%
jan.23	116 163	7 842	6,8%
feb.23	80 128	2 005	2,5%
mar.23	101 420	1 086	1,1%

Som tidligere nevnt i rapporten er måleperioden for bidraget til energibrønnparkene kort. Dette kan ha innvirkning på resultatene. Lading av energibrønnparkene kan variere ut ifra hvilken strategi driften av bygget velger. Er det valgt å lade energibrønnparkene med overskuddsenergi fra fjernvarmenettet i perioder der denne typen energi er billig? Det er ikke sikkert at denne muligheten er aktivert, alternativt integrert i systemet. Dette kan være en av mulighetene til at det ikke er registrert måleresultater for tilført overskuddsenergi til energibrønnparken I måleperioden. Det kan også være at det ikke har vært nok tid til å lade brønnparkene. En annen mulighet kan også være at det ikke har vært tilgjengelig overskuddsenergi i måleperioden. Et energibrønnpark-system kan allikevel være et positivt tilskudd ettersom det gir mulighet for lagring av energi i perioder der energien fra fjernvarmenettet er billig i innkjøp. Dette vil diskuteres ytterligere i kapittel 6.

Videre var det et ønske å se på hva gråvannsgjenvinningen bidrar med i forhold til tilført energi fra fjernvarmenettet. Tilsvarende analyser ble utført for gråvannsgjenvinningen som beskrevet for energibrønnparkene. Her var bidraget forventet å være lavere sammenlignet med energibrønnparken, men med grunnlag i besøkstallet var den forventet å være høyere en presentert i tabell 6. I kapittel 3 omtales gråvannsgjenvinning med en gjenvinningsgrad på omlag 30 % til 70 %. I tabell 5 er det en sammenstilling av vannforbruk eller etterfylling av vann på Manglerud bad. Det er ikke kjent hvor stor andel av dette som blir til gråvann eller som benyttes til etterfylling av basseng. Det har derfor ikke vært mulig å kontrollere anlegget mot gjenvinningsgraden som er beskrevet og forventet i kapittel 3.

Tabell 5: Vannforbruk pr. måned.

Måned	Vannforbruk [m <sup>3</sup> ]
okt.22	1 307
nov.22	989
des.22	1 202
Gj. snitt pr måned	1 166

Det er derfor valgt å sammenligne andelen av energi som er hentet fra gråvannsgjenvinning i forhold til den totale energien som er kjøpt fra fjernvarme. Som vist i tabell 6 kommer det frem at energi i prosent varierer fra 0,04 % til 0,9 %. Prosentandelen for gråvannsgjenvinning er beregnet i forhold til energi fra fjernvarmenett. Det kan være flere årsaker til at andelen bidrag fra gråvannsgjenvinning er svært lav. En faktor, som har blitt merkbar de senere årene, er endring i dusjvaner blant flere av de besøkende. Flere av de besøkende velger å ikke benytte seg av felles dusjanlegg i badene. Dette

skjer selv om badeanleggene stiller krav til at dusjing utføres før bading i badeanlegget. Hvorfor denne endringen har oppstått blir ikke diskutert i denne rapporten, men det er et kjent og ofte diskutert tema for eiere av badeanlegg. Manglende dusjing medfører også andre teknisk utfordringer for badeanleggene uten at det heller blir omtalt eller diskutert i denne rapporten.

Tabell 6: Bidrag gråvann pr. måned

Måned	Forbruk [kWh]	Gråvannsgjenvinner [kWh]	Prosent
aug.22	11 540	68	0,6%
sep.22	57 184	33	0,1%
okt.22	68 075	27	0,04%
nov.22	87 795	543	0,6%
des.22	116 688	1 077	0,9%
jan.23	116 163	698	0,6%
feb.23	80 128	326	0,4%
mar.23	101 420	293	0,3%

### 5.3 Forskningsspørsmål 2

Videre ble det stilt forskningsspørsmålet ”Er det systemer som ikke bidrar like mye til totalen som først tenkt, eller som kan bidra i høyere grad?”. For å besvare dette spørsmålet ble det i sammenheng med systemene i forskningsspørsmål 1 sett på varmpumpene som er installert i bygget. Fjernvarme og energibrønnparker er systemer som normalt gir store bidrag til energi og energieffektive løsninger i bygg. Samtidig er gråvannsgjenvinning et høyaktuelt tema i norske svømmehaller.

I lys av resultatene i overnevnte kapittel var det i utgangspunktet forventet betydelig større bidrag, med hensyn på energi, fra energibrønnparkene og gråvannsgjenvinning. Som beskrevet i kapittel 3 er dette systemer som i stor grad bør forventes å bidra positivt til et slikt type energianlegg som er installert på Manglerud bad. Installering av varmpumper og gråvannsgjenvinnere medfører store investering- og driftkostnader. Det er viktig å utføre gjennomarbeidete og gode LCC-analyser av investeringene for å se om det vil være lønnsomt å investere i denne type tekniske installasjoner. Dersom analysene viser at investeringen gir et positivt økonomisk bidrag til driften, og det blir valgt å investere slik utstyr, må de samtidig integreres, settes i drift og optimaliseres så raskt som mulig. Dette krever god kunnskap, planlegging og ikke minst at de som skal drifte anlegget forstår funksjonene og hvordan de skal optimaliseres, slik at forventede mål om energisparing oppnås.

Det er flere årsaker til at disse systemene ikke bidrar i like stor grad til totalen som først forventet. Det kan skyldes at anlegget har en relativ kort driftsperioden fra det ble satt i drift og frem til utarbeidelse av denne rapporten. Eller at anlegget er i en prøvedriftsperiode hvor driftstekniske innstillinger ikke er innjustering og tilpasset anlegget. Det kan være at det mangler utstyr eller automatikk som ikke gjør det mulig å drifte anlegget optimalt og slik som forutsatt. Det kan også være behov for å installere flere energimålere og/eller følere slik at en har bedre mulighet for å analysere resultatene og se hvor det må gjøres endringer. Disse punktene viser at det er to systemer som ikke fungerer som forutsatt og at de ikke benyttes optimalt i anlegg som er installert på Manglerud bad. Dette omtales videre i kapittel 6.

I tillegg til overnevnte systemer ble det også valgt å se på varmepumpesystemet på Manglerud Bad. Systemet er beskrevet tidligere under kapittel 3 og benyttes primært til produksjon av isvann for avfuktning av luft i ventilasjonsanlegget. Varmepumpeanlegget består av to varmepumper som med alternerende drift. Overskuddsvarme dumpes til energibrønnparken. Det er ikke kjent hvilken effekt som kreves for å drifte varmepumpene. Det er derfor tatt noen forutsetninger basert på elektriske effekt på tilsvarende varmepumper. Det er hentet ut data for hvor mye energi pumpene har brukt i måleperioden. Disse verdiene er presentert i tabell 7. Det elektriske forbruket indikerer driftstiden og dermed hvor stort bidraget varmepumpene har hatt på Manglerud bad. Det er valgt å se på total tilført elektrisk energi som er tilført varmepumpene i måleperioden og beregnet driftstid ut fra de måledata som var tilgjengelig.

Tabell 7: Målt energi tilført drift av varmepumper og beregnet driftstid for varmepumper

Måned	Varmepumpe	Driftstid pr måned [t]
Aug 2022	647,53	13
Sep 2022	476,92	10
Okt 2022	526,51	11
Nov 2022	593,47	12
Des 2022	570,83	11
Jan 2023	545,09	11
Feb 2023	722,28	14
Mar 2023	650,16	13

Tabell 7 viser at varmepumpene benyttes mellom 10 til 14 timer pr. måned. Det er anslått at tilført effekt pr. varmepumpe er ca. 50 kW på bakgrunn av opplyst avgitt effekt. Sammen med energibrønnparken og gråvannsgjenvinningen må en kunne bekrefte at driftstiden er langt lavere enn det som er forventet. Med de grunnlagsdataene som foreligger, og benyttet i denne rapporten, bidrar varmepumpene i sin helhet svært lite til å dekke byggets totale energiforbruk. Igjen er overnevnte verdier i tabell 7 kun basert på energi som er tilført varmepumpene for å drifte de samt overslag på effekt i forhold til avgitt effekt. Dette medfører en usikkerhet rundt det faktiske bidraget til varmepumpene. Videre diskusjon rundt resultatene fremkommer i kapittel 6.



