

Vandbehandling i svømmebade

- reduktion af energiforbrug

PSO 2003

Ref	0348617
Udg.	1
Dato	2010-04-29
Godk.	NiT
Kontrol	HHa
Udarb.	NHR

Rambøll
Bag Haverne 32
DK-4600 Køge
Danmark

Tlf: 5664 5700
www.ramboll.dk

Indholdsfortegnelse

1.	Indledning	1
1.1	Projektindhold	1
1.2	Baggrund for projektet	1
2.	Sammenfatning og konklusion	3
2.1	Energiforbrug i svømmehaller	3
2.1.1	Sammenfatning	3
2.1.2	Konklusion	3
2.2	Vandbehandling	4
2.2.1	Sammenfatning	4
2.2.2	Anbefalinger	4
2.2.3	Konklusioner	4
2.2.4	Økonomi	5
2.2.5	Anvendelse af resultaterne	5
2.2.6	Anlæg til variabel vandbehandling	5
3.	Energiforbrug mv. i danske svømmehaller	6
3.1	Baggrund	6
3.2	Kort beskrivelse af de fem svømmehaller	6
3.3	Måleprogram og måleresultater	6
3.4	Elforbrug	7
3.4.1	SEL-værdier for ventilation	7
3.4.2	SEL-værdier for hovedpumper til vandbehandling	8
3.5	Varmeforbrug	9
3.5.1	Temperaturvirkningsgrader for varmegenvinding til ventilation	9
3.6	Vandfordampning	10
3.7	Indeklima	11
3.8	Konklusion	15
3.8.1	Anbefalinger til projektering	15
4.	Krav til vandbehandling	17
4.1	Dansk lovgivning og praksis	17
4.1.1	Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 215 af 2005.04.14	17
4.1.2	Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 3 1988	17
4.1.3	DS 477	18
4.1.4	NVOC	18
4.1.5	Praksis	18
4.2	Revision af bekendtgørelsen	18
4.3	Tysk lovgivning og praksis	18
4.3.1	Lovgivning	18
4.3.2	Praksis	19
4.4	Svensk lovgivning og praksis	19
4.4.1	Lovgivning	19
4.4.2	Praksis	19
5.	Mere effektiv vandbehandling	20

5.1	System layout	20
5.1.1	Udligningstank	20
5.1.2	Rørsystem	20
5.1.3	Bassin	20
5.2	Komponenter	20
5.2.1	Pumpe	20
5.2.2	Filtre	21
5.2.3	Måling af tryk	21
5.2.4	Måling af flow	21
5.2.5	Måling af el	21
5.2.6	Nøgletal	21
5.3	Driftsstrategi	21
5.3.1	Konstant vandmængde	22
5.3.2	Natdrift	22
5.3.3	Belastningsafhængig styring	22
6.	Ombygning i Gladsaxe Svømmehal	23
6.1	Eksisterende forhold	23
6.1.1	50 m bassin	23
6.1.2	Vandfordeling i 50 m bassin	23
6.1.3	Besparelsesmuligheder i 50 m bassin	24
6.1.4	Varmtvandsbassin	24
6.1.5	Besparelsesmuligheder i varmtvandsbassin	24
6.2	Dispensation	24
6.3	Ombygning	25
6.3.1	Forbedring af vandfordeling i 50 m bassin	25
6.3.2	Indbygning af ekstra målere (flow, vandkvalitet og el)	25
6.3.3	Pumper optimeres	25
6.3.4	Frekvensstyring	26
6.3.5	Lavere tryktab over grovfiltre	27
6.3.6	Måleprincip med kortere responstid	27
6.3.7	Styring efter belastning	27
6.3.8	Evt. andre tiltag	28
7.	Målinger	29
7.1	Målinger før ombygning	29
7.1.1	Cirkulation i 50 m bassin	29
7.1.2	Tryktab	29
7.1.3	Energiforbrug ved dimensionerende cirkulation	29
7.2	Måleprogram	30
7.3	Tælling af gæster	30
7.3.1	Fordeling på året	30
7.3.2	Fordeling i forsøgsperioden	31
7.3.3	Opholdstid i bassiner	31
7.3.4	Fordeling og middelbelastning på en hverdag	31
7.3.5	Vurdering af maximal belastning på timebasis på bassiner	32
7.4	Målinger efter ombygning	33
7.4.1	Måling af referenceværdier (drift som hidtil)	33
7.4.2	Målinger med belastningsafhængig drift	33
7.4.3	Variierende vandmængder og pumpeeffektivitet	35

8.	Anbefalinger og formidling	36
8.1	Potentiale	36
8.2	Krav til nye og renoverede anlæg	36
8.3	Andre forslag	36
8.3.1	Nøgletal	36
8.3.2	Lovgivningsmæssig opbakning af energibesparelser	36
8.4	Formidling	36
8.4.1	Artikler	36
8.4.2	Præsentationer	37
8.4.3	Andet	37
9.	Bilag	38

1. Indledning

I perioden 2004-2010 er der gennemført projektet "Vandbehandling i svømmebade - reduktion af energiforbrug" med projektnummer 335-35. Projektet er støttet af Elfor med PSO midler kr. 794.000.

Deltagerne i projektet har været:

- Rambøll (projektleder) – Henning Hammerich og Niels Radisch
- Gladsaxe Sportscenter (anlægsvært) – Jens Christian Olesen, Jørgen Vienberg, Tom Østmar, Camilla Ekebjærg
- LML Sport (on line målinger) – Henry Andersen
- Grundfos (optimering af pumper) – Uwe Pörksen
- Rovesta (vandanalyser) – John Gravesen
- FORCE Technology (undersøgelse af energiforbrug og indeklima) – Ole Juhl Hendriksen

Projektet er blevet fulgt af Københavns Amt (Jan Hallaburt), der gav dispensation til gennemførelse af forsøgene, og senere - efter kommunalreformen - af Gladsaxe Kommunes Miljøafdeling (Kim Jensen).

Miljøstyrelsen (Linda Bagge) og Odense Idrætspark (Knud Hansen) har været følgegruppe.

1.1 Projektindhold

Det har været projektets formål, at eftervise et stort besparelspotentiale på elforbrug til vandbehandling i svømmehaller. Som det væsentligste tiltag var det ideen at udvikle en ny driftsform med belastningsafhængigt flow, hvor vandkvaliteten er fastholdt. Hidtil havde man haft faste værdier for de cirkulerende vandmængder – uanset belastning.

Andre effektiviseringsmuligheder, der også skulle undersøges, var mere effektive pumper – herunder afprøvning af nye overfladebehandlinger og motorer (høj effektivitet) og regulering med integrerede motorer/omformere. Der skulle endvidere ses på systemtryktab incl. filtre.

Udover at fokusere på vandbehandling, har en del af projektets indhold været at undersøge energiforbrug til vandbehandling og ventilation i danske svømmehaller. Denne undersøgelse var oprindeligt et selvstændigt projekt under Force (tidligere dk-Teknik, Energi & Miljø), som blev lagt ind under to andre PSO projekter vedr. svømmehaller.

1.2 Baggrund for projektet

Svømmehaller har et højt elforbrug. I "Energiteknik for svømmehaller" fra 1992 anføres som nøgletal 800 kWh/bassin m² +/- 30 %. I ELO's oversigt for 1999 er indberettet 42 svømmehaller med et samlet forbrug på 24 GWh el og 60 GWh varme.

I Danmark findes mere end 600 offentligt tilgængelige svømmehaller incl. hoteller m.m., samt omkring 120 større, uoverdækkede svømmebassiner. På baggrund af disse tal kan det samlede elforbrug i sektoren, excl. små private anlæg, skønnes til at ligge på 250 – 400 GWh/år.

Erfaringer fra gennemgang af anlæg viser, at der er et betydeligt besparelspotentiale - samlet 20-40 %, svarende til 50 – 150 GWh/år. Ved nybygning af svømmehaller kan tallene være større, da der er bedre muligheder for en optimal udformning af bygning og installationer. Der er store forskelle mellem forbrugene, hvilket indikerer et stort potentiale for energibesparelser. Besparelspotentialet kan endda være større i dag med højere temperaturer i andre bassiner end de egentlige svømmebassiner og flere varmtvandsbassiner.

Som typisk fordeling af elforbruget angives i ovennævnte bog: vandbehandling (30 %), ventilation (20 %), belysning (20 %), sauna (20 %) og varmeanlæg + div. (10 %).

Udfra et skønnet energiforbrug til vandbehandling på 80 – 120 GWh/år kan det samlede besparelsespotentiale i området sættes til 40 – 60 GWh/år.

2.Sammenfatning og konklusion

Projektet er gennemført i 2 dele, hvor Force har stået for undersøgelser af energiforbrug (kap. 3) og Rambøll har stået for vandbehandling (kap. 4-7)

2.1 Energiforbrug i svømmehaller

Siden de tal, der er nævnt i indledningen, blev udarbejdet er anvendelsen og indretningen af svømmehallerne ændret en smule. Derfor er energitallene i dag sandsynligvis større end tidligere, da der er en tendens mod lidt højere bassintemperaturer og etablering af varmtvandsbassiner, hvilket øger behovet for både vandcirkulation og ventilation.

2.1.1 *Sammenfatning*

Der er gennemført målinger og registreringer i fem svømmehaller. Der er ikke nogen entydig sammenhæng imellem indeklima og energiforbrug, men der er gode eksempler på energieffektive løsninger, som giver et lavt energiforbrug og et godt indeklima.

Der er stor forskel på elforbrug til drift af hhv. ventilation og vandbehandling i de fem svømmehaller.

Vandfordampningen i svømmehaller varierer meget og afhænger af:

- temperaturforskellen imellem svømmehalsluften og bassinvandet - kun i en af svømmehallerne, er der en forskel på mere end 1,5 grad mellem luft- og vandtemperatur. Dette er mindre end de normalt anbefalede 2 grader.
- umiddelbart har de relativt små temperaturforskelle mellem vand og luft kun en lille effekt på vandfordampningen, der også påvirkes af andre faktorer
- relativ luftfugtighed og luftbevægelser over vandoverfladen har udover aktivitetsniveauet i bassinerne også indflydelse på vandfordampningen
- benyttelsestid - vandfordampningen er, som forventet, større i benyttelsestiden end udenfor benyttelsestiden, men der er ikke noget entydigt mønster. Dette kan skyldes en uensartet luftfordeling.

Luftfordelingen i svømmehaller har stor indflydelse på indeklimaet i opholdszonen og udformning og placering af indblæsninger og udsugninger skal udover indeklimaet i opholdszonen også sikre lave lufthastigheder, så vandfordampningen begrænses.

2.1.2 *Konklusion*

Anbefalinger i projektfasen til at opnå et lavt energiforbrug:

- Der bør stilles skrappe krav end BR krav til elforbrug til drift af ventilatorer ved nyanlæg, udskiftning eller reovering i form af max. SEL-værdi (hvor den maksimale udeluftmængde til affugtning svarer til luftmængden ved recirkulation for opvarmning). Hvor max. udeluftmængde er forskellig fra recirkulationsluftmængden bør SEL-værdien suppleres med absolutte værdier for ventilatorernes max. effektoptag.
- Der bør stilles krav til temperaturvirkningsgrad ved nyanlæg, udskiftning eller reovering af varmegenvinding (udover BR krav). Det er muligt at opnå en tør temperaturvirkningsgrad, som er 0,7 eller derover.
- Placering og udformning af indblæsninger og udsugninger skal projekteres så der opnås god opblanding i svømmehalsrummet med lave lufthastigheder over bassinoverfladen og i opholdszonen.
- Vandbehandling - der bør stilles krav til hovedpumpernes elforbrug som en SEL-værdi. Ved anlægsdimensionering med fokus på rørdimensioner, reduktion af enkeltmodstande og løftehøjder er det muligt at opnå SEL-værdier ned til ca. 30 Wh/m³ ved større vandmængder (25 m bassiner eller større).

2.2 Vandbehandling

Som eksempel på elforbrugets voksende andel af energiforbruget kan nævnes at i et konkret projekt med en nybygget (2008), kommunal svømmehal med 25 m bassin, undervisningsbassin, soppebassin er el til vandbehandling beregnet til at udgøre op mod 50 % af det samlede elforbrug.

Dette forhold skyldes en kombination af, at elforbruget til ventilation, belysning m.m. er reduceret i forhold til ældre anlæg. Selvom der er sket forbedringer i vandbehandlingsanlæggene modvirkes det af de større krav, der stilles pga. de højere vandtemperaturer.

2.2.1 *Sammenfatning*

Efter at der var lavet en aftale med de driftsansvarlige i Gladsaxe Svømmehal gik arbejdet i gang med at gennemgå installationerne. Herunder blev vandcirkulation, vandfordeling i bassiner, de enkelte komponenter og elforbrug undersøgt.

I denne fase af projektet viste der sig adskillige problemer, bl.a.:

- Det eksisterende udstyr til måling af flow i 50 m bassin og bimåling af el til pumper viste ikke at måle korrekt.
- Manometre over filtre og pumper var ikke tilstrækkeligt præcise
- Fordelingen af vandet i hæve-sænkebunden var ikke tilfredsstillende. Det var nødvendigt at gennemføre en fordobling af kapaciteten i denne del af bassinets dyse-system.
- Belastningen af varmtvands-/soppebassin satte grænser for hvor langt man kunne regulere cirkulationen ned.

Efter at anlæggene var blevet ombygget med nye filtre, pumper, regulering m.m. blev der gennemført en række forsøg og målinger, der viste at den estimerede halvering af elforbruget var opnåelig i 50 m bassinet.

I varmtvands-/soppebassinet giver en for lav minimumcirkulation overskridelser af grænseværdien for turbiditet. Dette hænger sammen med at disse bassiner ofte er belastet med det maksimale antal gæster. I en sådan situation kan man vælge at cirkulere mere end det krævede i de hårdest belastede perioder. Den belastningsafhængige styring bevirker, at dette ikke giver voldsomme stigninger på elregningen.

2.2.2 *Anbefalinger*

- Opbygning med parallelle pumper hvor man kun regulerer på den ene bør undgås. Denne opbygning vil ofte betyde at en af pumperne kører ineffektivt
- Anvendelse af trykmåling med 1 eller 2 fælles manometre med flere målepunkter pr manometer giver mere præcise målinger af differenstræk. Der bør være pålidelige differenstræk målinger over både filtre og pumper
- Man bør være opmærksom på eventuelle – for store tab - over udligningstanken. For stor højdeforskel på vandstand i tanken og bassinoverfladen giver unødvendige systemtab.

2.2.3 *Konklusioner*

Det har vist sig muligt – i det aktuelle anlæg - at opnå mere end en halvering af elforbrug til cirkulation i vandbehandlingsanlæggene med en kombination af bedre komponenter, enkelte små systemændringer samt belastningsafhængig styring.

	50 m bassin			Varmtvandsbassiner		
	m ³ /h	kW	%	m ³ /h	kW	%
Før ombygning	270-540	24,5	100	100	5	100
Reference, urstyret	270-540	16	65	100	3,2	64
* Belastningsstyret	270-540	10,6	43	60-110	2	40
Belastningsstyret	180-540	6,5	27	30-110	1,6	32

Figur 1 Resultater fra forsøgene i Gladsaxe Sportscenter. Det er valgt at anvende den med * markerede driftsform

For at opnå disse besparelser anbefales det at være opmærksom på følgende punkter:

- Trykfald over grovfiltre bør ligge under 0,3 m VS. I det aktuelle projekt blev trykfaldet reduceret fra 3-4 m til ca. 0,5 m VS.
- Skarpe bøjninger (vinkler) bør undgås. Dette kræver at man er opmærksom på det ved projekteringen, så der også er plads til det.
- Udformning af rørsystemet har betydning for trykfaldet – herunder til-og afløbsforhold ved pumper.
- Blokpumper (vinkelløbende) er mere effektive – især hvis man kan bruge pumpen til at foretage nødvendige retningsændringer.
- Vælg energisparemotorer (EFF 1) og frekvensomformere med lille tab – både ved fuld belastning og ved lav ydelse
- Hvis der overvejes belastningsafhængig vandcirkulation i eksisterende anlæg bør man tidligt undersøge vandfordelingen i bassinet – viser en farveprøve et godt resultat?
- Ved indførelse af belastningsafhængig vandcirkulation bør analyserne af vandkvaliteten ligge godt på den rigtige side af grænseværdierne inden ombygningen. Hvis de ikke gør det, bør de forbedres, så man med nedsat cirkulation ikke overskrider grænserne
- Der bør på et anlæg med belastningsafhængig vandcirkulation være logning på flow, Cl og pH af hensyn til vandkvalitet. For at overvåge energiforbruget bør der være logning af elforbruget.

2.2.4 Økonomi

På større nyanlæg – eller ved renovering af eksisterende anlæg - vil ovennævnte tiltag have tilbagebetalingstider under 5 år. På andre eksisterende anlæg skønnes tilbagebetalingstiderne at kunne ligge fra 5 til 15 år efter anlæggets størrelse og hvor nemt det er at gennemføre ændringerne. Som det fremgår af forsøgsprojektet kan det blive nødvendigt at forbedre f.eks. vandfordelingen i bassinet – en udgift, der måske alligevel skal/bør afholdes.

2.2.5 Anvendelse af resultaterne

Resultaterne fra projektet indgår (marts 2010) i en igangværende revision af "Bekendtgørelsen om svømmebadsanlæg m.v. og disses vandkvalitet". Her overvejes det at åbne op for at kunne have belastningsafhængig vandcirkulation i svømmebadsanlæg, svarende til reglerne i nabolandene.