## 5.4 Forskningsspørsmål 3

Avslutningsvis ble det stilt forskningsspørsmålet ”Hva er den faktiske energigevinsten? Hvor mye energi produseres, brukes, og får man nyttiggjort eventuelt overskuddenergi?”. Her er det valgt å sammenligne resultatene fra Manglerud bad i forhold til resultatene fra gjennomsnitts badeanlegg. Oppbyggingen av referansebadet er beskrevet tidligere i kapittel 3.

Det er valgt å sammenligne badene med følgende parametere:

1. Kilowatt timer pr. badende gjest pr. besøk [kWh/pers.]
2. Kilowatt timer pr. kvadratmeter vannflate pr. år [kWh/m<sup>2</sup>]
3. Liter pr. badende gjest [l/pers.]

Ettersom referansebadet er en sammenstilling av flere bad og resultatet er et beregnet gjennomsnitt av disse verdiene er det hensiktsmessig og benytte seg av disse parameterene. Disse parameterne blir også en mer nøyaktig sammenligningsgrunnlag ettersom de sammenligner en mer felles variabel med antall badende gjester og antall kvadratmeter basseng. Verdier som benyttes i TEK er ikke representative for referansebad.

Den første analysen som ble gjort var å sammenligne Manglerud bad i forhold til referansebadet. Det ble sammenlignet med hensyn energi (kWh) pr. besøkende gjest. For å beregne resultatet er det benyttet det totale energiforbruket for badet i løp av de åtte månedene det var tilgjengelige data som kunne benyttes som underlag i rapporten. Energien ble fordelt på antall gjester som har besøkt badet i den samme perioden. Som beskrevet innledningsvis i dette kapittelet har en måtte gjøre noen antakelser, som benyttes i beregningene i denne rapporten, for å kunne sammenligne verdiene på Manglerud Bad med verdiene som er presentert i referansebadet.

Ettersom Manglerud Bad kun har vært i drift i åtte måneder og referansebadet har verdier sammenlignet med energiforbruk basert på målinger over hele år, har det vært nødvendig å beregne totalt energiforbruk på Manglerud Bad om til et års driftsperiode. Det er da valgt å beregne et gjennomsnitt av energiforbruket i de målte månedene og regne det om til energiforbruk for et helt år. Dette fremkommer av tabell 8.

Tabell 8: Beregnet gjennomsnitt energiforbruk, basert på målt energiforbruk

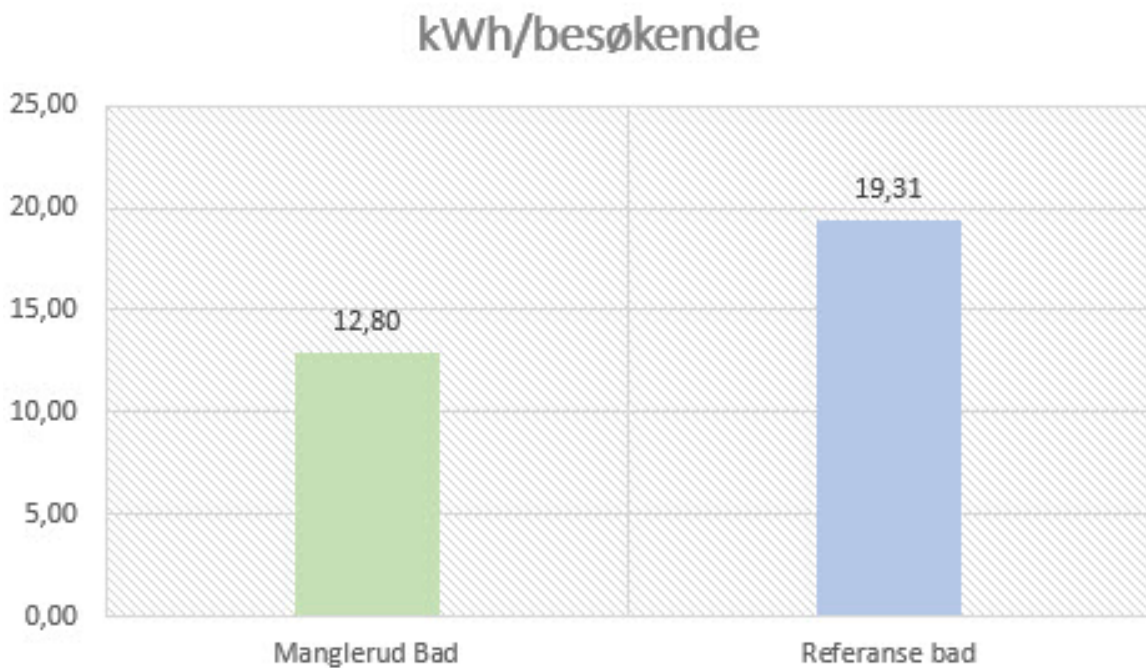
Måned	Forbruk [kWh]
aug.22	104 324
sep.22	153 934
okt.22	184 312
nov.22	197 795
des.22	231 542
jan.23	234 682
feb.23	196 264
mar.23	209 481
Gj.snitt pr. måned	189 042
Gj. snitt pr år	2 268 500

Den samme metoden er også benyttet for å beregne besøkstallet. Det har kun vært tilgjengelig tall for antall besøkende i månedene oktober, november og desember. For resterende måneder er det derfor beregnet et gjennomsnitt for besøkstall pr. Måned ut fra tilgjengelige data og omregnet til besøkstall for et år. Dette fremkommer av tabell 9. Det er oppgitt at Manglerud Bad har et besøkstall på ca. 3 000 - 4 000 badende gjester i uken. Beregnes gjennomsnittet gitt i tabell 9 til ukentlig vil dette tilsvare ca. 3 500 badende gjester i uken. Resultatet i beregningene samsvarer godt med det Manglerud bad opplyser.

Tabell 9: Oversikt over besøkende gjester i måleperioden

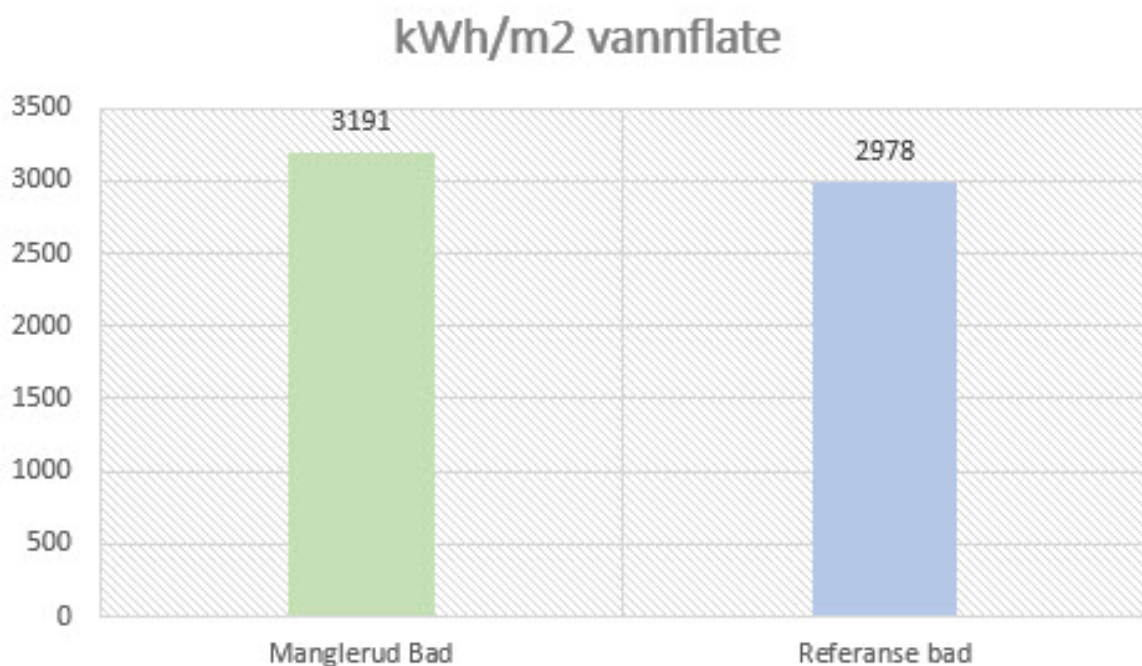
Måned	Antall besøkende
okt.22	16 000
nov.22	15 000
des.22	13 300
Gj. snitt pr måned	14 767
Gj. snitt pr år	177 200

Av figur 21 vises det at for Manglerud Bad er det beregnet et resultat på 12,8 kWh/besøkende gjest. Referansebadet har beregnet gjennomsnitt på 19,31 kWh/besøkende gjest. Dette indikerer at Manglerud Bad holder et relativt lavt energiforbruk sammenlignet med referansebad. Manglerud bad har et forholdsvis lavt energiforbruk pr. besøkende på tross av at det er et lavt bidrag fra gråvannsgjenvinning som omtalt tidligere i dette kapittelet. Sammenlignes resultatet med det mest energieffektive badet innenfor samme parameter i referansebadet, har dette en verdi på 8,78 kWh/besøkende gjest. Dersom liten grad av gjenvunnet energi fra gråvann skyldes at de badende dusjer mindre enn det som er i referansebadene så kommer Manglerud bad noe dårligere ut i forhold til referansebad fordi 12,8 kWh/besøkende gjest ikke er korrigert for at det benyttes mindre energi til oppvarming av dusjvann.



Figur 21: kWh/besøkende på Manglerud bad

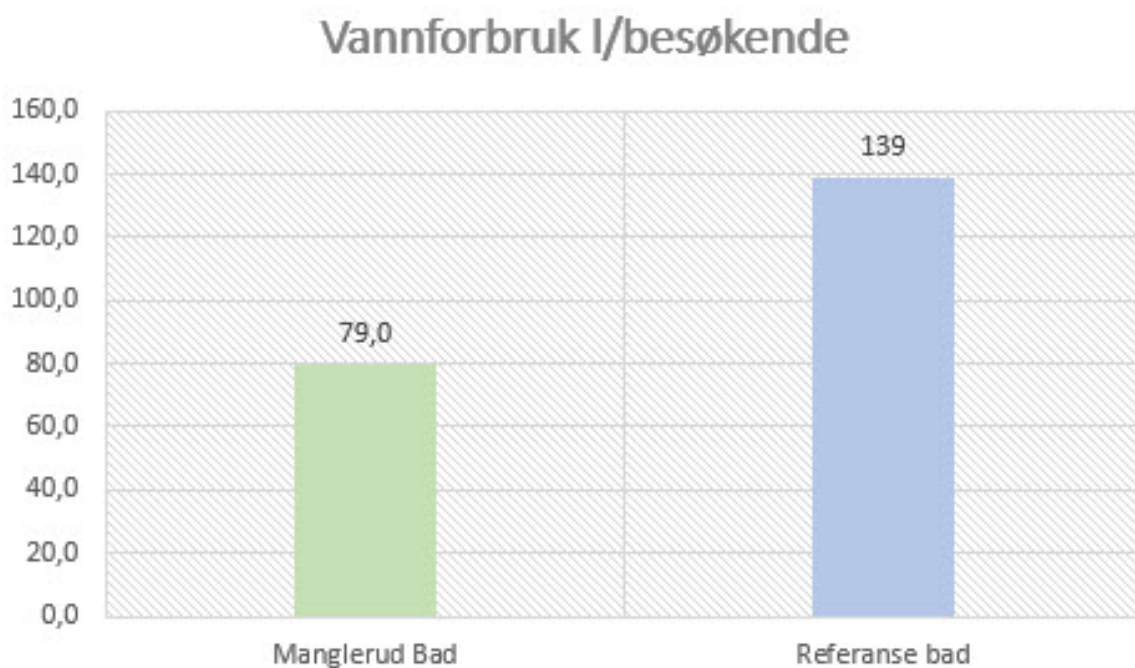
Videre er det valgt å sammenligne svømmehallens totale energiforbruk pr. kvadratmeter vannflate. Anlegget har en samlet bassengflate på 711 m<sup>2</sup>. Referansebadet har en samlet energiforbruk på 2 978 kWh pr. kvadratmeter vannflate. Ved å sammenligne dette parameteret direkte mot referansebad kommer Manglerud Bad dårligere ut. Manglerud bad har et samlet energiforbruk på 3 198 kWh pr. kvadratmeter vannflate. Dette betyr ikke nødvendigvis at Manglerud bad er mindre energieffektivt. Det kan like gjerne bety at Manglerud bad har mange besøkende og at det er en mindre vannflate pr. besøkende gjeste sammenlignet med referansebadet som er lagt til grunn i denne oppgaven.



Figur 22: kWh/ kvm. vannflate på Manglerud bad

Det at Manglerud Bad her har en høyere verdi enn referansen betyr derfor ikke at resultatet i seg selv er dårligere. Som nevnt over vil antall besøkende være en faktor som spiller inn på byggets totale energiforbruk. I dette tilfelle vil det indikere at Manglerud Bad er et godt besøkt bad i forhold til størrelse. Hadde bassengstørrelsen økt med for eksempel 100 kvadratmeter vannflate, ville verdien blitt redusert til 2 797 kWh/m<sup>2</sup>.

Manglerud Bad har et betydelig lavere vannforbruk enn gjennomsnitte for referansebadene. Årsaken kan tilskrives at Manglerud bad er utstyr med et effektivt renseanlegg. Renseanlegget på Manglerud Bad fungerer godt og gjenvinner det meste av vannet. Badet er utstyr med fire sandfiltre som baserer seg på at alt bassengvannet sirkuleres gjennom sandfiltre og føres tilbake til bassenget. Det er et egne systemer for hvert enkelt basseng. I tillegg er anlegget utstyrt med en spylevannsgjenvinner for RO-vann. Dette gjør at badet i stor grad gjenbraker det meste av vannet og ikke trenger i så stor grad å tilføre nytt vann. Nytt vann som tilføres må også varmes opp til ønsket temperatur. Dette igjen medfører bruk av energi.



Figur 23: Vannforbruk pr liter besøkende på Manglerud bad

I tabell 5 er en oversikt over totalt kjøpt vann for svømmehallen i månedene oktober, november og desember i 2022. Det er ikke funnet noen god referanse til tilsvarende etterfylling for tilsvarende bad.

## 5.5 Usikkerhetsvurdering

Det er knyttet usikkerhet og antakelser til noen av beregningene som er utført i denne oppgaven og de resultatene som er presentert i de forrige delkapittelene. Vurdering av energiforbruk for en svømmehall kompliserte og kan være vanskelig. Det er flere variabler og faktorer som må tas i betraktning. For det første er selve bygningsstrukturen komplisert. Dette med hensyn på fuktbelastning, isolasjon, tetthet og termisk masse. Hvis det er feil eller mangler i isolasjonen eller utette områder, kan det føre til betydelig varmetap og økt energiforbruk. Videre kan dette føre til betydelige skader på bygningskroppen. For denne oppgaven er det ikke gjort noen nærmere analyse av infiltrasjon og transmisjonstapet til bygningen. Det er kun nevnt som faktorer som kan være med å påvirke de dataene som er innhentet og behandlet. Videre spiller ventilasjonssystemet en avgjørende rolle i svømmehaller, da det er nødvendig å opprettholde riktig luftkvalitet og fuktighetsnivå. Feil dimensjonering eller manglende vedlikehold av ventilasjonsanlegget kan føre til unødvendig energiforbruk. Dette er elementer og faktorer som ikke inngår i denne oppgaven og derfor ikke vurdert.