2.2.6 Anlæg til variabel vandbehandling

Indenfor de sidste par år er der kommet mindst en styring med variabel vandcirkulation på markedet. De første styringer er i dag installeret i Tyskland, Norge, Sverige, Danmark og sandsynligvis også andre lande.

3. Energiforbrug mv. i danske svømmehaller

Formålet med at gennemføre målinger og registreringer i fem svømmehaller har været at kortlægge og undersøge sammenhængen imellem indeklima og energiforbrug. Herudover at fremhæve de principper, som medvirker til reduktion af el- og varmforsørgelse i såvel nye som eksisterende svømmehaller.

3.1 Baggrund

Svømmehaller har et stort energiforbrug sammenlignet med andre bygninger. Der er store indbyrdes forskelle på energiforbruget i svømmehaller. Dette er dokumenteret i nøgletal fra Dansk Svømmebadsteknisk Forening og i Energiledelsesordningen.

Der er tre væsentlige forhold, som giver anledning til et stort energiforbrug af både el og varme.

- Svømmehalsrummet er opvarmet til 28-29 °C for at opnå et godt indeklima, som tager hensyn til de særlige forhold som er i svømmehaller, termisk komfort for bade-gæster og personale, samt vandfordampning. I afdelinger med varmtvandsbassiner ligger temperaturen endda på min. 30°C.
- Det er nødvendigt at ventilere med udeluft for at affugte rumluften
- Bassinvandet skal renses og cirkuleres ved hjælp af pumper.

Undersøgelsen og de udførte målinger omfatter alene målinger af de særlige energiforbrugende processer til ventilation og vandbehandling i svømmehaller. Energiforbrug til belysning og opvarmning af brugsvand, samt energiforbrug i servicebygninger er ikke medtaget i undersøgelsen. Varmtvandsbassiner og andre mindre bassiner med forhøjede bassinvandstemperaturer er heller ikke medtaget i undersøgelsen.

3.2 Kort beskrivelse af de fem svømmehaller

Der er udvalgt svømmehaller med stor variation i el- og varmforsørgelse, for at undersøge om der er en sammenhæng imellem energiforbruget til vandbehandling og energiforbruget til opretholdelse af et godt indeklima.

De fem svømmehaller, hvor der er gennemført målinger og registreringer er vist i nedenstående tabel 3.1 og er nærmere beskrevet i bilag 3.1.

	Opførelsesår	Måleperiode
Korsør Svømmehal	1977	Februar 2004 Maj 2004 (1 dag) Maj 2007
Vollmose Svømmehal	1978	Februar 2004
Hinnerup Badet	1993	Marts 2004
Hobro Idrætscenter	1980	Februar 2005
Gladsaxe Sportscenter	1978	Februar 2007

Tabel 3.1. De fem svømmehaller som har deltaget i undersøgelsen.

3.3 Måleprogram og måleresultater

Kort beskrivelse af måleprogram

Der er udført øjebliksmålinger og korttidsmålinger for energi og indeklima. De enkelte måleparametre og måleperioder er beskrevet i tabel 3.2

Måleparameter	Måleperiode	Direkte målinger	Beregnet resultat
SEL-værdier for ventilation	Øjebliksmålinger	Effektoptag for alle ventilatorer Udeluftluftmængde ved maksimal drift	Beregning af SEL-værdi
SEL-værdier for vandbehandling	Øjebliksmålinger	Effektoptag Bassincirkulation ved dagdrift	Beregning af SEL-værdi
Temperaturvirkningsgrad for varmegenvinding	Korttidsmålinger i ca. 7 dage	Lufttemperaturer målt over varmeveksler for udeluft, udsugning og indblæsning	Beregning af våd temperaturvirkningsgrad
Vandfordampning	Korttidsmålinger i ca. 7 dage	Lufttemperaturer og relativ luftfugtighed målt ved indblæsning til svømmehal og ved udsugning fra svømmehal. Luftmængder for hovedluftmængde.	Beregning af vandfordampning
Indeklima	Øjebliksmålinger	Lufttemperaturer, relativ luftfugtighed og højde over bassinoverflade.	
Indeklima	Korttidsmålinger i ca. 7 dage	Lufttemperatur, relativ luftfugtighed og bassin vandstemperatur	

Tabel 3.2 Måleparametre og måleperioder for de gennemførte målinger. Målingerne er udført i svømmehallernes varmesæson.

Det anvendte måleudstyr og målepunkter er nærmere beskrevet i bilag 3.2

3.4 Elforbrug

Elforbruget til ventilation og vandbehandling er udtrykt som SEL-værdier, dvs. effektoptaget relativt til anlæggets kapacitet.

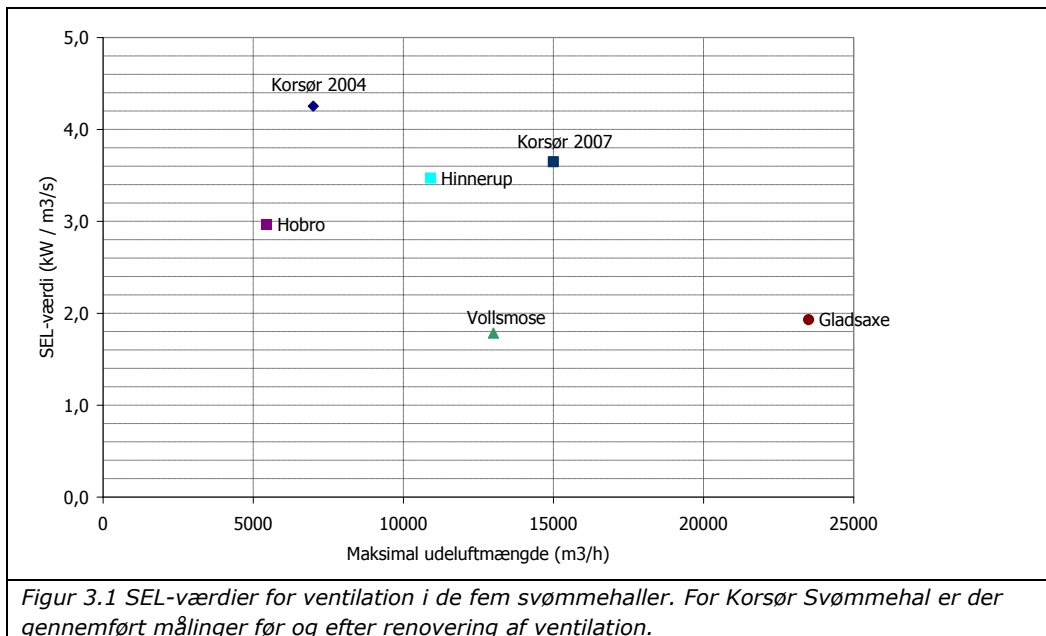
3.4.1 SEL-værdier for ventilation

SEL-værdien for ventilation følger definitionen fra bygningsreglementet, som omfatter effektoptaget for alle ventilatorer i ventilationsanlægget sat i forhold til den maksimale udeluftmængde.

Denne definition er valgt for ikke at skabe forvirring om begrebet SEL-værdi. Ulempen er at mange svømmehaller anvender en stor del recirkulation af svømmehalsluften til opvarmning og kun har brug for at tilføre en mindre udeluftmængde til affugtning udenfor sommermånederne. I nogle tilfælde kan det betyde at kravet til SEL-værdi virker modsat hensigten for svømmehaller pga. recirkulation.

Eksempelvis kan en svømmehal med en begrænset vandfordampning dække affugtningsbehovet med en begrænset udeluftmængde. Hvis samme svømmehal har en klimaskærm med et stort varmetab og dermed har et behov for at recirkulere en stor luftmængde for at sikre tilstrækkelig opvarmning, vil dette i praksis give en høj SEL-værdi (stort årligt elforbrug). Et andet eksempel er et ventilationsanlæg, som har en maksimal udeluftmængde af samme størrelse, som den luftmængde der recirkuleres - her vil SEL-værdien være lav (lavt årligt elforbrug).

Måleresultaterne for SEL-værdier for ventilation i de fem svømmehaller er vist i figur 3.1



Figur 3.1 viser at der er stor variation i de målte SEL-værdier for ventilation.

Det understreger, at begrebet SEL-værdi for ventilation i svømmehaller skal anvendes med en vis forsigtighed. Som alternativ kan de absolutte værdier for effektoptag og de tilhørende maksimale luftmængder for udeluft og recirkulation anvendes i stedet for.

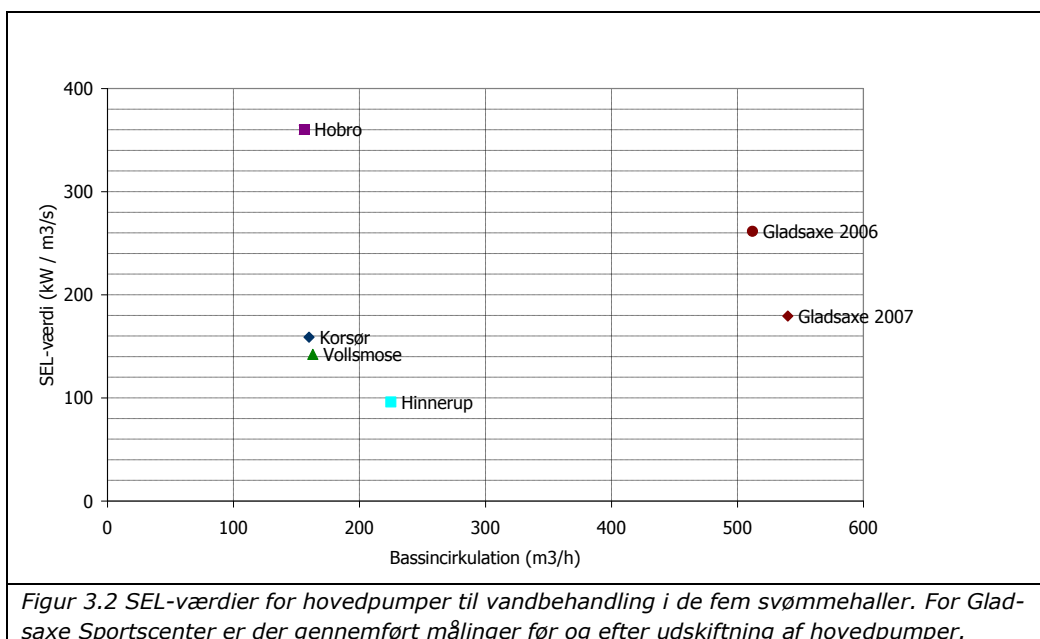
3.4.2 SEL-værdier for hovedpumper til vandbehandling

Der findes ikke en standardiseret metode til måling eller beregning af SEL-værdier for pumper, men metoderne for ventilation kan overføres til pumper.

SEL-værdien for pumper kan defineres som effektoptaget for hovedpumper delt med den maksimale og dimensionerende bassincirkulation, dvs. bassincirkulationen ved dagdrift.

Effektoptag til delstrømpumper er ikke medtaget, da de typisk vil udgøre en væsentlig mindre andel af vandbehandlingsanlæggets samlede elforbrug.

Måleresultaterne for SEL-værdier for hovedpumper til vandbehandling i de fem svømmehaller er vist i figur 3.2.



Figur 3.2 viser ligeledes, at der er stor variation i de målte SEL-værdier for vandbehandling. Variationerne kan blandt andet skyldes at vandbehandlingens bassincirkulation er blevet opgraderet til skærpede myndighedskrav eller at anlæggene har dispensation.

For et nyt vandbehandlingsanlæg er det muligt at opnå SEL-værdier på ca. 100 kW/m³/s, svarende til ca. 30 Wh/m³.

3.5 Varmeforbrug

I en svømmehal er den største del af varmekonsumet knyttet til opvarmning af svømmehalsrummet, vandfordampning og til affugtning af svømmehalsluften.

Varmeforbruget til rumopvarmning afhænger primært af klimaskærmens isoleringsevne og kan i de fleste tilfælde kun reduceres ved en forbedring af klimaskærmen, som typisk sker ved en renovering af tag og facader.

Varmeforbruget til fordampning kan reduceres ved at tildække bassinerne udenfor åbningstiden (anvendes ikke tit) og ved at holde en overtemperatur på luften i svømmehallen. Fordampningsvarmen kan kun genindvindes med effektive varmevekslere og ved lave udetemperaturer.

Varmeforbruget til affugtning, som skyldes opvarmning af den tilførte udeluft afhænger af udeluftmængden, som igen afhænger af vandfordampningen og af luftfordelingen i svømmehallen. Den største del af varmekonsumet til affugtning kan reduceres ved brug af varmegenvinding, som stort set anvendes på alle ventilationsanlæg i svømmehaller.

3.5.1 Temperaturvirkningsgrader for varmegenvinding til ventilation

Der er gennemført målinger af lufttemperaturer for udeluft, indblæsning efter varmeveksler og udsugning før varmeveksler i varmesæsonen. Temperaturvirkningsgraden er herefter beregnet som en våd virkningsgrad, da der forekommer kondensation på afkastsiden.

De beregnede temperaturvirkningsgrader og typer af varmegenvinding er vist i tabel 3.3

I bilag 1.3 er der vist fordelingskurver for temperaturvirkningsgrader for de fem svømmehaller.

	Varmegenvinding	Temperaturvirkningsgrad		
		Middelværdi	Min. værdi	Maks. Værdi
Korsør Svømmehal 2004	Ingen	-	-	-
Vollsmose Svømmehal	Krydsvarmeveksler, glasrør	0,59	0,56	0,62
Hinnerup Badet	Krydsvarmeveksler, alu	0,70	0,58	0,78
Hobro Idrætscenter	Krydsvarmeveksler, plast	0,69	0,59	0,81
Gladsaxe Sportscenter	Væskekoblede batterier	0,45	0,17	0,55
Korsør Svømmehal 2007	Krydsvarmeveksler, alu	0,69	0,65	0,75

Tabel 3.3 Temperaturvirkningsgrader og typer af varmegenvinding for de fem svømmehaller.

Temperaturvirkningsgraden er målt som en våd temperaturvirkningsgrad. I Korsør Svømmehal er der kun udført målinger efter renovering af ventilationsanlægget i svømmehallen, da anlægget før renovering ikke havde varmegenvinding.

Af tabel 3.3 fremgår at de fire krydsvarmevekslere har middel temperaturvirkningsgrader fra 0,6-0,7, hvorimod de væskekoblede batterier har en noget lavere temperaturvirkningsgrad. Der er i korte perioder målt ekstra lave virkningsgrader på de væskekoblede batterier. Dette kan skyldes manglende regulering af flow i f.t. luftmængder på friskluft og afkast.

3.6 Vandfordampning

Der er gennemført målinger af lufttemperaturer og relativ luftfugtighed i indblæsning og udsugning, samt luftmængder i indblæsning til bestemmelse af svømmehallernes fugtbalance. Med udgangspunkt i fugtbalancen er vandfordampningen fra svømmehalsrummet beregnet.

Den beregnede vandfordampning medtager al den fugt som tilføres udsugningen, men medtager ikke fugt som fjernes via utætheder. Beregningen tager heller ikke højde for fugtakku- mulering i bygningsdele.

De beregnede vandfordampninger er vist i tabel 3.4 som middelværdier og maksimale værdier. I bilag 1.4 er der vist fordelingskurver for vandfordampning i de fem svømmehaller.

	Vandfordampning kl. 6-24 Middelværdi Maks. værdi (g/h pr. m ² bassin)	Vandfordampning kl. 0-6 Middelværdi Maks. værdi (g/h pr. m ² bassin)
Korsør Svømmehal 2004	76 118	- -
Vollsmose Svømmehal	104 231	71 85
Hinnerup Badet	56 116	48 81
Hobro Idrætscenter	120 245	98 128
Gladsaxe Sportscenter	66 194	30 101
Korsør Svømmehal 2007	33 216	40 128

Tabel 3.4 Middelværdier og maksimum værdier for beregnet vandfordampning i de fem svømmehaller. Vandfordampningen er beregnet på baggrund af udførte korttidsmålinger. I Korsør Svømmehal er der pga. målefejl i den første måleperiode i 2004 kun gennemført målinger i dagtimerne.

Af tabel 3.4 fremgår at vandfordampningen varierer betydeligt i dagtimerne og at maksimumværdien kan være 2-7 gange større end middelværdien. I nattetimerne uden aktivitet i bassinerne opnås lavere vandfordampning, men der forekommer også store variationer i vandfordampningen uden for benyttelsestiden. En mulig forklaring kan være infiltration (luftskifte via utætheder i klimaskærmen).

3.7 Indeklima

De fem svømmehaller ventileres efter opblandingsprincippet, som ideelt set betyder, at tilstanden i opholdszonen svarer til tilstanden i udsugningen. I svømmehaller er den ideelle situation med opblanding vanskelig at opnå, da der indblæses med ofte stor overtemperatur i varmesæsonen i rum med større eller mindre rumhøjde. Herudover indgår hensynet til termisk komfort i opholdszonen og til at begrænse lufthastigheder ved bassinoverflader af hensyn til vandfordampning.

Indeklimaet i svømmehallerne er dokumenteret ved to forskellige metoder, så det er muligt at sammenligne tilstanden i udsugningen med tilstanden i selve svømmehallen. De to metoder er dels måling af svømmehalsluftens tilstand ved indblæsning og udsugning over tid og dels ved måling af øjebliksværdier i svømmehalsrummet.