I tillegg til bygningsrelaterte faktorer er også bruksmønstre og driftsforhold viktige. For eksempel kan mengden svømmere og aktivitetsnivå i svømmehallen variere fra dag til dag. Dette vil påvirke det totale energiforbruket. Varmetap gjennom fordampning fra bassenget, vanntemperaturen, lufttemperatur og behandlingsprosesser som filtrering og vannrensing spiller også en betydelig rolle i energiberegningene. For beregninger knyttet til besøkstall foreligger det kun data for tre måneder i denne oppgaven. Det gjør at det har vært nødvendig å estimere et besøkstall for en ett års driftsperiode. Det er derfor valgt å regne et gjennomsnitt ut ifra de tallene som foreligger og beregne et antatt årlig besøkstall. Beregning for dette er vist i tabell 10.

Tabell 10: Beregnet besøkende i løpet av en ettårs periode

Måned	Antall besøkende
okt.22	16 000
nov.22	15 000
des.22	13 300
Gj. snitt pr måned	14 767
Gj. snitt pr år	177 200

En annen kilde til usikkerhet er de tekniske beregningsmetodene som brukes. Det finnes forskjellige standarder og retningslinjer for energivurdering av bygninger. Valg av metode kan påvirke resultatene. Noen metoder tar hensyn til spesifikke faktorer som termisk belastning og varmegjenvinningsystemer. Andre metoder kan være mer

generelle. Det er viktig å være oppmerksom på, at selv om man bruker nøyaktige beregningsmetoder, vil det alltid være en viss grad av usikkerhet knyttet til energivurdering. Variabler som endringer i klimaforhold, brukeradferd og vedlikehold av utstyr påvirker det faktiske energiforbruket. Slike variabler vil igjen medføre avvike fra de opprinnelige beregningene og forutsetninger. Metoden og resultatene i denne oppgaven baserer seg primært på data for Manglerud bad som er innhentet fra Energinett. Disse måledataene kan inneholde feil. De kan i perioder av registreringene ikke være tilstrekkelig. Dette medfører at det kan være avvik i det totale energiforbruket som igjen vil ha innvirkning på resultatene.

I tillegg er det gjort en del antakelser og beregninger som sammensatt fører til at resultatene i denne oppgaven kan avvike fra de faktiske målte verdiene som fremover vil foreligge. Nye oppdaterte måledata som strekker seg over et helt år med drift.

Følgende verdier er antatt eller beregnet:

1. kWh/år - Det er beregnet et totalt energiforbruk basert på en gjennomsnittsberegning av dataene, for energi, som foreligger i måleperioden. Dette gir et beregnet totalt energiforbruk på 2 268 500 kWh/år. Dette resultatet er benyttet som grunnlag for beregninger i denne oppgaven.
2. Antall besøkende - Det er beregnet et antatt besøkstall over en ett-årsperiode basert på besøkstall oppgitt av badet for tre måneder. Besøkstallet er beregnet ved å benytte gjennomsnitt av besøkstallene i de tre månedene som er tilgjengelig og omregne dette til et helt driftsår.
3. Vannforbruk - Vannforbruker benyttet i overnevnte beregninger baserer seg i hovedsak kun på opplysninger gitt fra Manglerud bad. Vannforbruket viser hvor mye vann som er kjøpt inn for svømmehallen i perioden. Det er kun oversendt data for en periode på 3 måneder. Totalt vannforbruket er beregnet ved å benytte registrert gjennomsnitt vannforbruk i de tre månedene som er tilgjengelig og omregne dette til et helt driftsår.

4. Beregning av energiforbruk varmpumpe - For beregning av energiforbruket til varmpumpene er det kun data for energi som er tilført for drift av varmpumpene. Det er derfor antatt at effekten til varmpumpene er 50 kW. Ut fra dette er det beregnet driftstid for varmpumpene i den målte perioden.
5. Forståelse av anleggsutførelse - Det er i oppgaven analysert måledata basert på energimålere. Målerne er sammenlignet med utførelse av systemskjema for varmeanlegget og øvrige flytskjema som har vært tilgjengelige. Det er forutsatt blant annet at OE001 er måler som registrerer totalt energi som er tilført hele brønnparken.



## 6 Diskusjon

Resultatene for Manglerud Bad viser seg å være sammenlignbare med referanse bad. Det er hverken langt over eller langt under i noen av parameterene som er lagt til grunn i denne oppgaven. Det er kun vannforbruk pr. liter badende gjest som skiller seg merkbart ut og har et forbruk på om lag 57% i forhold til referansebadet. Vannforbruket fordeler seg fortrinnsvis på dusjing, renhold og etterfylling av bassengvann. Det er ikke tilgjengelige data for denne oppgaven hvordan vannet fordeles i bygget. Et lavt vannforbruk kan blant annet tilskrives mindre dusjing eller at renseanlegget i bygget fungerer godt. Et godt fungerende renseanlegg reduserer behovet for å kjøpe inn nytt rent vann fordi det spyles mindre bassengvann til avløp. Kostnadene med å rense vannet ekstra i forhold til å spyle bassengvann til avløp for igjen å erstatte det med rent vann og varme det opp er ikke diskutert i denne rapporten.

Gjennom analysen av måledataene og resultatene, kan det vise seg at det undersøkte energisystemet potensielt har flere systemer som ikke fungerer optimalt eller i henhold til forutsetningene som ble lagt til grunn for valg og investeringer. Blant annet viser resultatene for brønnpark, varmpumpene og gråvannsgjenvinnerene at de har svært lave verdier sammenlignet med det totale energiforbruket. Med lave verdier menes driftstid, tilført energi, utnyttelse av energi som har lavere investeringskostnad og så videre. Det er flere årsaker til at dette kan være tilfelle.

Når det gjelder bidrag fra energibrønnen, kan en årsak til de lave verdiene være at det ikke har vært nok overskuddsenergi i bygget i den målte perioden til at brønnene har blitt tilført energi. Eller at det ikke har vært tilgang på rimelig/ gratis overskuddsenergi fra fjernvarmeleverandør. Slik lagring av overskuddsenergi kan tilbakeføres til bygget i perioder med høyere energikostnader. Lagret overskuddsenergi kan også i noen tilfeller selges tilbake til fjernleverandør til en høyere pris. En annen årsak kan være at energimålerne for de aktuelle brønnene, eller systemene, ikke fungerer optimalt. Det kan også være at energimålere ikke måler energi tilført energibrønnpark eller tilbakeført fra energibrønnpark korrekt. Målefeil kan også forekomme ved signalfeil mellom energimåler og Energinett eller andre områder der data lagres.