Der er endvidere udført korttidsmålinger af lufttemperaturer i udsugninger og bassinvandstemperaturer for at undersøge om temperaturreguleringen i svømmehallerne er stabil over tid og for at undersøge om svømmehallerne kan opretholde en temperatur i svømmehalsluften som er højere end bassinvandet, som erfaringsmæssigt er en af de parametre som har indflydelse på vandfordampningen. Ved opblandingsventilation er udsugningstemperaturen udtryk for middeltemperaturen i rummet.

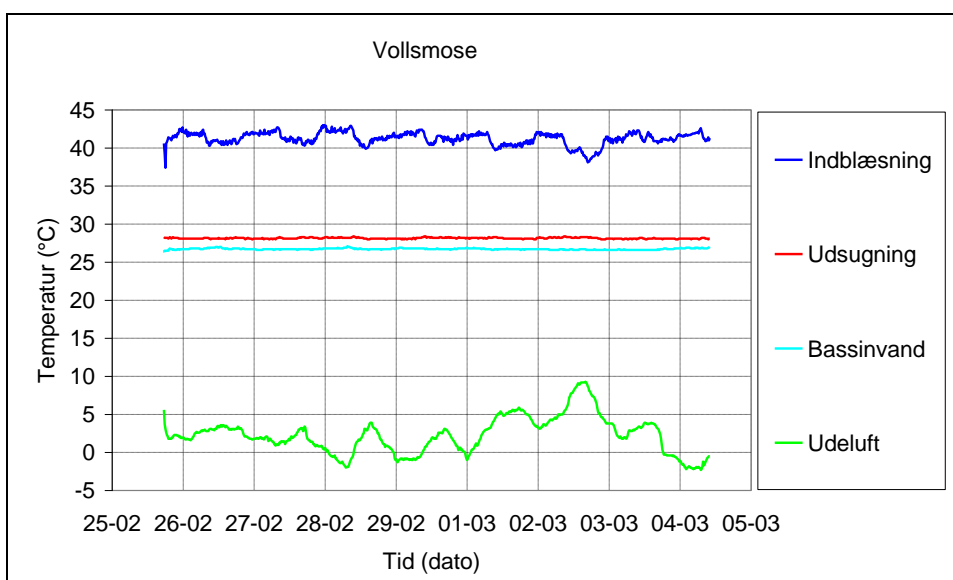
Bassinvandstemperaturer og udsugningstemperaturer er sammenfattet som middelværdier i tabel 3.5.

	Udsugningstemperatur Middelværdi (°C)	Bassinvandstemperatur Middelværdi (°C)
Korsør Svømmehal 2004	29,9	28,0
Vollsmose Svømmehal	28,2	27,7
Hinnerup Badet	26,8	26,2
Hobro Idrætscenter	29,5	28,8
Gladsaxe Sportscenter	27,0	27,0
Korsør Svømmehal 2007	29,7	28,6

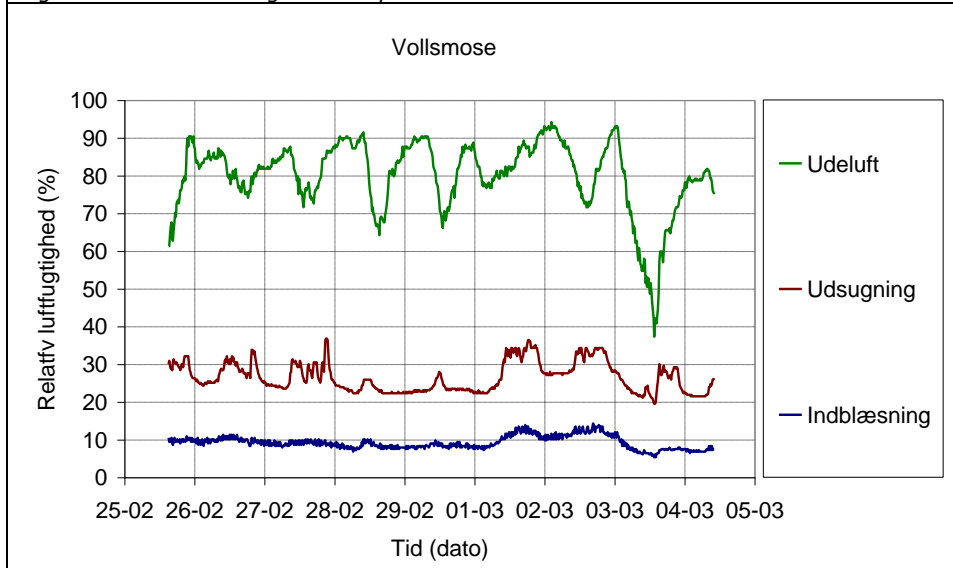
Tabel 3.5 Middelværdier af temperaturer i udsugning og bassinvand i de fem svømmehaller.

Af tabel 3.5 fremgår at fire ud af fem svømmehaller opretholder en temperatur i svømmehalsluften som er højere end bassinvandstemperaturen.

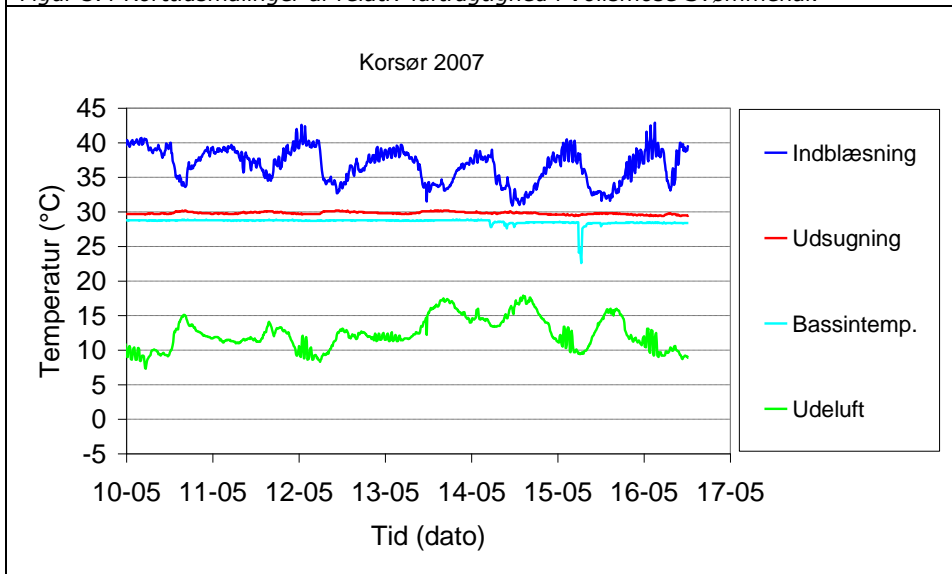
Ved korttidsmålingerne er tilstanden af den luft som tilføres ved indblæsning og fjernes ved udsugning målt. Der er målt lufttemperatur og relativ luftfugtighed over tid. Resultaterne er vist for to udvalgte svømmehaller i figur 3.3-3.6.



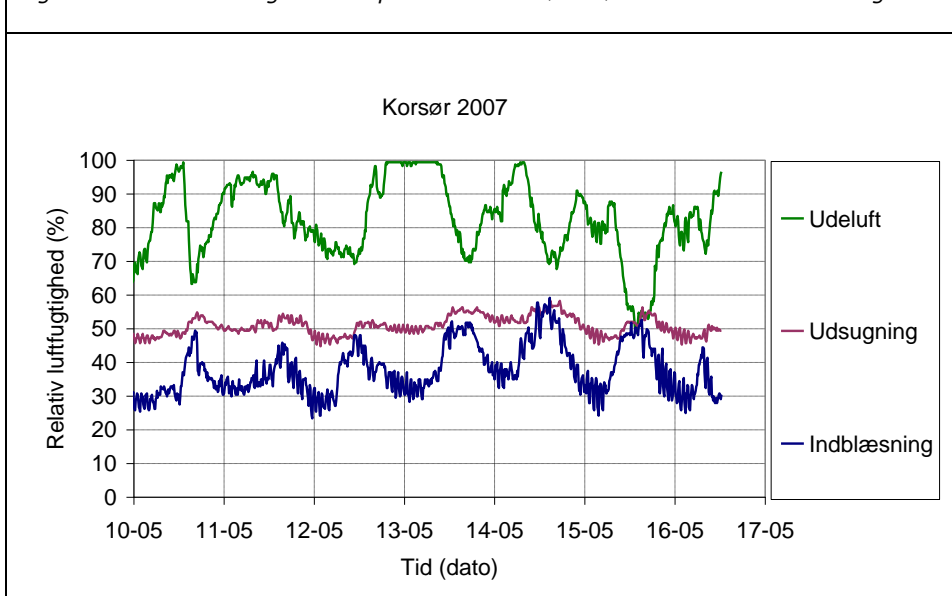
Figur 3.3 Korttidsmålinger af temperaturer i Vollsmose Svømmehal.



Figur 3.4 Korttidsmålinger af relativ luftfugtighed i Vollsmose Svømmehal.



Figur 3.5 Korttidsmålinger af temperaturer i Korsør Svømmehal efter reovering



Figur 3.6 Korttidsmålinger af relativ luftfugtighed i Korsør Svømmehal efter reovering.

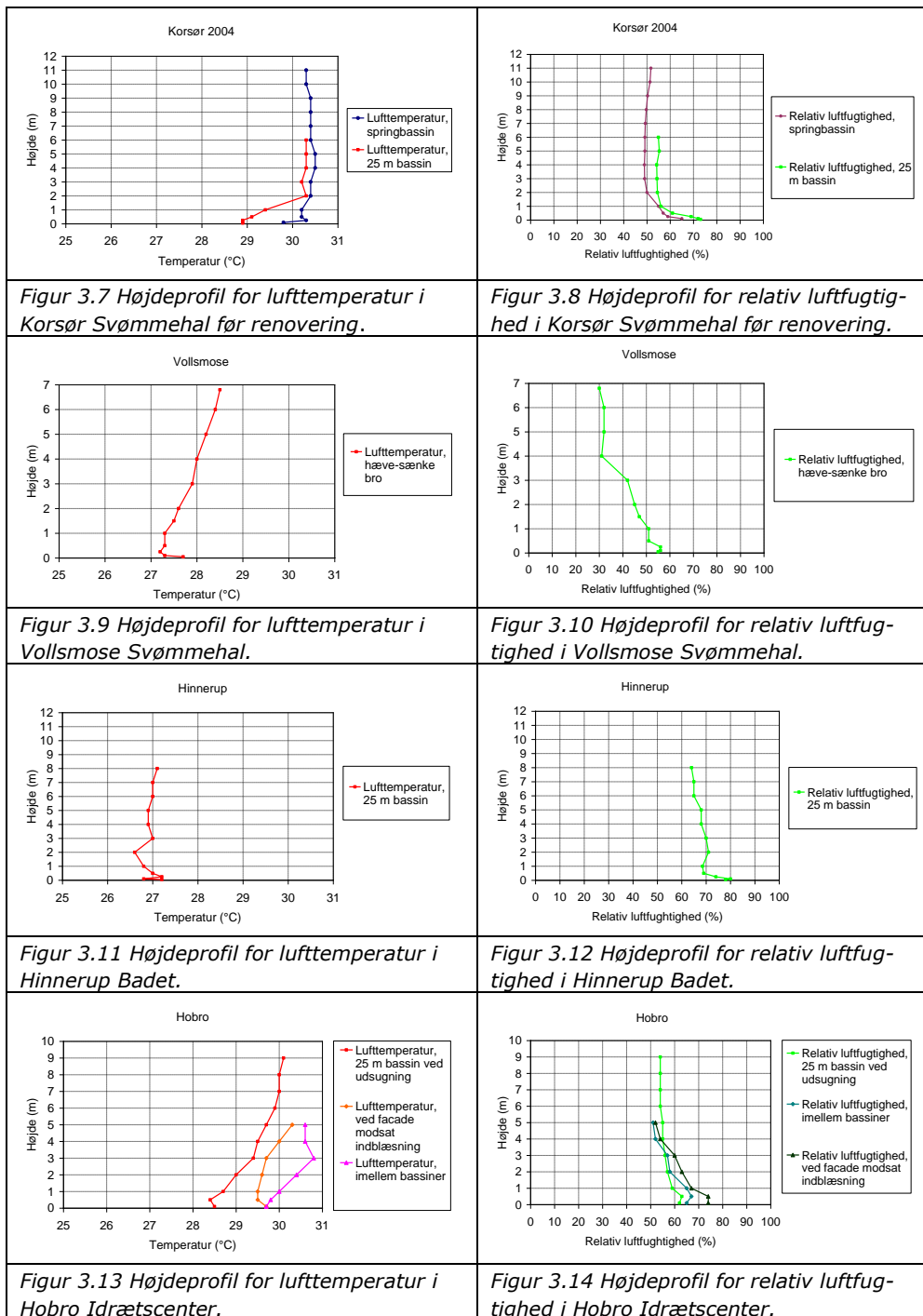
Af figur 3.3 og 3.5 fremgår, at der opnås en stabil regulering af udsugningstemperaturen og bassinvandstemperaturen.

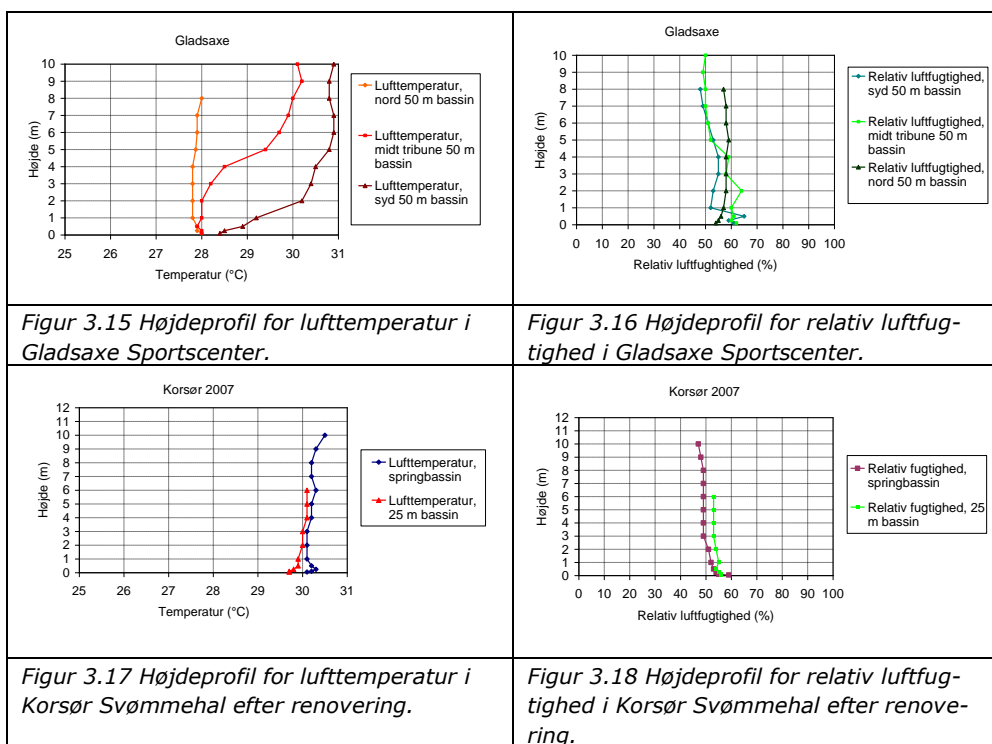
Af figur 3.4 fremgår, at den relative luftfugtighed varierer fra ca. 20-35 %, hvilket skyldes, at der i Vollsmose Svømmehal ventileres med en konstant udeluftmængde og uden regulering af svømmehalsluftens relative luftfugtighed.

Af figur 3.6 fremgår at der ikke opnås en helt stabil regulering af den relative luftfugtighed, men at den varierer fra 45-55 % for en setværdi på 45-60 % relativ luftfugtighed afhængig af udelufttemperaturen.

Der er foretaget målinger af sammenhørende værdier af lufttemperatur og relativ luftfugtighed fra bassinoverflade til loft. Måleresultaterne er vist i figur 3.7-3.18, som højdeprofiler. En lodret profil betyder at der for det pågældende målepunkt opnås samme tilstand i forskellige højder svarende til en lokal situation med opblanding. I modsætning til opblanding viser en

højdeprofil med knæk på kurven at der er lokale forskelle i lufttemperatur og relativ luftfugtighed.





Af højdeprofilerne i figur 3.7-3.18 fremgår, at der opnås god opblanding i opholdszonen i Hinnerup Badet og i Korsør Svømmehal efter renovering.

Af højdeprofilerne i figur 3.7-3.18 fremgår også, at der opnås tilstrækkelig opblanding uden dannelse af en "varmepude" under loft i Hinnerup Badet og i Korsør Svømmehal både før og efter renovering. I de øvrige svømmehaller er der en tendens til dannelse af en "varmepude" under loft. Dannelse af "varmepuder" under loft kan forklares ved en for lav lufthastighed i indblæsninger og for Vollsmose Svømmehal forstærkes det af at udsugninger er placeret under loftet.

3.8 Konklusion

Der er gennemført målinger og registreringer i fem svømmehaller. Målingerne viser ikke nogen entydig sammenhæng imellem indeklima og energiforbrug, men viser eksempler på energieffektive løsninger, som giver et lavt energiforbrug og et godt indeklima.

Der er stor forskel på elforbrug til drift af hhv. ventilation og vandbehandling i de fem svømmehaller.

Vandfordampningen i svømmehaller varierer meget og afhænger af flere parametre end temperaturforskellen imellem svømmehalsluften og bassinvandet. Vandfordampningen er, som forventet, større i benyttelsestiden end udenfor benyttelsestiden, men der er ikke noget entydigt mønster. Relativ luftfugtighed og luftbevægelser over vandoverfladen har udover aktivitetsniveauet i bassiner indflydelse på vandfordampningen.

Luftfordelingen i svømmehaller har stor indflydelse på indeklimaet i opholdszonen og udformning og placering af indblæsninger og udsugninger skal udover indeklimaet i opholdszonen også sikre lave lufthastigheder, så vandfordampningen begrænses.

3.8.1 Anbefalinger til projektering

Ventilation

- Der bør stilles krav til elforbrug til drift af ventilatorer ved nyanlæg, udskiftning eller renovering. Kravet kan stilles som en maksimal SEL-værdi i de tilfælde hvor den

maksimal udeluftmængde til affugtning svarer til luftmængden ved recirkulation for opvarmning. I de tilfælde hvor den maksimale udeluftmængde er forskellig fra recirkulationsluftmængden bør SEL-værdien suppleres med absolutte værdier for ventilatorernes maksimale effektoptag.

- Der bør stilles krav til temperaturvirkningsgrad ved nyanlæg, udskiftning eller renovering af varmegenvinding. Med krydsvarmevekslere er det muligt at opnå en våd temperaturvirkningsgrad, som er 0,7 eller derover.
- Placering og udformning af indblæsninger og udsugninger skal projekteres så der opnås god opblanding i svømmehalsrummet med lave lufthastigheder over bassinoverfladen og i opholdszonen.

Vandbehandling

- Der bør stilles krav til hovedpumpernes elforbrug til vandbehandling som en SEL-værdi. Ved anlægsdimensionering med fokus på rørdimensioner, reduktion af enkeltmodstande og løftehøjder er det muligt at opnå SEL-værdier på ca. 30 W/m³/h.

4. Krav til vandbehandling

Ved afslutningen af rapporten blev oplysningerne omkring variabel vandbehandling i forskellige lande opdateret. Her var status (feb. 2010) at der ikke var krav til dispensation til anvendelse af variabel vandbehandling i Norge, Sverige og Tyskland. Det er op til de implicerede at stå inde for vandkvaliteten.

4.1 Dansk lovgivning og praksis

Regelgrundlaget for svømmebade er

- Miljøreglementets kapitel 9
- Bekendtgørelse med vejledning om vandkvalitet
- Norm for svømmebadsanlæg DS 477

4.1.1 *Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 215 af 2005.04.14*

Denne "Bekendtgørelse om svømmebassiner mv. og disses vandkvalitet" afløser bekendtgørelsen fra 1988.04.05.

I bilag 1 anføres bl.a.:

- pH – vejl. 7,2-7,6 (min. 7 – max. 8)
- frit klor – vejl. for 25 m og derover 0,5-2 mg/l (min. 0,5 – max. 3). For øvrige bassiner 1-3 mg/l (min. 1 – max. 5)
- bundet klor – vejl. 0,5 mg/l (min. så lavt som muligt – max. 1 mg/l)
- THM (trihalometaner) – max. 100 (varmtvandsbassin) hhv. 50 (25 m og større). De vejledende værdier er 50 hhv. 25 µg.
- kimal – 0-500 (max. 1000) pr 100 ml

I bilag 2 fremgår bl.a.:

- maksimale omsætningstider varierer fra 0,5 til 5 timer
- bortset fra spa-bade o.l. på 0,1 time (bilag 2).

Bekendtgørelsen uddybes i vejledning nr. 3 1988

4.1.2 *Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr. 3 1988*

I vejledningen "Kontrol med svømmebade" nævnes hvilke områder, der er omfattet af ovennævnte bekendtgørelse. Der er tale om "godkendelsespligtige bassiner", der defineres som "benyttes af en større personkreds end en enkelt husstand, og hvortil der evt. tages entre".

Der er krav om flere (pr 3./6. time) daglige kontrolmålinger i åbningstiden af:

Hertil kommer:

- min. 1 gang om dagen skal ovennævnte måles manuelt
- det skal bedømmes statistisk om kravene er overholdt
- krav om analyser for kimal (min. månedligt), THM trihalometaner (halvår), pseudomonas (afhænger af kimal).

I afsnit 4 vedr. andre undersøgelser s. 23 anføres omkring turbiditet (vandets klarhed) en grænse på 0,3 FTU (formazin turbidity units) før filter og 0,1 efter filter. Til sammenligning er kravet til drikkevand 0,3 (på vandværk) hhv. 1,0 (ved tapsted hos bruger).

I bilag A anføres at kontrolprøver bør tages udfor midten af en bassinlangside. Egenprøver kan dog aftappes fra rørsystemet. Kontinuerlig måling bør ske i behandlingsanlægget.

4.1.3 DS 477

Som udgangspunkt dimensioneres vandbehandlingsanlægget i h.t. DS 477. Her er den cirkulerende vandstrøm anført til:

$$Q = p/b$$

hvor

Q = cirkulerende vandstrøm (m³/h)

b = max. personbelastning pr m³ behandlet, cirkulerende vand (bør være max. 0,5 ved alm. bassiner – 0,33 ved varmtvandsbassiner m.m.)

p = max. personbelastning pr h

Vedrørende omsætningstider henvises også til førnævnte bekendtgørelse nr. 195 fra Miljøministeriet.

4.1.4 NVOC

Der er ikke krav for svømmehaller, men for drikkevand er kravet < 4 mg/l.

4.1.5 Praksis

Det er almindelig praksis i Danmark at man kører med reduceret cirkulation af bassin vandet om natten. Dette kræver en dispensation fra kravene i Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 215.

Man kan støde på, at driftspersonalet supplerer med egne fortolkninger og manuelt ændrer cirkulationen efter besøgstal. Risikoen ved denne metode er at man ikke altid får justeret cirkulationen op ved større belastning.

I 2009 blev det første anlæg med et tysk produkt til belastningsafhængig styring af vandcirkulationen installeret i Hvidebæk og flere er på vej.

4.2 Revision af bekendtgørelsen

Den i 4.1.1. nævnte "Bekendtgørelse om svømmebassiner mv. og disses vandkvalitet" er under revision (marts 2010). Et af de punkter, der indgår i overvejelserne er en opblødning af kravet om fast definerede, konstante vandmængder (med mulighed for reduktion om natten). Her vil muligheden om en automatisk tilpasning af vandcirkulationen efter belastningen kunne medføre et reduceret elforbrug. For at opnå dispensation fra de almindelige regler må det forventes, at der bl.a. vil blive stillet krav om eftervisning af vandfordelingen i bassinet i eksisterende svømmehaller.

4.3 Tysk lovgivning og praksis

4.3.1 Lovgivning

DIN 19463

Der er i dag ingen fælles tyske regler. Et forslag er udarbejdet og sendt i høring (ult. 2006):

Frit klorindhold:

Min. 0,3 mg/l og maks. 0,6 mg/l for normale bassiner

Min. 0,7 mg/l og maks. 1,0 mg/l for SPA-bassiner

Bundet klor:

Max. 0,2 mg/l

pH værdi:

6,5 - 7,6 (for bassiner med ferskvand)

6,5 - 7,8 (for bassiner med saltvand)

THM (Trihalomethaner):

Max. 20 µg/l

Mikrobiologi:

E. Coli: 0 kim/100 ml

Pseudomonas: 0 kim/100 ml

Legionella: 0 kim/100 ml

Totalkim: 100/ml (10.000 kim/100 ml)

Kravene er, i forhold til de nugældende danske regler, væsentligt strengere til frit klor, bundet klor og THM, mens de på det mikrobiologiske område er mere lempelige.

4.3.2 Praksis

I forbindelse med et andet PSO-projekt (Ventilation og varmepumper i svømmehaller) blev der i 2007 besøgt en svømmehal i Schwalmthal. Her havde man over et halvt år kørt forsøg med behovsstyret drift af vandcirkulationen som forsøg. Minimum var sat til 50% af den beregnede cirkulation. Resultaterne var lovende.

Ved en konference i Tyskland – også i 2007 – blev der præsenteret et koncept svarende til det ovenfor beskrevne (omtalt i "SVØMMEBADET" maj 2007). Anlægget er efterfølgende installeret flere steder, bl.a. i friluftsbadet Neufun i München, hvor man har set en reduktion i elforbruget til cirkulation på 50%. Styringsparametrene er klor, pH og Redox.

4.4 Svensk lovgivning og praksis**4.4.1 Lovgivning**

Nedenstående værdier er taget fra "Socialstyrelsen SOSFS 2004:7 (M) Allmänna råd".

Frit klorindhold:

Min. 0,4/0,5/0,6 mg/l ved pH 7,2/7,4/7,6 for vandtemperatur < 35°C

Min. 0,8/0,9/1,0 mg/l ved pH 7,2/7,4/7,6 for vandtemperatur > 35°C

Bundet klor:

Max. 0,4 mg/l

Total klor:

Max. 2 mg/l

pH værdi:

7,2 - 7,6 med kloring

6,8 - 7,8 uden kloring (f.eks. ozon)

Mikrobiologi:

Pseudomonas: < 1 CFU/100 ml

Legionella: 0 kim/100 ml

Turbiditet

Max. 0,4 FTU før filter

Max. 0,2 FTU efter filter

Kravene er, i forhold til de nugældende danske regler, væsentligt strengere til frit klor, bundet klor og THM, mens de på det mikrobiologiske område er mere lempelige.

4.4.2 Praksis

Gennem de sidste par år er der også i Sverige installeret belastningsafhængig drift af vandbehandlingsanlæg.

5. Mere effektiv vandbehandling

Elforbruget til vandbehandling påvirkes af:

- system layout
- komponenter
- driftsstrategi

5.1 System layout

5.1.1 Udligningstank

- Placeringen af udligningstanken i forhold til bassinet har betydning for energiforbrug til pumper. Pumpen skal løfte vandet svarende til højdeforskellen mellem de 2 vandoverflader.
- På eksisterende anlæg kan der opnås en besparelse ved at øge vandstanden i udligningstanken i det omfang det er muligt. Beholderen skal stadig kunne optage vandoverskud forårsaget af aktiviteter i bassinet.
- På nye anlæg bør det tilstræbes at holde mindst mulig afstand mellem bassinoverfladen og vandoverfladen i udligningstanken.

5.1.2 Rørsystem

- Udstrækningen af rørsystemet kan begrænses ved en rigtig disponering af bassin og tilhørende installationer.
- Ved valg af rørdimensioner skal der tages hensyn til driftsudgifterne.
- Fittings vælges med lave tryktab, bl.a. undgå anvendelse af vinkler. Bløde bøjninger tager lidt mere plads og skal tænkes ind i disponeringen.
- Dimensionsændringer må ikke ske med skarp overgang – anvend reduktionsfittings.

5.1.3 Bassin

- Fordelingen i vandet til bassinet og placering af afløb fra bassinet har betydning for hvor effektivt cirkulationen udnyttes. Med en dårlig vandfordeling i bassinet er det ikke sandsynligt at man kan overholde kravene til vandkvalitet med en reduceret cirkulation.

5.2 Komponenter

5.2.1 Pumpe

- Hvis muligt anvendes "blokpumper", så man foretager retningsændringer af rørføringen i pumpen. Blokpumpen i sig selv har en øget effektiviteten omkring 0-2%. Hertil kommer sparet tryktab i den efterfølgende bøjning eller vinkel, der ville have været med en in-line pumpe.
- Rør før/efter pumpe (5-10 gange d) bør udføres i pumpens dimension.
- Coating af pumpehus og løber øger effektiviteten i størrelsesordenen 2-3% på en ny pumpe i flg. Grundfos erfaringer – der er endda set tal på over 5% i artikler om coating. På længere sigt vil den høje effektivitet holde sig på en coatet pumpe i f.t. en pumpe af støbejern, hvor effektiviteten kan falde med 10-20% i løbet af ret få år.
- Bronchepumper har også længere levetid end støbejernspumper. I mindre dimensioner kan bronchepumper være billigere end de coatede pumper.
- Sparemotor - det vil normalt kunne betale sig at købe en pumpe med EFF 1 motor (sparemotor). De er allerede standard på nogle pumper i dag. I forhold til standardmotorer kan der hentes i størrelsesordenen 10% på mindre pumper (1,1 kW), 5% på større pumper (7,5 kW).
- Frekvensomformer - hvis det er muligt at anvende en integreret frekvensomformer, bør det undersøges om det kan give en højere effektivitet i systemet. En ulempe ved integrerede omformere kan være, at både motor og omformer udskiftes hvis en af

delene holder op med at fungere. De integrerede omformere kan også have færre programmeringsmuligheder end en separat omformer.

5.2.2 *Filtre*

- Filtre vælges med et lavt trykfald. I projektet blev der valgt grovfiltre med et tryktab mindre end 0,5 m VS ved rent filter.
- Det er en fordel, hvis der er et klart låg på filteret, så man kan se ned i filterkurven. Af betydning for filterets tryktab er siens finhed (hulstørrelse), areal, hulandel af det samlede areal og tilløbs- og fraløbsforhold.
- For sandfiltre vil det være hastighed gennem sandlaget og opbygningen af dette, der har betydning for tryktabet.
- Der foregår forsøg med afløserer for sandfiltre – f.eks. tromlefiltre, der har mindre tryktab.

5.2.3 *Måling af tryk*

- Det er vigtigt, at man kan kontrollere tryktabene i anlægget. Der bør placeres 1 eller flere manometre med en passende inddeling – ofte er 0-1,5 bar passende.
- Ved at anvende det samme manometer med flere tilslutninger, f.eks. før grovfilter, efter grovfilter og efter pumpe, får man præcise oplysninger om tryktab og trykstigninger i anlægget. Et tilstoppet filter øger energiforbruget.

5.2.4 *Måling af flow*

- For kunne overholde kravene til cirkulation er det nødvendigt at man med rimelig nøjagtighed kan aflæse denne. En upræcis flowmåler gør, at man er nødt til at ligge højere end kravet for at være på den sikre side.
- Med en elektronisk flowmåler kan man få et præcist udtryk for cirkulationen og evt. koble det til en frekvensregulering af pumpen, så der automatisk kan kompenseres for højere tryktab over filtrene.

5.2.5 *Måling af el*

- På større forbrug bl.a. hovedpumperne på vandbehandlingen bør der sidde elmålere på de enkelte anlæg.
- Hvis cirkulationen overholder kravene vil en løbende kontrol af elforbruget afsløre andre afvigelser fra den normale drift, f.eks. tilstopning af filtrene.

5.2.6 *Nøgletal*

For at kunne sammenligne forskellige vandbehandlingsanlæg er det vigtigt med nogle nøgletal. I projektet er udover differenstryk over komponenter brugt:

- Wh pr m³ - svarende til SPC eller SEL værdi i ventilationsanlæg (hvor meget energi koster det at flytte 1 m³ vand). Tallet fortæller hvor effektivt det samlede anlæg er og er dermed en vigtig oplysning for de driftsansvarlige.
- Wh pr m³/m VS – tallet fortæller hvor meget energi koster det at løfte 1 m³ vand 1 m (pumpens effektivitet). Dette tal er mindre vigtigt, men kan bruges til at vurdere effekten af f.eks. en pumpeudskiftning.

5.3 Driftsstrategi

Som udgangspunkt dimensioneres vandbehandlingsanlægget i h.t. DS 477. Her er den cirkulerende vandstrøm anført til:

$$Q = p/b$$

hvor

Q = cirkulerende vandstrøm (m³/h)

b = max. personbelastning pr m³ behandlet, cirkulerende vand (bør være max. 0,5 ved alm. bassiner – 0,33 ved varmtvandsbassiner m.m.)

p = max. personbelastning pr h

Vedrørende omsætningstider henvises også til Miljøministeriets bekendtgørelse nr. 195 af 1988.04.05.

Vandbehandlingsanlægget dimensioneres således i henhold til denne max. situation.

5.3.1 *Konstant vandmængde*

Som udgangspunkt kører anlæggene med konstant vandcirkulation hele året – dag, nat, sommer og vinter.

5.3.2 *Natdrift*

Der er i Miljøstyrelsens vejledning åbnet mulighed for dispensation for længere omsætningstid udenfor almindelig åbningstid. Der kræves en dispensation for hvert enkelt anlæg.

5.3.3 *Belastningsafhængig styring*

På de fleste andre områder (ventilation, belysning m.m.) er der gennem de sidste 10-20 år indført styring efter belastning/behov. Et af målene med nærværende projekt var at undersøge, om det også var muligt at styre vandbehandlingsanlæg i svømmehaller efter belastningen.

Vandbehandlingsanlæg dimensioneres efter et bestemt antal personer som max. belastning. Imidlertid er der store forskelle på hvor mange gæster, der er i et svømmebad. Antallet afhænger af:

- Geografi – hvor i landet ligger svømmebadet
- Årstid – i sommerperioden med godt vejr er der få gæster. På andre tidspunkter med dårligt vejr er der mange gæster
- Tid på dagen – antal gæster påvirkes af om der er morgensvømmere, skolesvømming, klubber og ellers kommer gæsterne især efter fyraften og først på aftenen
- Tid på ugen – mange svømmehaller oplever stort rykind i weekenden

Udover personantallet afhænger belastningen af den forurening der tilføres pr person. Det er afhængig af:

- Hvilke personer - der iagttages bl.a. nogle steder forskellig brug af bruserne efter hvilke klubber m.m., der anvender bassinet.
- Hvor mange bassiner – med flere bassiner fordeles brugstid og forurening
- Pasning/rengøring – jo bedre rengøring af bassiner og filtre, des nemmere klarer vandbehandlingsanlægget opgaven

En enkelt af de besøgte svømmehaller havde en vis grad af belastningsafhængig styring (ikke lovlig). Ved løbende indlægning af besøg (klubber, skoler især) i CTS-anlægget varieredes den cirkulerende vandmængde efter antal (forventede) personer. Enkelte andre steder er vandcirkulationen ikke tilstrækkelig p.g.a. fejlbetjening eller fejl på anlægget.