Det er også flere faktorer på utformingen av energibrønnpark som har betydning når den skal benyttes til energilagring. Noen faktorer er, hvor mange brønner som skal bores, hvor dypt skal det bores, avstand mellom de enkelt brønnene, isolering rundt energibrønnpark, er grunnforhold egnet for boring og lagring av energi og så videre. På Manglerud Bad er det åtte brønner med en dybde på 300m. En slik måte å utforme en energibrønnpark kan tyde på at de ikke er designet for energilagring i betydelig grad. Denne måten å utforme en brønnpark på er en tradisjonell utforming for dumping av

overskuddsenergi eller hente energi og at det ikke lagres energi. Der det benyttes få og dype brønner er det risiko for at lagret energi transporteres bort fra borehull. En brønnpark som er designet for lagring av energi, som skal tilbakeføres til bygget, ville normalt vært flere grunnere brønner, mindre avstand mellom brønnen og med mindre innbyrdes avstand. En slik utforming av brønnpark avhenger, som tidligere beskrevet, av grunnforholdene på det aktuelle stedet. Det understrekes at denne rapporten ikke har tilstrekkelig data til å konkludere med hvilke forutsetninger som er lagt til grunn for de valg som er tatt og hvordan den endelige brønnparken er utformet. Årsaken til at temaet er tatt opp er at det på systemskjemaer som er benyttet tidligere i prosjektet er vist brønnpark med høy og lav temperatur. Det er også tilsynelatende få brønner i forhold til de effekter som er oppgitt på varmepumper.

Energibrønner er en relativ kostbar investering. Det må foreligge gode beregninger og et godt prosjekteringsgrunnlag som dokumenterer at investeringene er lønnsomme.

Det er utarbeidet i tabell 11 et estimat på hva nedbetalingstiden for et slikt brønnanlegg kan være. Eksemplet i tabell 11 viser en investering for energibrønner som er ment å levere energi til bygget.

Tabell 11: Mulighetsstudie nedbetalingstid energibrønn

Investeringskost energibrønn	kr 1 600 000,00	Antar 200 000kr / brønn. Antall brønner 8
Annet utstyr	kr 400 000,00	
Sum	kr 2 000 000,00	
Kost fjernvarme kjøp (lav)	kr 1,20	kr/kWh
Normal	kr 2,00	kr/kWh
Måneder med lav kost	4,00	
Tot. Kjøpt pr. år	958489,5	[kWh/år]gjennomsnitt
Kost normal innkjøp pr. år	kr 1 916 979	
Kost lav innkjøp pr. år	kr 1 150 187	
Besparelse	kr 766 792	
Nedbetalingstid	kr 2,61	

Denne utregningen er kun ment som en indikasjon på hva investeringskostnaden og energitilskuddet til bygget som en energibrønnpark kan være. Det understrekes også at dette er en forenkling av kostnadsbildet. Det er heller ikke omregnet til nåverdi og er kun ment som en forenklet mulighetsstudie. Om man antar at investeringskostnaden for energibrønnene på Manglerud er som vist i tabell 11 og legger til grunn tallene for innkjøpt av fjernvarme, viser det seg at det er en nedbetalingstid på nærmere 3år. En

så kort nedbetalingstid forutsetter i så fall at all energi blir hentet fra energibrønnpark og i mindre grad fra fjernvarmenett. Her er det også lagt til grunn at det er ca. fire måneder hvor energiprisene og forbruket i bygget er forholdsvis lave, slik at det vil lønne seg å tilføre overskuddsenergi til brønnene. Dette forutsetter igjen at systemet er regulert slik at energien, ved høye energipriser, tilbakeføres til bygget.

For beregningene av varmpumpene, som kunne vært installert i bygget, antatt at varmpumpene har en avgitt energi på 150kW og at de er reversible. Dette er ikke nødvendigvis samme verdier som for varmpumpene som er installert på Manglerud Bad. Verdien er kun ment som en indikasjon. Allikevel ansees denne verdien å være på riktig nivå for de installerte varmpumpene. Dette indikerer at varmpumpene benyttes i svært liten grad i forhold til de forutsetninger som ble lagt til grunn for investering. Videre kan lav driftstid på varmpumper bety at behovet for avfuktning er liten, noe som igjen viser at ventilasjonsaggregatene håndterer denne prosessen tilfredsstillende og har behov for lite energi for avfuktning. Ventilasjonsaggregatene er ikke studert nærmere i denne oppgaven og det er derfor valgt å ikke medta videre vurdering av dette i resultatene. Andre momenter kan være at det er feil i måledataene som er registrert for det aktuelle systemet eller at systemet ikke er innkjørt og optimalisert i henhold til ønsket driftsmønster. Dersom resultatene som fremkommer i denne rapporten, er den reelle driftstiden pr. måned for varmpumpene, er det stort potensial for at varmpumpene kan bidra til betydelig mer til lading av energibrønner eller benyttes til rene energibrønner for å effektivisere energiprosessen for anlegget i sin helhet. Dette vil kunne kreve noen investeringer, men kan på sikt være lønnsomt.

Gråvannsgjenvinner er et system som, ut ifra dataene som er analysert i denne oppgaven, bidrar svært lite til helheten i energibildet. Det kan være flere årsaker til det lave energibidraget. Med det store besøkstallet som har vært på Manglerud Bad, burde en kunne forventet at bidrag fra gråvannsgjenvinneren skulle vært høyere. En investering i gråvannsgjenvinning forutsetter at det skal bidra i betydelig grad med hensyn på tilbakeføring av energi til bygget. Gråvannsgjenvinning baserer seg primært på energi som gjenvinnes fra avløpsvann fra dusj- og garderobesoner. Forutsetningen for at det er tilgjengelig energi er at de badende gjestene benytter seg av dusjanlegget før, eventuelt også etter, de benytter badeanlegget. Når det dusjes i mindre grad enn forutsatt går også energiforbruket til oppvarming av dusjvann ned. Det i seg selv gir en besparelse på oppvarming av forbruksvann, men forutsetningen for gråvannsgjenvinning er at en betydelig mengde av energi til oppvarming av tappevann gjenvinnes fra gråvannsgjenvinner. Det viser seg derimot at det er et økende problem at badende gjester ikke benytter seg av dusjanlegget før de benytter seg av svømmeanlegget. Dette vil være med på å redusere gevinsten til et system som gråvannsgjenvinning. Resultatet av dette kan

da være at badene som bygges investerer ikke finner det lønnsom å investere i et gjenvinningsystem for gråvann. Gråvannsgjenvinnere får uansett et endret beregningsgrunnlag og må dimensjoneres i forhold til dette grunnlaget.

Samlet fremstår resultatene fra badet med gode verdier sammenlignet med referansebadet. Derimot viser resultatene for systemene energibrønnpark, varmepumpe og gråvannsgjenvinning at disse systemene har potensial til å utnyttes mere effektivt for dermed å hente mere og rimeligere energi til bygget. For gråvannsgjenvinner kan dette være utfordrende fordi en må endre dusjmønsteret til de besøkende. Det kan også sees slik at ved mindre dusjing brukes det mindre oppvarmet forbruksvann slik at en sparer energi. Da kan en stille spørsmålet om investeringen med gråvannsgjenvinning var riktig. For energibrønnpark vil potensialet for å tiltransportere bygget rimeligere energi være enklere å kontrollere og styre. Alternativet i forhold til å benytte energibrønner og varmepumper, er der energien hentes i dag, så vil det vesentligste av energien som benyttes i dag kjøpes fra fjernvarmenettet. Det kan være mulig å justere eller benytte en annen driftsstrategi, med det energisystemet som allerede er bygget, slik at energi kan skaffes billigere og dermed vil kostnadene for drift av badet reduseres ytterligere. Et slik tiltak vil igjen føre til et mer energieffektivt bygg og med en betydelig kostnadsgevinst.

## 7 Konklusjon

Målet med denne oppgaven har vært å kartlegge hvilke systemer som er valgt i et av de nyeste svømmehallene i Norge og hvilken energigevinst dette har gitt i forhold til badets miljøambisjoner og klimadebatten ellers i samfunnet. Som nevnt innledningsvis i denne oppgaven er svømmehaller en bygningskategori som er energikrevende. Det er mange prosesser som bidrar i driften av en svømmehall. Det var derfor et ønske å sammenligne en moderne svømmehall, med nye tekniske anlegg og systemløsninger, for så å sammenligne anleggets prestasjoner mot tilsvarende data hentet inn fra 22 andre referansebad. Det var også et ønske å analysere dataene og kartlegge om det var noen systemer som ikke bidro like mye til anlegget som først antatt.