Der er de sidste par år kommet udstyr til automatisk styring efter belastning på markedet (se afs. 4.1.5, 4.3.2 og 4.4.2). Dette system bruger Redox niveauet til at styre efter og de øvrige målinger af vandkvalitet som supplement.

6. Ombygning i Gladsaxe Svømmehal

Efter at den oprindelige anlægsvært trak sig ud af projektet, tog Rambøll kontakt til Gladsaxe Svømmehal. Det viste sig at de var interesserede i at indgå som anlægsvært. En hurtig gennemgang af anlæggene tydede på at denne svømmehal var velegnet til forsøgene.

6.1 Eksisterende forhold

Se også bilag 1

6.1.1 50 m bassin

Bassinet er delt ca. midtpå af en "bro", således at der i den dybe ende (1,8 – 4 m) er et 25 m bassin. I den lave ende kan dybden varieres 0,9 – 1,5 m med en hæve-sænkebund. Der er 4 tilgangsrør \varnothing 150 med afspærrings-/indreguleringsventiler til bassinet – 2 er tilsluttet bunddyserne i den dybe del.

De 2 tilgangsrør til den lave del af bassinet er, hver især, tilsluttet dyser i bassinbund og dyser i hæve-sænkebund. Det er muligt at afspærre/indregulere dysesektionerne hver for sig. Alle ventiler var halvt åbne før forsøgene.

Vandet fra bassinet ledes via højtliggende skulperender til udligningstanken, hvor vandstanden normalt er ca. 2 m under bassinoverflade. Herfra går det via et grovfilter til (før ombygningen) 2 parallelt monterede pumper – den ene er styret af en frekvensomformer. Om natten kørte 1 den regulerede pumpe (34 Hz) og om dagen begge pumper. Efter sandfiltre er placeret kulfiltre og varmeveksler med delstrømpumper. Der er endvidere placeret en pitotrørsmåler, der med et direkte koblet viserinstrument viste cirkulationensmængden igennem bassinet.

Oprindeligt var der et fælles klorelektrolyseanlæg for de 2 bassiner. Dette blev ændret før forsøgene startede, således at dette anlæg nu kun betjener 50 m bassin. Målevand blev taget fra samlerør for skulperender.

Flokkulering tilsættes ca. 8 m før første sandfilter – forbrug ca. 1 l/døgn.

Bundsugning sker med robot, der rengør bassinet om natten (snavs tilbageholdes i pose og vandet føres tilbage til bassin). Dette har fungeret godt gennem adskillige år. Forinden var gået en periode, hvor man havde sammenlignet manuel rengøring (som varmtvands bassin) med robotten – bl.a. blev der sammenlignet vandprøver taget under anvendelse af de 2 metoder.

6.1.2 Vandfordeling i 50 m bassin

Som noget af det første blev der set på vandfordelingen. I december 2004 blev der foretaget de første farveprøver, hvor det viste, sig at vandfordelingen i 50 m bassinet ikke levede op til forventningerne.

I oktober 2005 – efter at der var givet dispensation til forsøgene på betingelse af bedre vandfordeling – blev der foretaget nye farveprøver med øget cirkulation og derved undersøgt muligheder for at forbedre fordelingen, der stadig ikke var tilfredsstillende. Endnu en farveprøve november 2005, med helt rene filtre og derved max. vandmængde, kunne ikke forbedre situationen tilstrækkeligt. På baggrund af disse undersøgelser, blev der foreslået et par mulige løsninger.

6.1.3 *Besparelsemuligheder i 50 m bassin*

Efter gennemgang af anlægget blev besparelsemulighederne vurderet til:

Nr	Tiltag	kWh/år	% af forbrug
1	Oprindelig udformning med natsænkning	221.000	100
2	Med belastningsafhængig styring	155.000	70
3	2 + ny Pumpe	138.000	52
4	3 + nyt grovfilter	103.000	47

6.1.4 *Varmtvandsbassin*

Dette anlæg består af et varmtvandsbassin og et soppebassin – begge forsænket i gulvet og med en afstand mellem bassinerne på ca. 2 m.

Varmtvandsbassinet er forsynet med bunddyser og højtliggende skulperender

Soppebassinet har indløbsdyser i den nordlige, korte side og overløbsrist i den sydlige korte side.

Målevand tages direkte fra varmtvandsbassinets langside.

Der var tidligere et fælles klørelektrolyseanlæg for alle bassiner. Dette blev ændret før forsøgene startede, således at varmtvands- og soppebassin i dag har deres eget anlæg.

Fra udligningstanken ledes vandet igennem grovfilter og via en in-line pumpe til sandfiltre.

Pumpen var med integreret frekvensomformer og holdt en konstant cirkulation gennem en opkobling til en elektronisk flowmåler (Danfoss Magflo).

Flokkulering tilsættes ca. 6 m før første sandfilter – forbrug ca. 1 l/døgn.

Bundsugning sker manuelt om morgenen. Der er en speciel pumpe hertil – sugeslange (ca. DN 32) tilsluttes på stuts i skulperenden. Vandet føres til kloak. Dette princip har været anvendt i en årrække.

6.1.5 *Besparelsemuligheder i varmtvandsbassin*

Efter gennemgang af anlægget blev besparelsemulighederne vurderet til:

Nr	Tiltag	kWh/år	% af forbrug
1	Oprindelig udformning uden natsænkning	35.000	100
2	Oprindelig udformning med natsænkning	23.000	66
2	Med belastningsafhængig styring	18.000	51
3	3 + ny Pumpe	14.000	41
4	3 + nyt grovfilter	13.000	37

Det skal bemærkes, at man havde valgt ikke at køre med natsænkning, da bassinet i perioder er meget belastet. Desuden kunne pumpen knapt klare den nødvendige cirkulation, når filtrene blev stoppede.

6.2 Dispensation

Ult. 2004 blev der, til Københavns Amt, indsendt ansøgning om dispensation fra bestemmelserne om omsætningstider i svømmebassiner. En dispensation var en forudsætning for at gå i gang med forsøgene.

Ansøgningen blev af flere gange suppleret med notater om forudsætninger for beregning af flow, principper for målinger af vandkvalitet, dokumentation for vandfordeling m.m. Dette bevirkede at der gik et stykke tid med behandlingen af ansøgningen, der i øvrigt også var til høring hos adskillige, relevante myndigheder.

Dispensationen blev givet juli 2005. Et væsentligt krav heri var, at vandfordelingen i det område af det store bassin, der har hæve-sænkebund, skulle forbedres (se bilag 5).

6.3 Ombygning

Efter at anlæggene var målt mere nøje igennem og besparelsesmulighederne belyst startede arbejdet med ombygningen.

6.3.1 *Forbedring af vandfordeling i 50 m bassin*

I foråret 2006 blev det besluttet at gå videre med et forslag, der indebar en væsentlig forøgelse af antal dyser i hæve-sænkebunden. Som en del af dette forslag skulle der gennemføres ekstra trykrør i bassinsiden under hæve-sænkebunden. Der blev indhentet priser og arbejdet blev udført i den sidste del af sommerferien, hvor der er mest besøg i de udendørs svømmebassiner.

Via flere farveprøver og indregulering af dyser blev der endelig opnået en tilfredsstillende vandfordeling. Denne blev eftervist med farveprøve 24. september 2006.



Figur 2 Der måtte indbygges ekstra rør til vandfordeling i 50 m bassin

6.3.2 *Indbygning af ekstra målere (flow, vandkvalitet og el)*

Ved 50 m bassinet blev der indbygget en elektronisk flowmåler (Siematic) baseret på magnetprincippet.

I den ene bassinside blev monteret 2 sæt udstyr (Jesco) for måling af vandkvaliteten direkte i bassinet ca. 0,5 m under vandoverfladen. Det ene udstyr udfør midten af den dybe del og det andet sæt udfør midten af området med hæve-sænke bunden.

Der blev indbygget en elmåler foran hovedpumpen.

Ved varmtvandsbassinet blev der kun indbygget en elmåler foran hovedpumpen. Flowmåling og måling af vandkvalitet var i forvejen velfungerende.

6.3.3 *Pumper optimeres*

Det blev valgt at afløse de 2 parallelt kørende pumper ved 50 m bassinet med 1 stor pumpe, bl.a. fordi større pumper alt andet lige vil have en bedre virkningsgrad. Det betød også en forbedring af virkningsgraden, da man ikke skulle have 2 pumper kørende med forskellige omdrejningstal.

For både 50 m bassin og varmtvandsbassin blev der valgt blokpumper (vinkelløbende), der har en lidt bedre virkningsgrad end in-line pumper. Det var i begge tilfælde muligt at indbyg-

ge pumperne, så ændringen i rørsystemets retning - fra vandret til lodret - kunne ske i pumperne. Herved blev sparet en bøjning.

Begge pumper er en smule nedregulerede - til 50 m bassin kører pumpen max. ca. 80% med et effektoptag på 26,9 kW og en samlet virkningsgrad (pumpe+motor) på 79,1%. Til varmtvandsbassinet max. ca. 90% med et effektoptag på 4 kW og med en samlet virkningsgrad (pumpe+motor) på 68,2%.

Begge pumper blev valgt med mest effektive motorer og coating af pumpehus og løber.



Figur 3 Nyt filter (tv.) og ny blokpumpe til 50 m bassin. En af de gamle pumper kan indkobles manuelt som reserve.

6.3.4 Frekvensstyring

Et af de spørgsmål, der skulle afklares i projektet var om en integreret frekvensomformer var mere attraktiv end en separat omformer.

For den store pumpe vedkommende var det ikke muligt at få en integreret omformer. De største pumper hos Grundfos med integreret omformer er på 18,5 kW.

Pumpen til varmtvandsbassinet kunne fås med integreret omformer, men det viste sig ikke muligt at programmere den til at kunne styre efter behov (se nedenfor). Der blev derfor valgt en separat omformer, som på den store Pumpe.



Figur 4 Ny pumpe til varmtvandsbassin i stedet for in-line pumpe og bøjning

6.3.5 Lavere tryktab over grovfiltre

Det viste sig tidligt i projektet at tryktabet over grovfiltrene var højt, dvs. 3-5 m VS afhængig af hvor nyrensede filtrene er.

På 50 m bassinet blev der installeret et nyt filter med lavt tryktab. Sien er af en speciel meget åben type. Tryktabet er nu 0,3-0,4 m VS ved rent filter.

På varmtvands bassinet blev det eksisterende PE filter renoveret. Afgangen fra filteret blev øget med en dimension og kanterne blev afrundet. Sien blev øget i areal. Tryktabet er nu 0,4-0,5 m VS ved rent filter.

6.3.6 Måleprincip med kortere responstid

I 50 m bassinet er det tanken at de målevandsudtag, der er indbygget i bassinsiden i forbindelse med forsøgene, efterfølgende vil blive anvendt til også at styre vandbehandlingsanlægget. Med variabel cirkulation vil responstiden på måling af vandkvalitet i perioder med lav belastning blive forlænget p.g.a. den lavere vandhastighed.

I varmtvandsbassinet er der allerede målevandsudtag direkte fra bassinet.

6.3.7 Styring efter belastning

Den belastningsafhængige styring blev etableret som en funktion af klordoseringen. Ved belastning af bassinet falder indholdet af frit klor og det sætter gang i klortilførslen. Signalet fra vandbehandlingsanlæggets styring til klordoseringen eller klorelektrolyseanlægget overføres til pumpestyringen og vil på den måde kunne styre pumpen.

I det aktuelle forsøg var det intentionen, at lade pumpestyringen regulere og kun anvende CTS anlægget til at overvåge cirkulationen. Ved at vælge en frekvensomformer med 2 regulerende indgange er dette muligt. Den primære indgang er koblet til flowmåleren, som det ofte ses. Via denne kobling er det muligt at holde en konstant cirkulation uafhængig af et stigende tryktab over filtrene. I et sådant system er der mulighed for at have reduceret cirkulation om natten.

I en anden indgang er tilsluttet signal fra klordoseringen. På det ene anlæg viste dette sig ikke at være muligt. Her bruges elmåleren på klorelektrolyseanlægget til at indikere, hvor meget klor, der doseres. Når klordoseringen er på laveste niveau styres pumpen på laveste

ydelse. Ved stigende klordosering øges pumpens omdrejningstal – op mod et omdrejningstal, der svarer til den dimensionerende cirkulation.

CTS anlægget overvåger løbende systemet ved registrering af cirkulation, klor og pH samt elforbrug,

6.3.8 *Evt. andre tiltag*

Trykmålingerne viser at der kan være yderligere måder at spare el på. Nedennævnte tryktab er ved dimensionerende vandmængder.

50 m bassin

Der er et tryktab på ca. 2 m VS fra bassin til grovfilter. Hvis det er muligt at hæve vandstanden i udligningstanken kan dette tryktab reduceres.

Fra sandfiltrene til bassinet er der et tryktab på ca. 6 m VS. Umiddelbart virker det ret højt, selvom rørdimensionerne ikke alle steder er som de måske burde være.

Disse tryktab udgør nu mere end halvdelen af de samlede tryktab, efter at de effektiviseringer, der var indeholdt i PSO projektet, er gennemført.

Over sandfiltrene er der et tryktab på 2-2,5 m VS. Dette skyldes at man pga. af de lidt små, installerede filtre må køre med vandhastigheder på 26-27 m/h gennem dem.

Varmtvands bassiner

Der er et tryktab på ca. 2 m VS fra bassin til grovfilter. Dette ligger delvis i at overkant udligningstank er min. 1 m under vandoverfladen i bassinerne.

Fra sandfiltrene til bassinet er der et tryktab på godt 3 m VS. Dette vurderes mest at ligge i rørtab og tab i indløbsdyser.

Disse tryktab udgør nu mere end halvdelen af de samlede tryktab, efter at de effektiviseringer, der var indeholdt i PSO projektet, er gennemført.

7.Målinger

7.1 Målinger før ombygning

For at fastlægge besparelsesmulighederne mere præcist blev der gennemført forskellige målinger på anlæggene før man gik videre med ombygningerne (se bilag 3 og 4).

7.1.1 *Cirkulation i 50 m bassin*

Mens der på varmtvandsbassinet var en ny og meget præcis flowmåler, var der en vis skepsis med hensyn til visningen på 50 m bassinets pitotrørsmåler. En kontrolmåling med en transportabel ultralydsmåler spændt på røret viste at cirkulationen, målt med dette instrument, lå fra 3-4% op til 16-17% under den mængde, som kunne aflæses på viserinstrumentet. Herudover blev der fundet fejlvisning på den el bimåler, der registrerede pumpernes forbrug.

7.1.2 *Tryktab*

Der blev indbygget nye manometre i anlæggene, så det var muligt at aflæse tryk efter udlig-ningsstank/før grovfilter – efter grovfilter/før pumpe – efter pumpe, dvs. 3 punkter med et manometer. Med endnu et manometer kunne aflæses tryk før sandfiltre – efter sandfiltre. Dette måleprincip blev brugt på begge anlæg. Målingerne blev kalibreret ved at stoppe anlægget og sammenholde manometervisninger, statisk højde på manometrene og bassinoverfladers kote.

50 m bassin: før ombygningen blev der bl.a. målt et trykfald over grovfilteret svarende til 2,5-5 m VS ved fuld vandmængde afhængig af filterets renhed.

Varmtvands-/soppebassin: før ombygningen blev der bl.a. målt et trykfald over grovfilteret svarende til 3,5-4,5 m VS ved fuld vandmængde afhængig af filterets renhed.

7.1.3 *Energiforbrug ved dimensionerende cirkulation*

50 m bassin: transport af vandet blev målt til 71 Wh pr m³ (SPC eller SEL værdi) hhv. 5,6 Wh pr m³/m VS.

Varmtvands-/soppebassin: transport af vandet blev målt til 54 Wh pr m³ (SPC eller SEL værdi) hhv. 5 Wh pr m³/m VS.

7.2 Måleprogram

Der blev i samarbejde med myndighederne opstillet et måleprogram (se bilag 6).

Fase	Dag	Gæster	Nat	Varighed	Kontroller
	m ³ /h	max. pr h	m ³ /h	dage	
Reference	540 (max.)	270	270	12	3
1. forsøg*	380-540	190-270	(380)	14	4
2. Forsøg	270-540	135-270	(270)	14	4
3. forsøg	160-540	80-270	(160)	14	4
Afslutning	x-540	y-270	X	30	4

Figur 5 Program for gennemførelse af forsøg i 50 m bassin

Programmet for varmtvandsbassinerne var opbygget på samme måde og løb parallelt med målingerne i 50 m bassinet.

Til overvågning af forsøgene blev der foretaget følgende

- CTS logning af vandcirkulation (m³/h), elforbrug, frit klor og pH
- supplerende logning med bærbar PC på 2 stk. Jesco måleudstyr (dyb hhv. lav del) fra bassinside i 50 m bassin + fra Jesco styring for varmtvandsbassin (frit klor, redox, pH og doseringssignal)
- ekstern måling af vandkvalitet (Rovesta) - mandag og torsdag. Disse dage var valgt ud fra returskyllingen, der blev fastlagt til tirsdag. Fremgangsmåden for prøvetagningerne blev, af Rovesta, beskrevet detaljeret i et notat.
- tælling af gæster (halpersonale) pr dag og nogle dage pr time
- registrering af el, flow, tryk og div. (driftspersonale) dagligt
- logbog for filterrens (tirsdag), anlægsstop, systemfejl (driftspersonalet)

7.3 Tælling af gæster

Svømmehallens åbningstider er 7-21 (hverdage), 8-15 (weekend), 9-14 (helligdage), lukket (24-26. dec. og 1. jan.). Undendørs bassiner er åbne – samtidig med de indendørs bassiner - medio maj- medio september. Dagdrift svarer på en almindelig uge til 84 timer.

Svømmehallen registrerer antal gæster pr. dag og som noget ekstraordinært blev der udvalgte dage talt badegæster pr. halve time.

7.3.1 Fordeling på året

Antal gæster i svømmehallen lå i 2006 på ca. 280.000 med november som den mest besøgte med ca. 28.500 gæster.

Månedsgennemsnittet var 82% heraf og august var den laveste med 62%. De andre sommermåneder ligger lidt højere, men en del af disse gæster bruger de udendørs bassiner.

Herved kommer det reelle sommerforbrug af de indendørs bassiner sandsynligvis til at ligge på 50-60% af november.

Nogenlunde sammen fordeling ses i 2005.

I 2007 var besøget ca. 290.000 gæster med januar som den mest besøgte med ca. 29.500 gæster.

7.3.2 *Fordeling i forsøgsperioden*

Der er undersøgt fordeling i forsøgsperioden januar-juli 2007:

- Det højeste antal gæster registreret er 909, mandag d. 30. April.
- Gennemsnittet i de undersøgte perioder ligger på 5-600 gæster pr. dag.
- Mindste besøg ligger på 4-500 gæster pr. dag.
- Enkelte dage ligger tallet dog 2-300 gæster pr. dag (fejl i tælling?)
- Ingen tydelig forskel på dagene. Lørdag-søndag er generelt lavere, men der er også kortere åbningstid.

7.3.3 *Opholdstid i bassiner*

Den 26.april – 4. maj 2007 er der talt gæster i de forskellige bassiner hver halve time. Tallet er sammenholdt med antal gæster pr. dag.

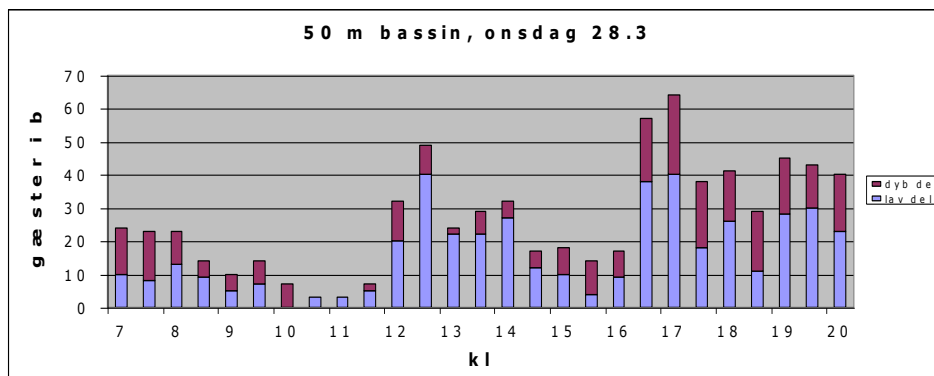
Når summen af antal gæster talt pr. halve time er mindre end det samlede antal gæster, kan man med en god tilnærmelse konkludere, at opholdstiden i bassinerne pr. gæst er mindre end 30 minutter. På tilsvarende vis kan konkluderes, at når summen af gæster talt pr. halve time er mere end det dobbelte af samlede antal gæster pr. dag, kan man med en god tilnærmelse konkludere, at opholdstiden i bassinerne pr. gæst er mere end 60 minutter.

Ud fra denne metodik og den begrænsede mængde tal er opholdstiden pr. gæst 30-45 min. på hverdage og 40-60 min. fre-søndag.

7.3.4 *Fordeling og middelbelastning på en hverdag*

Der er talt gæster hver halve time onsdag d. 28 marts 2007. Denne dag blev der registreret i alt 668 gæster ved indgangen – svarende til 74% af det højeste antal gæster (30.april).

En sammenlægning af halv times tællingerne i begge bassiner giver i alt 951 gæster. Den gennemsnitlige opholdstid i bassinerne er 43 minutter.

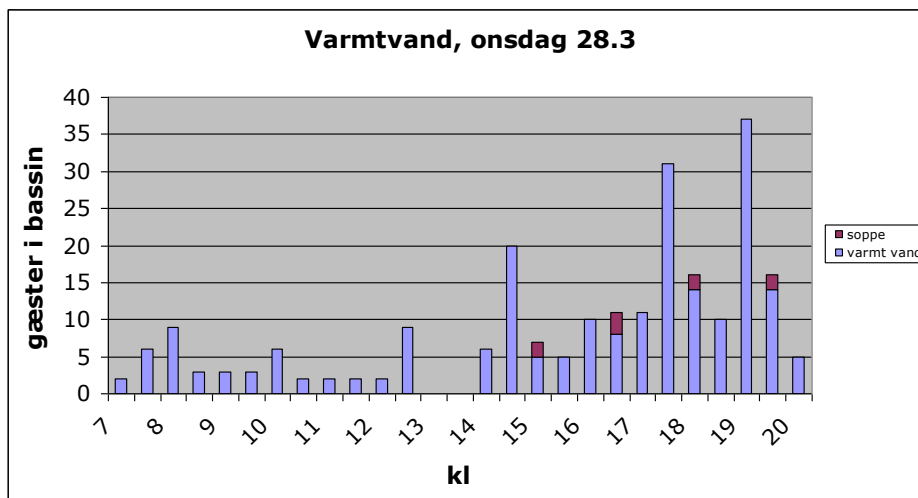


Figur 6 Tælling af gæster pr halve time i 50 m bassin. Den øverste del af søjlerne er den dybde del. Den nederste del er hæve-sænkebund med vandybde på typisk 0,6-1 m.

Det fremgår, at antal gæster i den lave del er 3-40 personer. I den dybe del er tallet 0-24 personer. For det samlede 50 m bassin er tallet 3-64. (max. for lav og dyb del er begge kl.17). Næsthøjeste tal er i alt 57 gæster kl. 16.30.

Der er i alt talt 717 gæster i 50 m bassinet. Nogle må derfor være talt 2 gange, da der ved indgangen kun er registreret 668 gæster.

Anvendes det sidstnævnte tal fås en middelbelastning af bassinet på 16% af den dimensionerende kapacitet. Der er altså et stort potentiale for at reducere elforbruget til cirkulation.



Figur 7 Tælling af gæster pr halv time i varmtvandsbassin og soppebassin. Den øverste del af søjlerne er soppebassinet. Den nederste del er varmtvandsbassinet.

Det fremgår, at antal gæster i soppe bassinet er 0-3 personer. I varmtvandsbassinet er tallet 0-37 personer. For begge bassiner tilsammen er tallet 0-37 (max. for soppebassin og varmtvandsbassin falder ikke sammen).

Der er i alt talt 234 gæster i varmtvandsbassinet og soppebassinet.

Anvendes dette tal fås en middelbelastning af bassinet på 53% af den dimensionerende kapacitet. Der er altså et godt potentiale for at reducere elforbruget til cirkulation.

7.3.5 Vurdering af maximal belastning på timebasis på bassiner

Ud fra de forskellige tællinger er der vurderet en maximal belastning over 1 time (svarende til DS 477 definition af dimensionerende belastning) af bassinerne. Ved at antage at gæsterne er i bassinet i min. 30 minutter fås der en antagelse på den sikre side ved at sammenlægge 2 stk. "30 minutters måling", der ligger ved siden af hinanden på det mest belastede tidspunkt..

Da besøgstallet den 28 marts ligger på 74% af det højeste besøgstal (28.april) kan der gives et tilsvarende tillæg for at få et billede på ikke så tit forekommende høj belastning.

50 m bassin

- Max. timebelastning 28.marts er 121 gæster kl. 16.30-17.30.
- Max. timebelastning svarende til "28. april belastning" er 164 gæster.
- Max. timebelastning i h.t. Bekendtgørelse af 1988 er 270 gæster.
- Udnyttelsen af bassinkapaciteten er således mellem nogle få procent og op til 60-70%.
- Der er altså et stort potentiale for energibesparelser med belastningsafhængig styring af cirkulationen.

Varmtvandsbassin og soppebassin

- Max. timebelastning 28.marts er 54 gæster kl. 19-20.
- Max. timebelastning svarende til "28. april belastning" er 73 gæster. I praksis er det tvivlsomt om dette tal nås, da pladsen i bassinet vil have en begrænsende effekt.
- Max. timebelastning i h.t. Bekendtgørelse af 1988 er 33 gæster.
- Udnyttelsen af bassinkapaciteten er således mellem nogle få procent og op over 100%.
- Der er også her et stort potentiale for energibesparelser med belastningsafhængig styring af cirkulationen. I perioder vil anlægget dog skulle køre med fuld ydelse.

I praksis udnyttes overskudskapaciteten i vandbehandlingsanlægget i dag til at øge cirkulationen op til 110-120%.

7.4 Målinger efter ombygning

I perioden januar-juli 2007 blev der målt på anlæggene med forskellige kombinationer af cirkulation. Der blev desuden foretaget supplerende målinger i varmtvands bassinerne i 2009.

7.4.1 Måling af referenceværdier (drift som hidtil)

50 m bassin

Før ombygning blev energiforbruget målt/beregnet til 24,5 kW middel med natsænkning. Cirkulerende vandmængde var 450/270 m³/h.

Efter ombygning blev der med samme cirkulation målt et gennemsnitsoptag på 16 kW dvs. ca. 67% af udgangspunkt.

Varmtvandsbassiner

Før ombygning blev energiforbruget målt/beregnet til 5 kW middel uden natsænkning. Cirkulerende vandmængde var 100 m³/h.

Efter ombygning blev der med samme cirkulation målt et gennemsnitsoptag på 3,2 kW dvs. ca. 64% af udgangspunkt.

50 m bassin							
Dyb del	Hæve-/sænke	Fælles afløb i kælder					
Kimtal v/ 37° pr. 100 ml	Kimtal v/ 37° pr. 100 ml	pH	Chlor,frit mg/L	Chlor,bundet mg/L	Turb. FTU	NVOC mg/L	THM µg/L
2	2	7,1	0,76	0,26			
4	5	7,0	0,73	0,23			
0	5	7,2	0,70	0,24	0,07	1,7	14

Figur 8 Vandkvalitet i referencemåling i 50 m bassin

Der blev målt 3 dage fordelt over 2 uger i referenceperioden. Alle værdier var tilfredsstillende. Der var natdrift i 50 m bassin – ikke i varmtvandsbassiner.

7.4.2 Målinger med belastningsafhængig drift

Som en del af den egentlige del af ovennævnte måleprogram indgik 3 perioder med belastningsafhængig drift. Resultater er vist i bilag 6.

Den sidste periode var en gentagelse (bekræftelse) af den foregående måling med den laveste cirkulation.

50 m bassin

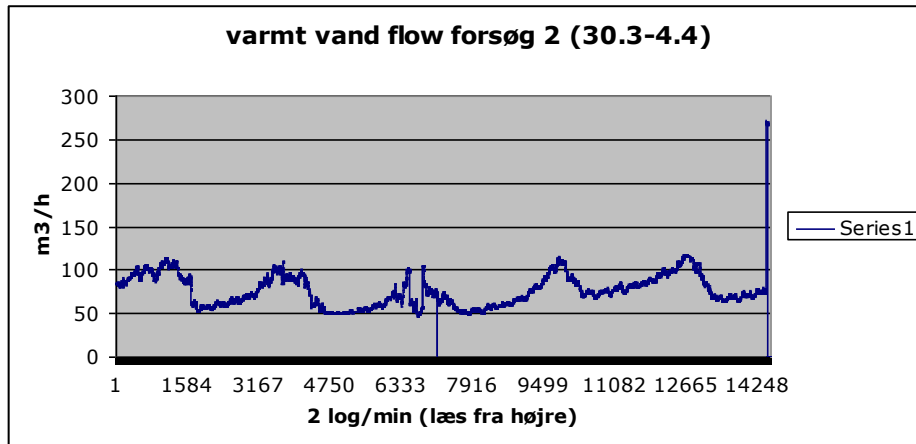
Alle målingerne overholdt grænseværdierne. I langt de fleste tilfælde var der ingen eller kun en ubetydelig forskel til referencemålingerne. Kun var der en stigning i nogle af kimtallene – fra 2-5 (reference) til 2-52 ved en cirkulation på 180 (33%) – 540 m³/h.

Elforbruget var som gennemsnit 6,5 kW ved drift med 180 – 540 m³/h, hvor det var 16 kW med urstyret natsænkning med 270 – 540 m³/h. Dvs. en besparelse på ca. 85.000 kWh/år. Klager fra svømmeklubben over luftkvaliteten gjorde at man øgede min. cirkulationen til 270 m³/h (50%). Der var dog ingen indikationer af at det skulle være den varierende cirkulation, der var skyld i problemet. Elforbruget ved 270 – 540 m³/h er målt til 10,6 kW som gennemsnit. Den realiserede besparelse fra belastningsafhængig styring er hermed ca. 53.000 kWh/år.

Varmtvands bassiner

På nær FTU overholdt målingerne grænseværdierne. I langt de fleste tilfælde var der ingen eller kun en ubetydelig forskel til referencemålingerne. For FTU skete der en stigning fra 0,07 (reference) til 0,32 ved en cirkulation på 30 (30%) – 100 m³/h. Dette blev bekræftet ved en

efterfølgende prøve, hvor der blev målt både før og efter sandfilter. Det blev herefter valgt at øge cirkulationen til 60-100 m³/h. Vandkvaliteten er senere bekræftet værende i orden med denne cirkulerende mængde.



Figur 9 Cirkulation i varmtvands bassiner. Det ses at cirkulationen i perioder overstiger de dimensionerende 100 m³/h.

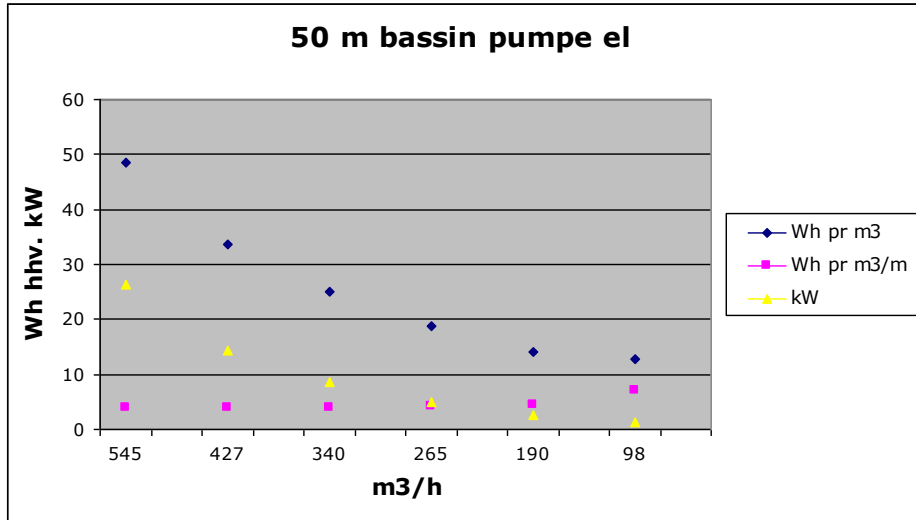
Elforbruget var som gennemsnit ca. 3,2 kW ved drift med 100 m³/h, hvor det var 1,6 kW med udstyret nedsænkning med 30 – 110 m³/h. Dvs. en besparelse på ca. 13.000 kWh/år. Som nævnt tidligere blev det nødvendigt at øge min.cirkulationen og i dag fungerer anlægget med en belastningsafhængig cirkulation på 60 – 110 m³/h. Gennemsnitsforbrug med disse parametre er 2 kW svarende til en besparelse på ca. 9.000 kWh/år.

En af de forklaringer, der har været fremme på de for høje værdier for turbiditet, er, at udstyret til rensning tilsluttes vandkredsløbet. Nedsat flow giver nedsat effektivitet af rengøringen. Det har været forsøgt at sætte anlægget på max. flow i det korte stykke tid, der rengøres. Dette har dog ikke hjulpet tilstrækkeligt.

En anden forklaring er nok at vandbehandlingsanlægget er ret hårdt belastet – i korte perioder over det dimensionerende. Dette kan også have en indflydelse på de lidt for høje værdier for turbiditet.

7.4.3 Varierende vandmængder og pumpeeffektivitet

Det er undersøgt i hvilken grad den belastningsafhængige drift har indflydelse på pumpernes effektivitet.



Figur 10 Måling af 50 m bassins effekt (kW), SEL (Wh/m3) og pumpeeffektivitet (Wh/m3/m)

Forløbet for varmtvandsbassinerne er tilsvarende, dvs. at begge anlæg kan reguleres ned til 20% af den dimensionerende ydelse, førend der sker en lille forringelse af deres effektivitet .