Det ble innledningsvis stilt tre forskningsspørsmål. Forskningsspørsmålene ble besvart og presentert i resultatene i kapittel 5. I sin helhet viser resultatene at Manglerud Bad ligger i sammenlignbare nivåer som referansebadene. På to av tre parametere er Manglerud bad blant de tre med lavest verdi. Dette til tross for at resultatene viser at noen av systemene, som ble analysert, ikke bidro like mye til å redusere energiforbruket, som først antatt. Videre vil det gjøres en konklusjon for hvert forskningsspørsmål.

### **”Hvilke systemer er valgt for å energioptimalisere anlegget og i hvilken grad har dette hatt en positiv innvirkning for badeanleggets energiforbruk?”**

Det er valgt flere systemer for å energioptimalisere anlegget. Sammensatt har disse hatt en god effekt på det totale energiforbruket til badet. I denne oppgaven ble det valgt å analysere maledata fra fjernvarme, energibrønn og gråvannsgjenvinner. Det ble også sett på det totale vannforbruket og sammenlignet det totale energiforbruket på ulike parametere mot et fiktivt referansebad, med verdier sammensatt fra 22 ulike bad.

Resultatene viser at fjernvarmen er det systemet som i størst grad benyttes for å tilføre energi til svømmehallen. Andre systemer som energibrønnpark, gråvannsgjenvinner, varmepumpe, ventilasjonsanlegget er anlegg som i ulik grad bidrar til å redusere innkjøp av fjernvarme. Av resultatene ser vi at bidraget fra de analyserte systemene er svært lave og det er vanskelig å konkludere med disse systemenes mulige bidrag. Det antas derimot at disse resultatene ville vært annerledes ved en måleperiode på over ett år og når anlegget er ferdig optimalisert.

### **”Er det systemer som ikke bidrar like mye til totalen som først tenkt, eller som kan bidra i høyere grad?”**

Det har vært et ønske å se på hvilke systemløsninger som var valgt på Manglerud Bad og i hvilken grad de ulike systemene bidro til å redusere energiforbruket. For å besvare dette forskningsspørsmålet ble det valgt å se på systemene **energibrønn**,

**gråvannsgjenvinner** og **varmepumpe**. Resultatene i kapittel 5 viser at alle disse systemene bidro med en svært lav andel i forhold til det totale forbruket enn hva en kan forvente i forhold til investeringer. Alle disse tre er systemer det bør forutsettes at kan bidra til å redusere det totale energiforbruket til svømmehallen i betydelig grad. For å endre på systemenes bidrag til energibesparelse må anleggene justeres inn og tilpasses driftsmønsteret i større grad. Videre må det vurderes om noen anlegg, som for eksempel varmepumpesystem, må bygges noe om. Videre må det også vurderes om drift av energibrønnpark er optimalt og om energibrønnpark, slik den er bygget i dag, bør endres og tilpasses en endret systemløsning.

**”Hva er den faktiske energigevinsten sammenlignet med andre bad i Norge?”**

Her ble det valgt å sammenligne Manglerud Bad på følgende parametere kWh pr. badende gjest, kWh/m<sup>2</sup>/år vannflate og til slutt vannforbruk i liter/badende gjest, i forhold til et beregnet gjennomsnitt med de 22 referansebadene som er målt med de samme parametere. Resultatene viser at Manglerud Bad er blant badene med lavest forbruk av energi pr. badende gjest (kWh/badende gjest). Manglerud bad er også blant badene med lavest vannforbruk i liter/badende gjest. Det er kun referansebad 9 og 10 som har et lavere energiforbruk for parameter kWh/badende gjest. Dette er vist i figur 8. Det samme gjelder for vannforbruk liter/badende gjest, hvor Manglerud Bad har en verdi på 79 l/besøkende, mens i referansebadet har bad 8 og 10 et lavere forbruk på henholdsvis 42 og 71 liter/badende gjest.

Dette viser at Manglerud Bad generelt har et lavt energiforbruk når det sammenlignes på overnevnte parametere og er blant de badene med lavest vannforbruk.

## 8 Videre arbeid

Det er tidligere fremhevet i oppgaven usikkerheten rundt måledataene og den korte måleperioden. Det er antatt at dette vil ha innvirkning på resultatene som foreligger. Ettersom anlegget er nytt og driftstiden for de ulike systemene er relativt kort, kan dette ha innvirkning på resultatene. Referansebadet benyttet i oppgaven er basert på verdier for en ettårs periode. For Manglerud Bad er det beregnet et gjennomsnitt av det totale energiforbruket i løpet av åtte måneder og multiplisert med et år for å få tilsvarende sammenligningsgrunnlag. Videre studier basert på samme forskningsspørsmål kan derfor vise mer konkrete resultater, basert på faktiske måledata for en ettårs periode.

Manglerud Bad har flere systemer som ikke er videre analysert i denne oppgaven. Systemer som ventilasjonsanlegg og rensesanlegg kan derfor være aktuelle systemer å analysere videre i forbindelse med forskningsspørsmålene stilt i denne oppgaven. Denne oppgaven baserer seg i stor grad på kjøpt energi og gjenvinningspotensiale på utvalgte systemer. Det er ikke vektlagt i like stor grad hva som skjer i de ulike systemene i det som er kalt for prosesssystemer i denne oppgaven. Her er det stort potensial for ytterligere analyser og mulighetsstudier basert på energiberegninger, energigevinst og investeringskostnader. Det er tidligere i oppgaven nevnt at LCC-analyse for investeringer i tekniske systemer og nødvendigheten av disse. Videre analyser kan legge til grunn en slik analyse, sett i sammenheng med energibesparelsene til utvalgte tekniske installasjoner.

Prosjektteamet på Manglerud Bad er positive til metodikken lagt til grunn i denne oppgaven og har vist et ønske om å benytte og utvikle grunnlaget i denne oppgaven videre. I sammenheng med det brede spekteret av tekniske systemer, ambisjonene til energiforbruk og at badet er relativt nytt, er det gode muligheter for videre studier og analyser av badet.

## Referanser

- [1] Energibruk i norske svømmehaller  
<https://www.godeidrettsanlegg.no/nyhet/energibruk-i-norske-svømmehaller/>  
www.godeidrettsanlegg.no/31.05.16/ 25.03.20
- [2] Norges forpliktelser til miljø og klima  
[/https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen./22.12.2020/](https://www.fn.no/om-fn/avtaler/miljoe-og-klima/parisavtalen./22.12.2020/)  
Hentet: 03.03.20
- [3] Byggstatestikk 2017  
<https://www.enova.no/download?objectPath=uploadimages/5C6245BC2AD74248BB629BFA95145AA3.pdf&filename=Enovas20byggstatistikk202017.pdf>. / Hentet:  
03.03.20
- [4] Hjemmeside SIAT  
<https://www.ntnu.no/siat/om-senteret>. / Hentet: 03.03.20
- [5] Manglerud Bad, bydel Østensjø. Vårt Oslo  
<https://vartoslo.no/anders-berg-anne-haabeth-rygg-bydel-ostensjo/kostnadssmell-for-nye-manglerud-bad-blir-en-halv-milliard-dyrere-enn-oslo-bystyre-vedtok/233733> / 17.04.2020/ A. Linstad/  
Hentet: 04.03.23
- [6] NCC har startet byggingen av Manglerud Bad  
<https://www.bygg.no/ncc-har-startet-byggingen-av-manglerud-bad/1432045!/>  
07.05.2020/ A. Brekklus / Hentet: 04.03.23
- [7] *W. Kappel, B. Aas, A. Bruland, Energy-use in Norwegian swimming halls. Trondheim, Norway: Norwegian University of Science and Technology. 2012*  
/Hentet: 16.04.23
- [8] Hele Norge Svømmer <https://www.nrk.no/vestfoldogtelemark/xl/hele-norge-svømmer/>  
29.05.2021/ S. Øverbø, N. Skumsvoll, H. Eliassen, H. Bøe, E. Solbu, K. Paulsen./  
Hentet: 08.03.23
- [9] *V. Nenseth, L. Schmidt, R. Skogheim. Kunstgress i vekst - svømmehaller i forfall. Blindern, Oslo: Norsk institutt for by- og regionforskning. 2006* /Hentet: 11.03.23
- [10] Nøgletal, energi- og vandforbrug i svømmehaller  
<https://www.teknologisk.dk/ydelser/svoemmehaller/noegletal-energi-og-vandforbrug-i-svoemmehaller/22647,8/> Hentet: 16.03.23



- [11] M. Øen, *Svømmehaller og krav til energieffektivitet*, Trondheim, NTNU - NORGES TEKNISKNATURVITENSKAPELIGE UNIVERSITET, 2010 /Hentet: 25.01.23
- [12] A. Worthy, B. Aas, S. Carlucci, I. Andersen, *The Influence of outdoor temperature on Norwegian swimming hall energy consumption*, Trondheim, NTNU og University of Washington /Hentet: 26.02.23
- [13] W. Kampel, *Energy Efficiency in Swimming Facilities*, Trondheim, NTNU, september 2015 /Hentet: 28.02.23
- [14] Sintef Byggforsk, Ventilasjon og avfukting i svømmehaller og rom med svømmebasseng [https://www.byggforsk.no/dokument/534/ventilasjon\\_og\\_avfukting\\_i\\_svoemmehaller\\_og\\_rom\\_med\\_svoemmebasseng/2003/SintefByggforsk-Byggforskserien/](https://www.byggforsk.no/dokument/534/ventilasjon_og_avfukting_i_svoemmehaller_og_rom_med_svoemmebasseng/2003/SintefByggforsk-Byggforskserien/) /Hentet : 12.03.23
- [15] D. Zijdeman, *Vannbaserte oppvarmings- og kjølesystemer*, Skarlandpress. 2014 /Hentet: 12.03.23
- [16] S. Ingebrigtsen, *Ventilasjonsteknikk del 1*, Skarlandpress, opplag 3. 2016 /Hentet: 16.03.23
- [17] S. Ingebrigtsen, *Ventilasjonsteknikk del 2*, Skarlandpress, opplag 1. 2016 /Hentet: 16.03.23
- [18] EnergiVerket, Hvordan fungerer en energibrønn? <https://www.energiverket.no/hvordan-fungerer-en-energibrønn/?fbclid=IwAR2bFglCQ9hdXXTPVN7bL0MPZ8eNRCoUX8KVVkJckMfXWzdhjYKlibDXw/> /Hentet : 18.04.23
- [19] Norges geologiske undersøkelse, Brønnparker. <https://www.ngu.no/geologiske-ressurser/brønnparker/> /Hentet: 18.04.23
- [20] Nemitek, Ventilasjon av svømmehaller del 1 /del 2, <https://ventok.nemitek.no/bruksomrade-kapittel-311-ventok/ventilasjon-av-svoemmehaller-del-i/344337>, 2019 /Hentet: 05.05.23
- [21] T. Eikevik, Kulde- og varmepumpe tekniske prosesser, <http://www.ivt.ntnu.no/ept/fag/tep4120/innhold/Kopi%20av%20Slides/Slides-Kap10-Eikevik-2012.pdf>, 2012 /Hentet: 18.03.23
- [22] Rom med høy fuktbelastning [https://www.byggforsk.no/dokument/422/rom\\_med\\_hoy\\_fuktbelastning/1992/SintefByggforsk-Byggforskserien/](https://www.byggforsk.no/dokument/422/rom_med_hoy_fuktbelastning/1992/SintefByggforsk-Byggforskserien/) /Hentet : 12.03.23

[23] *B. Aas, Badeteknikk 2019, badelandene.no - NTNU, Trondheim. /Hentet: 17.04.23*

[24] Prosjektering av energieffektive ventilasjonsanlegg

*[https://www.byggforsk.no/dokument/2960/prosjektering\\_av\\_energieffektive\\_ventilasjonsanlegg/](https://www.byggforsk.no/dokument/2960/prosjektering_av_energieffektive_ventilasjonsanlegg/)*