8. Anbefalinger og formidling

8.1 Potentiale

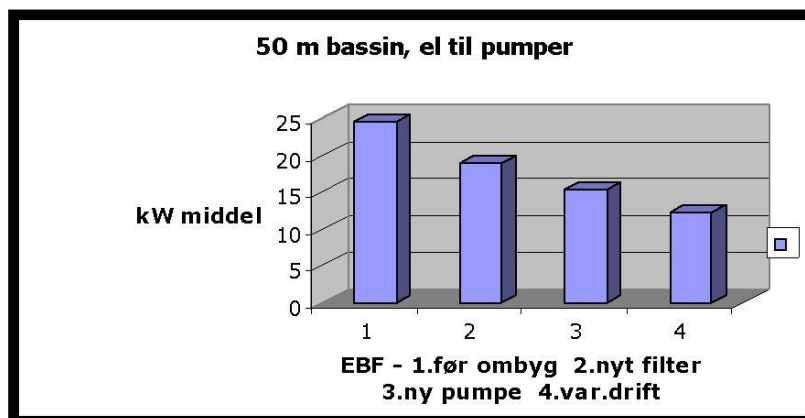
I de 5 andre svømmehaller undersøgt i projektet ligger nøgletallene for vandbehandlingsanlæg på 100-360 kW/m³/s eller ca. 30-110 Wh/m³.

8.2 Krav til nye og renoverede anlæg

Ved nyetablering af vandbehandlingsanlæg er det muligt at planlægge installationerne optimalt – herunder placering af udligningstank m.m. Det foreslås at stille efter Max. tryktab, incl. tab i udligningstank, på 60 - 80 kPa (iden nye svømmehal i Ringsted, blev krævet max. $\Delta p = 75$ kPa ved fuld ydelse).

Max. elforbrug, nyt anlæg - hvor anlægget kan planlægges optimalt, bør det være muligt at komme under et elforbrug på 30 Wh/m³.

Max. elforbrug, eksisterende anlæg – det vil være forskelligt, hvor meget der er bundet af de eksisterende forhold. Et elforbrug ned til 40-50 Wh/m³ bør være muligt.



Figur 11 Illustration af optimeringsprocesseni Gladsaxe Sportscenter

8.3 Andre forslag

8.3.1 Nøgletal

Der er hos de ansvarlige for driften af svømmehaller et ønske om detaljerede og gennemsigtige nøgletal for svømmehaller. Det kan evt. være i form af "best practice" tal.

8.3.2 Lovgivningsmæssig opbakning af energibesparelser

Med den nuværende lovgivning er er umiddelbart kun mulighed for at få tilladelse til at have urstyret natdrift med reduceret cirkulation i svømmebassiner. Ved revision af Bekendtgørelsen for Svømmebade bør man åbne op for at kunne indføre nye, mere energibesparende driftsformer. Tilladelserne kan betinges af eftervisning af god vandfordeling i bassinerne, CTS-baseret overvågning m.m.

8.4 Formidling

8.4.1 Artikler

"Coatning af pumper til svømmebade" i SVØMMEBADET (Uwe Pörksen, Grundfos okt. 2006)

"Vandbehandling i svømmebade – reduktion af elforbrug" i SVØMMEBADET (Niels Radisch, Rambøll dec. 2006) art. Vedlagt
"Vandbehandling i svømmebade – xxx" i HVAC Magasinet (Katrine Meyn, HVAC Magasinet xx.2010) udkommer omkring maj-juni.

8.4.2 *Præsentationer*

"Vandbehandling i svømmebade – reduktion af elforbrug" (foreløbige resultater) indlæg af Niels Radisch ved Svømmebadsteknisk Forenings årsmøde den 12. april 2007
"Kortlægning af energiforbrug" i 5 svømmehaller" indlæg af Ole Juhl Henriksen ved Svømmebadsteknisk Forenings årsmøde den 11. april 2007
"Vandbehandling i svømmebade – reduktion af elforbrug" (endelige resultater) indlæg af Niels Radisch ved Svømmebadsteknisk Forenings årsmøde den 10. april 2008
"Effektive pumper" indlæg af Uwe Pörksen, Grundfos ved Svømmebadsteknisk Forenings årsmøde den 10. april 2008
"Behovsstyret vandbehandling..." indlæg af Niels Radisch ved tværkommunalt seminar (7 kommuner fra hovedstadsområdet) den 27. marts 2009


8.4.3 *Andet*

Erfablade om projektet (PSO april 2010)


9.Bilag

1. Beskrivelse af div. svømmehaller incl. målinger
2. Gladsaxe Sportscenter, installationer
3. Målinger før/efter ombygning, 50 m bassin
4. Målinger før/efter ombygning, varmtvandsbassin
5. Dispensation, betingelser for at gennemføre forsøg
6. 50 m - prøvetagningsprogram incl. resultater
7. Varmt vand - prøvetagningsprogram incl. resultater
8. Artikel "Vandbehandling i svømmebade – reduktion af elforbrug" i SVØMMEBADET


Bilag 1.1 Beskrivelse af de fem svømmehaller

Korsør Svømmehal											
Bygning	<p>Svømmehallen er opført i 1977, glasfacader er renoveret i 1984, ventilation og automatik er renoveret i 2006. Det opvarmede etageareal er 3.601 m².</p>										
Bassiner	<p>25 x 12,5 x 1,30-1,70 m svømmebassin 27°C 12,5 x 12,5 x 4, m springbassin 27°C 11 x 6 x 0,7 m undervisningsbassin 27°C 9 x 3 x 0,2 m babybassin 34°C</p> <p>Det samlede bassinareal er 562 m².</p>										
Vandbehandling	<p>Pulverfiltre med Perlite. Tryksandfiltre og kulfiltre til babybassin.</p>										
Ventilation	<p>Før renovering: Recirkulation og udeluft med konstant andel og uden varmegenvinding. Indblæsning via riste i banket langs tre facader. Udsugning via riste over gulv.</p> <p>Efter renovering: Recirkulation og variabel udeluft med varmegenvinding med aluminium krydsvarmeveksler. Indblæsning via riste i banket langs glasfacade. Udsugning via riste over gulv.</p>										
Nøgletal Energiforbrug	<table border="1" data-bbox="592 1536 1366 1659"> <thead> <tr> <th></th> <th>Bassinareal kWh/m² pr. år</th> <th>Opvarmet etageareal kWh/m² pr. år</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>El</td> <td>758</td> <td>118</td> </tr> <tr> <td>Varme</td> <td>1813</td> <td>283</td> </tr> </tbody> </table> <p>El og varmeforbrug fra DSF Nøgletal 2002. Varmeforbrug er ikke klimakorrigeret. Opvarmet etageareal fra BBR-meddelelse</p>			Bassinareal kWh/m ² pr. år	Opvarmet etageareal kWh/m ² pr. år	El	758	118	Varme	1813	283
	Bassinareal kWh/m ² pr. år	Opvarmet etageareal kWh/m ² pr. år									
El	758	118									
Varme	1813	283									


Bilag 1.1 Beskrivelse af de fem svømmehaller

Vollsmose Svømmehal											
Bygning	Svømmehallen er opført i 1978. Det opvarmede etageareal er 2.516 m ² .										
Bassiner	25 x 15,5 x 2,0 m svømmebassin 27°C Det samlede bassinareal er 388 m ² .										
Vandbehandling	Tryksandfiltre og kulfiltre.										
Ventilation	Der anvendes ikke recirkulation og der tilføres en konstant udeluftmængde. Varmegenvinding med krydsvarmeveksler i glasrør. Indblæsning via riste i banket langs glasfacade. Udsugning via riste under loft.										
Nøgletal Energiforbrug	<table border="1" data-bbox="624 1178 1394 1301"> <thead> <tr> <th></th> <th>Bassinareal kWh/m² pr. år</th> <th>Opvarmet etageareal kWh/m² pr. år</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>El</td> <td>741</td> <td>114</td> </tr> <tr> <td>Varme</td> <td>1327</td> <td>205</td> </tr> </tbody> </table> <p>El og varmeforbrug fra DSF Nøgletal 2002. Varmeforbrug er ikke klimakorrigeret. Opvarmet etageareal fra BBR-meddelelse.</p>			Bassinareal kWh/m ² pr. år	Opvarmet etageareal kWh/m ² pr. år	El	741	114	Varme	1327	205
	Bassinareal kWh/m ² pr. år	Opvarmet etageareal kWh/m ² pr. år									
El	741	114									
Varme	1327	205									

Bilag 1.1 Beskrivelse af de fem svømmehaller

Hinnerup Badet											
Bygning	Svømmehallen er opført i 1993. Det opvarmede etageareal er 2.466 m ² .										
Bassiner	<table border="0"> <tr> <td>25 x 12 x 1,2-4 m svømmebassin</td> <td>27°C</td> </tr> <tr> <td>8 x 5 x 0,7-0,9 m børnebassin</td> <td>27°C</td> </tr> <tr> <td>5 x 5 x 0-0,4 m soppebassin</td> <td>34°C</td> </tr> <tr> <td>6 x 12 x 1,2-1,4 m varmtvandsbassin</td> <td>34°C</td> </tr> </table> <p>Det samlede bassinareal er 437 m².</p>		25 x 12 x 1,2-4 m svømmebassin	27°C	8 x 5 x 0,7-0,9 m børnebassin	27°C	5 x 5 x 0-0,4 m soppebassin	34°C	6 x 12 x 1,2-1,4 m varmtvandsbassin	34°C	
25 x 12 x 1,2-4 m svømmebassin	27°C										
8 x 5 x 0,7-0,9 m børnebassin	27°C										
5 x 5 x 0-0,4 m soppebassin	34°C										
6 x 12 x 1,2-1,4 m varmtvandsbassin	34°C										
Vandbehandling	Tryksandfiltre og kulfiltre.										
Ventilation	Variabel recirkulation og variabel udeluft med varmegenvinding med aluminium krydsvarmeveksler. Indblæsning via riste i banket langs glasfacade og via dyser 5 m over gulv. Udsugning via rør 3 m over gulv.										
Nøgletal Energiforbrug	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Bassinareal kWh/m² pr. år</th> <th>Opvarmet etageareal kWh/m² pr. år</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>El</td> <td>572</td> <td>101</td> </tr> <tr> <td>Varme</td> <td>2137</td> <td>379</td> </tr> </tbody> </table> <p>El og varmeforbrug fra DSF Nøgletal 2002. Varmeforbrug er ikke klimakorrigeret. Opvarmet etageareal fra BBR-meddelelse</p>			Bassinareal kWh/m ² pr. år	Opvarmet etageareal kWh/m ² pr. år	El	572	101	Varme	2137	379
	Bassinareal kWh/m ² pr. år	Opvarmet etageareal kWh/m ² pr. år									
El	572	101									
Varme	2137	379									

Bilag 1.1 Beskrivelse af de fem svømmehaller

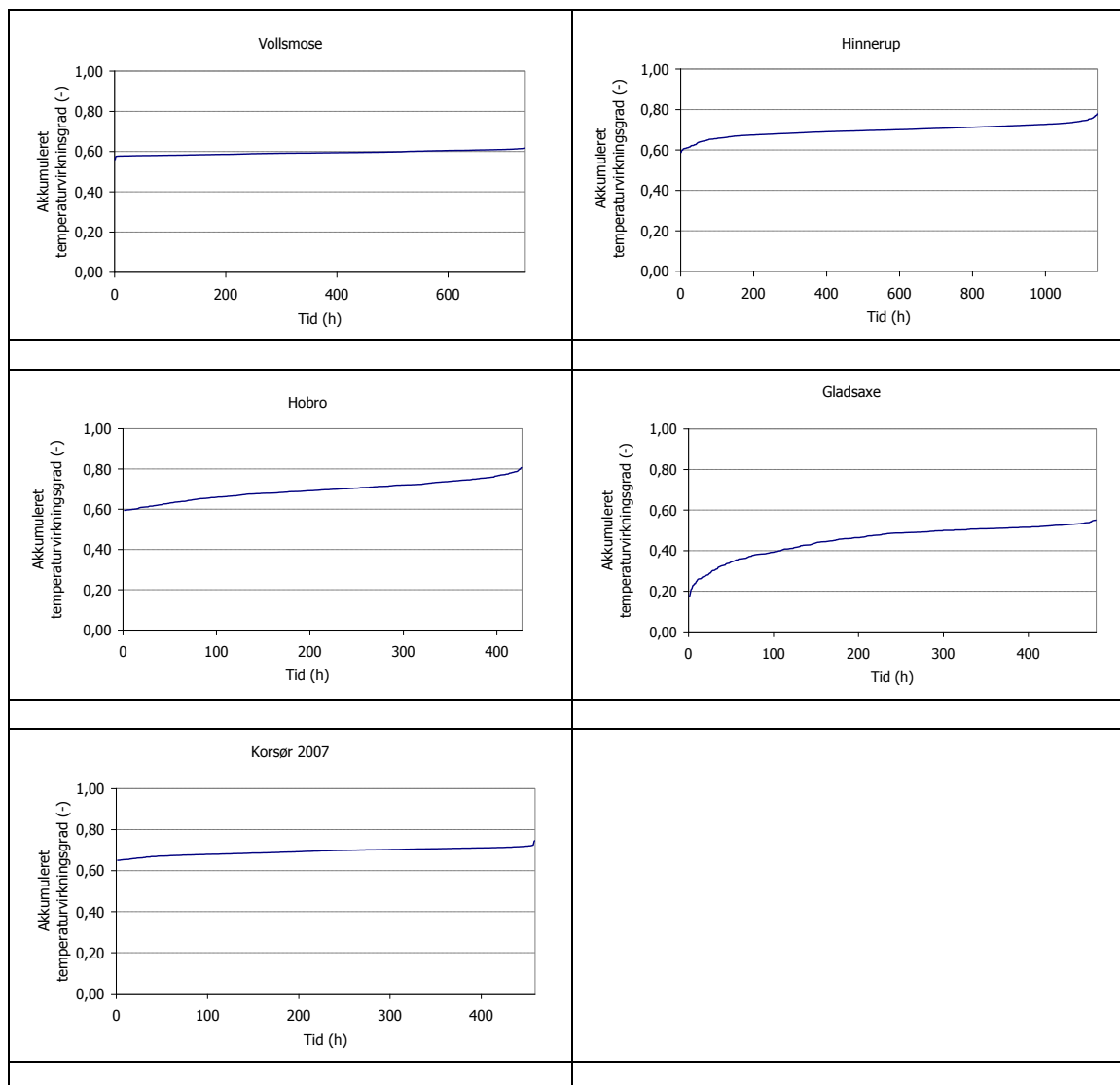
Hobro Idrætscenter										
Bygning	<p>Svømmehallen er opført i 1980 og ventilationen er renoveret i 2003. Det opvarmede etageareal for svømmehal tilhørende servicefaciliteter er 1.782 m². Bygningen har egen kraftvarmeforsyning med gasmotor.</p>									
Bassiner	<table border="0"> <tr> <td>25 x 12,5 x 0,9-4 m svømmebassin</td> <td>28°C</td> </tr> <tr> <td>5 x 12,5 x 0,6 m børnebassin</td> <td>30°C</td> </tr> </table> <p>Det samlede bassinareal er 375 m².</p>	25 x 12,5 x 0,9-4 m svømmebassin	28°C	5 x 12,5 x 0,6 m børnebassin	30°C					
25 x 12,5 x 0,9-4 m svømmebassin	28°C									
5 x 12,5 x 0,6 m børnebassin	30°C									
Vandbehandling	Tryksandfiltre og kulfiltre.									
Ventilation	<p>Variabel recirkulation og variabel udeluft med varmegenvinding med krydsvarmeveksler i polypropylen. Indblæsning via riste i banket langs facade. Udsugning via riste i vandret kanal 3 m over gulv.</p>									
Nøgletal Energiforbrug	<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>Bassinareal kWh/m² pr. år</th> <th>Opvarmet etageareal kWh/m² pr. år</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>El</td> <td>1370</td> <td>288</td> </tr> <tr> <td>Varme</td> <td>368</td> <td>77</td> </tr> </tbody> </table> <p>Elforbrug, varmeforbrug og opvarmet etageareal fra DSF Nøgletal 2002. Varmeforbrug er ikke klimakorrigeret.</p>		Bassinareal kWh/m ² pr. år	Opvarmet etageareal kWh/m ² pr. år	El	1370	288	Varme	368	77
	Bassinareal kWh/m ² pr. år	Opvarmet etageareal kWh/m ² pr. år								
El	1370	288								
Varme	368	77								

Bilag 1.2 Måleudstyr og målepunkter

Måleparameter	Måleudstyr	Målepunkter
SEL-værdier for ventilation	Nanovip til måling af effekt med strømtang og tilhørende spænding. Alternativt aflæsning af effektoptag på frekvensomformer	Eltavle med grupper for ventilaører. Alternativt udlæsning på frekvensomformere.
SEL-værdier for vandbehandling	Nanovip til måling af effekt med strømtang og tilhørende spænding. Alternativt aflæsning af effektoptag på frekvensomformer	Eltavle med grupper for hovedpumper. Alternativt udlæsning på frekvensomformere.
Temperaturvirkningsgrad for varmegenvinding	Pt-100 følere tilsluttet Grant datalogger	Lufttemperaturer målt over varmeveksler for udeluft, udsugning og indblæsning.
Vandfordampning	Tiny-Tags minidataloggere til måling af sammenhørende værdier af lufttemperatur og relativ luftfugtighed. Måling af luftmængde ved traversmåling med pitotrør eller Alnor varmetrådsanemometer.	Indblæsning og udsugning i ventilationsaggregater eller i kanaler. Luftmængder er målt i kanaler.
Indeklima	Testo 650 til måling af sammenhørende værdier af lufttemperatur og relativ luftfugtighed.	