*Høst2000/Sintef Byggforsk –*

*Byggforskserien/Hentet : 28.04.23*

# Vedlegg

## 1.1 Inputverdier for beregning

Bygningssdel	Energi-post	Tid (Månedlig)	Totalt: 1 939 995,91 kWh											
			Aug 2022	Sep 2022	Okt 2022	Nov 2022	Des 2022	Jan 2023	Feb 2023	Mar 2023				
Sum			152 775,97	175 749,28	238 236,33	231 253,56	302 400,12	308 774,07	281 557,79	249 258,81				
Felles	Teppevann	Førvarming tappevann fra basseng	50,00	2,00	5 090,00	8 409,00	17 889,59	19 974,00	14 156,00	12 595,00				
Felles	Teppevann	Førvarming tappevann fra fjernvarme	20,00	3,00	0,00	18,00	2 270,72	2 694,00	1 561,00	1 724,00				
Felles	Teppevann	Førvarming tappevann fra varmeanlegg	22,00	212,57	264,43	170,00	444,93	396,00	41,00	104,00				
Felles	Teppevann	Førvarming tappevann fra varmepumper	285,00	5 443,23	20 412,77	15 513,00	13 878,43	17 250,00	18 270,00	17 337,00				
Badeanlegg	Oppvarming	Oppvarming oppfyllingsbasseng	6 837,00	13 102,64	13 285,34	16 053,00	20 409,48	16 500,00	16 151,00	15 002,00				
Badeanlegg	Oppvarming	Oppvarming boblebad	3 483,00	5 887,19	8 788,81	9 623,00	8 302,43	5 627,00	5 672,00	5 901,00				
Badeanlegg	Oppvarming	Oppvarming barne/familiebaseng	5 493,00	11 129,91	10 771,08	10 920,00	14 660,07	14 138,00	10 689,00	10 967,00				
Felles	Romkjøling	Kjøling total for rom	8,00	-1,99	0,99	892,00	2 994,31	3 313,50	2 870,00	2 523,00				
Badeanlegg	Ventilasjonvarme	Ventilasjon svømmehall varme	4 564,00	6 714,17	15 520,82	17 166,00	20 516,57	18 741,00	161,50	161,00				
Badeanlegg	Ventilasjonskjøling	Ventilasjon svømmehall kjøling	1 754,56	1 697,96	1 756,92	1 697,96	1 754,56	3,36	0,00	760,00				
Badeanlegg	Ventilasjonvarme	Ventilasjon svømmehall varme	5 031,00	4 470,78	10 765,22	11 443,00	13 258,98	12 837,50	16 231,00	16 470,00				
Badeanlegg	Ventilasjonskjøling	Ventilasjon svømmehall kjøling	0,00	0,00	0,00	0,00	23 819,30	50 488,73	36 772,91	8 052,00				
Badeanlegg	Ventilasjonvarme	Ventilasjon svømmehall varme	5 493,00	4 355,01	10 946,99	11 363,00	13 647,82	12 895,50	21 334,50	19 140,00				
Badeanlegg	Ventilasjonskjøling	Ventilasjon svømmehall kjøling	7 484,88	7 243,43	7 494,94	7 243,43	7 484,86	10,06	0,00	4 408,00				
Badeanlegg	Ventilasjonvarme	Ventilasjon teknisk omland ifm svømmehall var	14,00	19,13	19,87	42,00	1 565,44	199,00	15,00	15,00				
Badeanlegg	Ventilasjonvarme	Ventilasjon svømmehall varme	2 132,00	770,19	2 416,81	3 066,00	3 742,50	2 508,00	3 311,50	2 446,00				
Badeanlegg	Ventilasjonskjøling	Ventilasjon svømmehall kjøling	1 472,91	1 425,40	1 474,89	1 425,40	1 472,91	185,48	4 383,50	5 119,00				
Felles	Ventilasjonvarme	Ventilasjon kjelken varme	62,00	96,00	1 517,00	1 998,00	2 230,57	2 268,43	2 224,00	2 459,00				
Felles	Ventilasjonskjøling	Ventilasjon kjelken kjøling	0,00	0,00	0,00	0,00	1 390,84	179,16	0,00	0,00				
Badeanlegg	Ventilasjonvarme	Ventilasjon svømmehall varme	4 671,00	5 306,00	13,00	21,00	1 182,56	122,44	32,00	10 738,00				
Badeanlegg	Ventilasjonskjøling	Ventilasjon svømmehall kjøling	0,00	0,00	0,00	0,00	4,43	0,57	0,00	91,00				
Badeanlegg	Ventilasjonvarme	Ventilasjon garderobesvømmehall varme	37,00	57,00	300,00	605,00	2 274,95	1 772,04	1 293,00	843,00				
Badeanlegg	Ventilasjonvarme	Ventilasjon luftet tak svømmehall varme	67,00	719,00	2 235,00	3 113,00	5 738,39	4 783,62	3 971,00	3 755,00				
Badeanlegg	Vifte-drift	El tavl	1 824,65	1 599,92	1 431,84	1 262,43	1 256,98	1 287,73	1 721,61	1 503,13				
Felles	Teppevann	El Varmtvannsbereidere	979,83	432,50	999,52	971,18	1 025,69	1 025,18	924,18	870,13				
Badeanlegg	Belysning	El lys svømmehall	2 445,06	2 041,30	1 977,41	1 489,77	1 102,06	1 661,81	1 532,53	1 460,45				
Badeanlegg	Belysning	El lys svømmehall	1 976,85	1 472,24	2 083,64	2 044,22	1 750,67	2 203,30	1 936,32	1 688,14				
Badeanlegg	Belysning	El lys generelt - leietager svømmehall/garderol	235,14	352,78	444,13	428,55	427,68	438,44	389,87	370,47				
Badeanlegg	Teknisk utstyr	El Hovedmåler Badeanlegg	85 695,16	90 192,05	100 297,49	102 469,33	107 605,11	110 641,94	106 892,23	96 843,76				
Felles	Oppvarming	El varmluftsport	20,81	91,54	602,16	868,16	732,98	889,98	730,67	158,42				
Badeanlegg	Vifte-drift	El - ventilasjon svømmehall	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	691,40				
Badeanlegg	Belysning	El lys generelt svømmehall	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	932,34				
Badeanlegg	Oppvarming	Oppvarming idrettbasseng	5 562,00	3 913,11	4 245,90	-4 627,00	-2 448,04	-4 706,00	-1 329,00	-1 828,00				
Badeanlegg	Teknisk	El tavl	924,27	977,50	990,83	821,11	751,08	807,94	739,38	705,88				
Badeanlegg	Vifte	El tavl teknisk energicentral	1 147,83	1 722,77	1 969,48	2 003,00	2 036,61	2 114,36	1 908,65	1 844,11				
Badeanlegg	Teknisk	Gulvvarme	3 577,00	4 298,94	2 109,06	2 721,00	7 224,65	5 422,00	3 147,50	777,00				

Figur 24: Måledata og beregninger av totalt energiforbruk til alle systemer som inngår i badet.

## .2 Inputverdier for beregning

Kun filtrert på badanlegg		1 705 125,48 kWh																		
		Totale																		
Badanlegg	Oppvarming	6 837,00	13 102,64	13 265,34	16 053,00	20 409,48	16 580,00	16 151,00	15 002,00											
Badanlegg	Oppvarming	3 483,00	5 887,19	8 788,81	9 623,00	8 302,43	5 627,00	5 672,00	5 901,00											
Badanlegg	Oppvarming	5 489,00	11 129,91	10 771,08	10 920,00	14 660,07	14 138,00	10 889,00	10 967,00											
Badanlegg	Ventilasjonsvarme	4 564,00	6 714,17	15 520,82	17 166,00	20 516,57	18 741,00	161,50	161,00											
Badanlegg	Ventilasjonskjøling	1 754,56	1 697,96	1 756,92	1 697,96	1 754,56	3,36	0,00	760,00											
Badanlegg	Ventilasjonsvarme	5 031,00	4 470,78	10 785,22	11 443,00	13 259,98	12 837,50	16 231,00	16 470,00											
Badanlegg	Ventilasjonskjøling	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00											
Badanlegg	Ventilasjonsvarme	5 193,00	4 355,01	10 946,99	11 383,00	13 647,82	12 895,50	21 394,50	19 140,00											
Badanlegg	Ventilasjonskjøling	7 484,88	7 243,43	7 484,94	7 243,43	7 484,86	10,06	0,00	4 408,00											
Badanlegg	Ventilasjonsvarme	14,00	19,13	19,87	42,00	1 565,44	199,00	15,00	15,00											
Badanlegg	Ventilasjonsvarme	2 132,00	770,19	2 416,81	3 066,00	3 742,50	2 508,00	3 311,50	2 446,00											
Badanlegg	Ventilasjonskjøling	1 472,91	1 425,40	1 474,89	1 425,40	1 472,91	185,48	4 383,50	5 119,00											
Badanlegg	Ventilasjonsvarme	4 671,00	5 306,00	13,00	21,00	1 182,56	122,44	32,00	10 738,00											
Badanlegg	Ventilasjonskjøling	0,00	0,00	0,00	0,00	4,43	0,57	0,00	91,00											
Badanlegg	Ventilasjonsvarme	37,00	57,00	300,00	605,00	2 274,95	1 772,04	1 293,00	843,00											
Badanlegg	Ventilasjonsvarme	67,00	719,00	2 235,00	3 113,00	5 738,39	4 783,62	3 971,00	3 755,00											
Badanlegg	Viftedrift	1 824,65	1 598,92	1 431,84	1 262,43	1 256,98	1 287,73	1 721,81	1 503,13											
Badanlegg	Belysning	2 145,06	2 041,30	1 977,41	1 489,77	1 102,06	1 681,81	1 532,53	1 460,45											
Badanlegg	Belysning	1 976,85	1 472,24	2 083,64	2 044,22	1 750,67	2 203,30	1 936,32	1 668,14											
Badanlegg	Belysning	235,14	352,78	444,13	428,55	427,68	438,44	388,87	370,47											
Badanlegg	Teknisk utstyr	85 695,18	90 192,05	108 297,49	102 469,33	107 605,11	110 641,94	106 892,23	96 843,76											
Badanlegg	Viftedrift	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	691,40	1 769,13											
Badanlegg	Belysning	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	932,34	2 486,19											
Badanlegg	Oppvarming	5 562,00	3 913,11	4 245,90	-4 627,00	-2 448,04	-4 705,00	-1 329,00	-1 628,00											
Badanlegg	Teknisk	924,27	977,50	990,83	821,11	751,08	807,94	739,38	705,88											
Badanlegg	Vifte	1 147,83	1 722,77	1 989,48	2 003,00	2 086,61	2 114,36	1 908,65	1 844,11											
Badanlegg	Teknisk	3 577,00	4 298,94	2 109,06	2 721,00	2 224,65	5 422,00	3 147,50	777,00											
Badanlegg	Teknisk	151 328,33	169 468,42	209 339,47	202 414,20	259 542,05	260 783,83	240 780,94	211 468,26											

Figur 25: Måle data sortert på systemer til drift av basseng