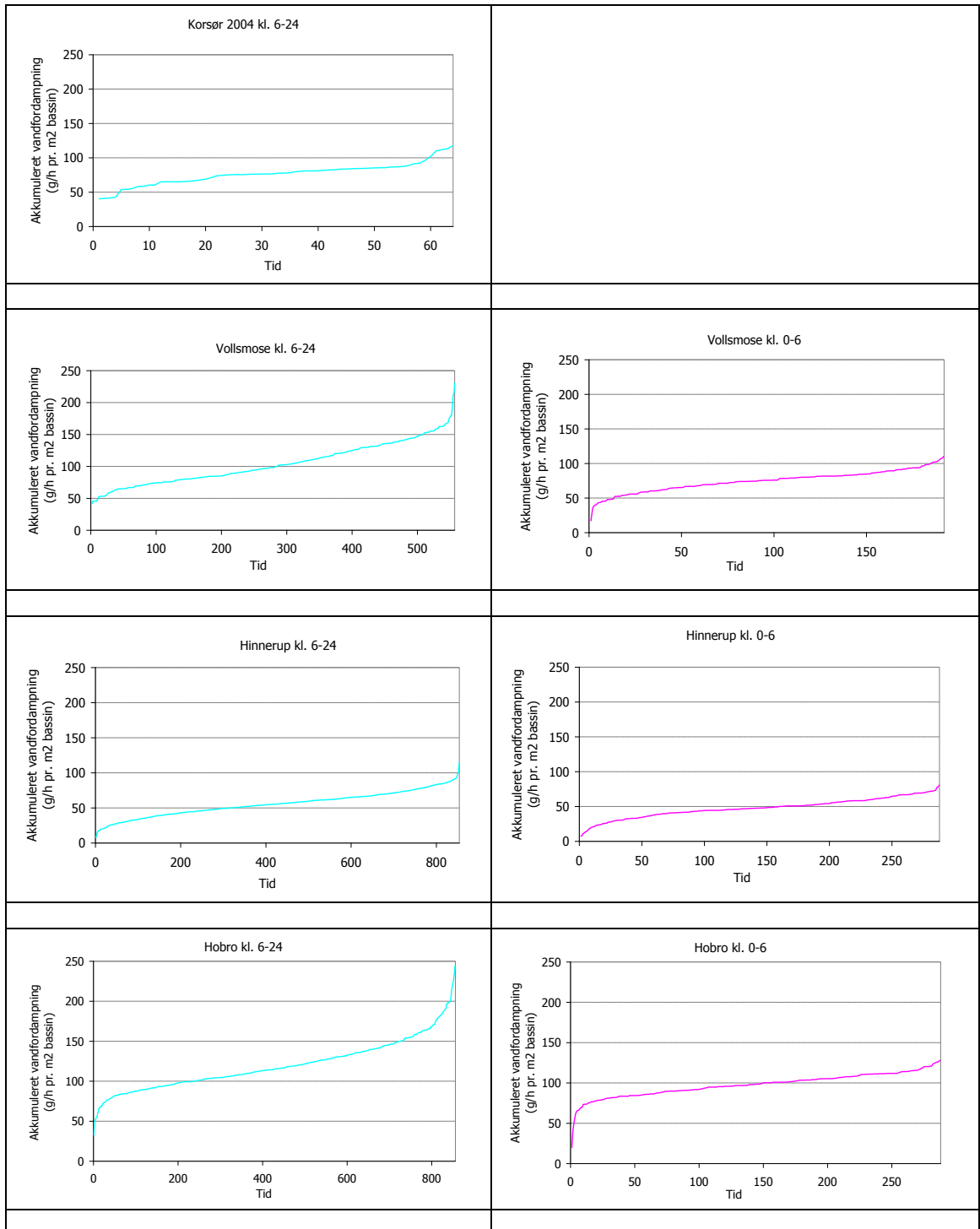
Bilag 1.3 Temperaturvirkningsgrader

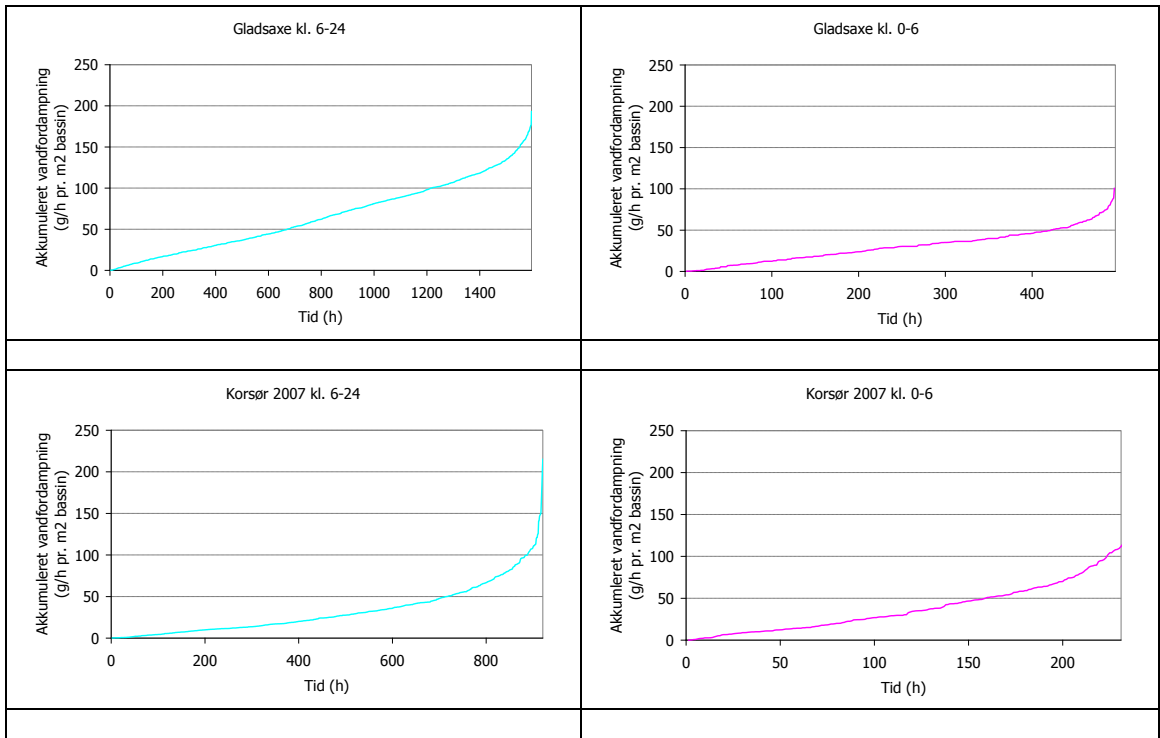
Akkumulerede fordelingskurver for temperaturvirkningsgrader for de fem svømmehaller.



Bilag 1.4 Vandfordampning

Akkumulerede fordelingskurver for vandfordampning for de fem svømmehaller.





Bilag 2 Gladsaxe Sportscenter, installationer

Vandbehandlingsanlæggene i Gladsaxe Svømmehal blev gennemgået 2004.06.01 af Henning Hammerich og Niels Radisch som en del af ovennævnte projekt. Fra svømmehallen deltog Jens Christian Olesen og Jørgen Vienberg.

Sammen med Uwe Pørksen fra Grundfos blev der 2004.06.30 og 2004.09.07 set nærmere på pumperne og deres elforbrug.

Svømmehallen

Hallen er opført 1976-77 med:

- 50*21 m² bassin (27°C), d= 1,8 – 4 m, vol. ca, 2700 m³. Der er mulighed for at opdele bassinet i 2, hvor der i den lave ende er hæve-sænkebund.
- Varmtvandsbassin (32-33°C), opdelt i et lavt bassin (8,7*2,4 m², d= 0-0,3 m) og dybere bassin (10,6*4,3 m², d=1-1,15 m), vol. ca. 55 m³
- De 2 bassiner er i samme rum, lufttemp. 28,5°C.
- Åbningstider 7-21 (hverdage) / 8-15/17 (weekend)
- Energimåling på fjernvarme + el (opdelt på lys, vand, ventilation)

Vandbehandling

Kemikalier

Der er 1996 etableret et klorelektrolyseanlæg (Elclozid) fælles for de 2 bassiner. Kloreanvendelsen direkte efter behov (intet lager). For at modvirke spidsbelastninger med klor sendes dette i perioder til udligningstanken for det store bassin.

Ved skylning af cellerne anvendes syren bagefter i det store bassin. Varmtvandsbassinet tilføres syre på almindelig vis.

50 m bassin (27°C)

Hovedpumper: 2 stk. parallelle T+T PVLN 2150.44 m. 18,5 kW motor (projekteret 15 kW), 270 m³ v. 15m VS pr stk. Den ene pumpe med VLT (34 Hz/ 5,3 – 5,7 kW) – ved natdrift via ur kører kun den regulerede (34 Hz ca. 6 kW). Trykluftstyrede ventiler afspærrer pumper, der ikke er i drift. Pumperne er fra 1987 og renoverede i 1999 med ny motor+pumpehjul.

VLT: Danfoss 6000 HVAC, 31,6 kVA, serie 102815G134 (install. 2003)

Filtre: 3 stk. stålsandfiltre + kulfiltre via delstrømpumpe

Flowmåling: måleblende + mekanisk viserinstrument pr filter (ved besøg 140-150 m³/h/filter, i alt ca. 440 m³/h)

Styring: Wallace&Tierman, type USF (2004) – delstrøm med 22 W magnetpumpe. Delstrøm udtages fra skvulperende ved den lave del af bassinet.

Hæve-sænke Hæve-sænkebunden er i den lave (ca. 1,8 m) halvdel af bassinet. Normalt bund: holdes en vanddybde på 0,9 – 1,2 m om dagen, hhv. 1,8 m om aftenen.

Udlign.tank: Der holdes under daglig drift ca. 2/3 vand i tanken (svarende til 1 m under bassin) via en pressostat.

bassin, varmt vand incl. soppedel (32-33°C)

Hovedpumper: 1 stk. Grundfos EU B24 / tørløber 5,5 kW med intgr. omformer /CLME 125-1400 omdr. / kører 90%/ produktionsår 2000

Filtre: 5 stk. sandfiltre + 2 stk. kulfiltre + 1 stk. UV (kører konstant)
Flowmåling: 1 stk. Danfoss Magflo styrer pumpe (ved besøg 100 m³/h)
Styring: Jesco (2003) – hydroforpumpe transporterer vand til måleceller. Delstrøm udtages fra skvulperende

CTS (Invensys)

Der er måling/regulering af vandtemperaturer samt start/stop af natdrift på 50 m bassin hovedpumpe.

Energi

Elforbrug: 750 MWh for hele svømmehallen (NESA-analyse 1995), der er tilsluttet en hovedmåler fælles for 3 haller.

Delmålere viste i 2003: 86 MWh (vandbehandling), 239 MWh (ventilation), 83 MWh (div. teknik)

Ved besøg 2004.09.07 blev forbruget på de 2 pumper til det store bassin målt/beregnet til ca. 25 kW ved dagdrift. Ved natdrift med 1 pumpe (34 Hz) blev målt/beregnet ca. 6 kW. På varmtvandsbassinet blev målt 4-5 kW.

Der er store uoverensstemmelser mellem det, der aflæses på VLT + varmtvands pumpe – og det, der registreres på bimåleren til vandbehandlingsanlæggene. Bimåleren registrerer formodentligt under halvdelen af det reelle forbrug på pumperne.

Elpris 1,20 kr/kWh e.m. (kalkulationspris for 2003-2004)

Varme 400 kr/MWh variabel (kalkulationspris for 2005)
– total ca. 500 kr/MWh

Bilag 3 Målinger før/efter ombygning, 50 m bassin

PSO 2003 Vandbehandling i svømmebade Rambøll 2006.08.1./NHR

Gladsaxe, ombygning til energieffektiv vandbehandling rev.: 2007.05.15

50 m bassin, trykmålinger aflæsninger er m VS - korrigerede tal er relativ kote (kote 42 = 0)

Tryk i m VS

	2006.06.15		2006.06.29		2006.08.13		2006.08.20		2006.09.24		2007.01.04		2007.03.01		2007.03.15 09.40		2007.03.15 09.55	
	Aflæs- ning	Korri- geret	Aflæs- ning	Korri- geret	Aflæs- ning	Korri- geret	Aflæs- ning	Korri- geret	Aflæs- ning	Korri- geret	Aflæs- ning	Korri- geret	Aflæs- ning	Korri- geret	Aflæs- ning	Korri- geret	Aflæs- ning	Korri- geret
Bassin		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33
Δ bassin-grovfilter		-2,63		-1,6		-2		-2,1		-2,1		-1,7		-2,2		-2,3		-2,3
Før grovfilter	0	1,7	1	2,7	0,3	2	0,5	2,2	0,5	2,2	0,9	2,6	0,4	2,1	0,3	2	0,3	2
Δ grovfilter		-3,4		-5		-3		-4,6		-2,1		-0,4		-0,5		-0,3		-0,4
grovfilter tilstand					1	2		1		1		1	x	2		2		x
Efter grovfilter	-3,4	-1,7	-4	-2,3	-3	-1,3	-4,1	-2,4	-1,6	0,1	0,5	2,2	-0,1	1,6	0	1,7	-0,1	1,6
Δ pumper		15		11,8		13		14,1		12,8		9,5		11		11		12
Efter pumper	11,6	13,3	7,8	9,5	10	11,7	10	11,7	11,2	12,9	10	11,7	11	12,7	10,7	12,4	11,4	13,1
tab pumper-sandfiltere		-0,1		-0,3		-0,4		-0,5		-0,4		-0,2		-0,3		-0,4		-0,3
Før sandfiltere	10,4	13,2	6,4	9,2	8,5	11,3	8,4	11,2	9,7	12,5	8,7	11,5	9,6	12,4	9,2	12	10	12,8
Δ sandfiltere		-5,7		-2,6		-2		-2,8		-2,7		-3,9		-2,6		-2,4		-2,6
sandfilter tilstand					1	2		2		1		1	x	2		2		x
Efter sandfiltere	4,7	7,5	3,8	6,6	6,2	9	5,6	8,4	7	9,8	4,8	7,6	7	9,8	6,8	9,6	7,4	10,2
Δ sandfilter-bassin		-3,17		-2,3		-5		-4,1		-5,5		-3,3		-5,5		-5,3		-5,9
Bassin		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33
Pumper (Hz)	50+43		50+37		50+45		50+48		50+50		33			37	42		44	
m ³ /h					540		540		520		396			518	511		536	
KW									37		16			23,1	22,1		25,4	
Wh pr m ³									71		40			45	43		47	
Wh pr m ³ /m VS					gl.måler		gl.måler		5,6		4,3			4,0	4,0		4,1	

* ny løber
kap. målt til max. ca. 560 m³.

* Ny pumpe+grovfilter
* Ny pumpe+grovfilteret

* NB ny måler
* nye dyser indreguleret

Filterrenhed: 1 (rent) 5 (rensens)

Manometervisning ved stoppet anlæg (m VS) (v.pumper) # (v.sandfiltere) di: 1,1

Statisk højde (relativ i f.t. guld v. pumpe) for manom (v.pumj 2,8 (v.sandf.)
Statisk højde diff. manometr.1,1 K 0 (manometre viser ens, når der korrigeres for højde diff.)

Bilag 4 Målinger før/efter ombygning, varmtvandsbassin

PSO 2003 Vandbehandling i svømmebade **Rambøll** 2006.08./NHR

Gladsaxe, ombygning til energieffektiv vandbehandling rev.:

Varmtvands bassin, trykmåling aflæsninger er m VS - korrigerede tal er relativ kote (kote 42 = 0)

	2006.06.15		2006.06.29		2006.08.13		2006.08.20		2006.09.24		2007.03.01		2007.03.16	
	Aflæsning	Korrigeret	Aflæsning	Korrigeret	Aflæsning	Korrigeret	Aflæsning	Korrigeret	Aflæsning	Korrigeret	Aflæsning	Korrigeret	Aflæsning	Korrigeret
Bassin		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33
Δ bassin-grovfilter		-2		-2		-1,7		-2,3		-2,2		-1,8		-2
Før grovfilter	0	2,4	0,1	2,45	0,3	2,65	-0,3	2,05	-0,2	2,15	0,2	2,55	0	2,35
Δ grovfilter		-4,5		-4		-3,4		-4,3		-4,1		-0,5		-0,3
grovfilter tilstand	3		4		3		4		4		x		3	
Efter grovfilter	-4,5	-2,15	-4,3	-2	-3,1	-0,75	-4,6	-2,25	-4,3	-2	-0,3	2,05	-0,3	2,05
Δ pumper	11,4	10	10	10,8	10,8	11,4	11,4	11,4	11	11	skævt	5,1	3,6	3,6
Efter pumper	6,9	9,25	5,7	8,05	7,7	10,1	6,8	9,15	6,5	8,85	4,8	7,15	3,3	5,65
tab pumper-sandfiltre		-0,95		-0,5		-0,6		-0,6		-1,9		-0,35		-0,4
Før sandfiltre	5,3	8,3	4,6	7,6	6,5	9,5	5,6	8,6	4	7	3,8	6,8	2,3	5,3
Δ sandfiltre		-1,6		-2		-1,5		-2,7		-1,3		-0,6		-0,5
sandfilter tilstand	3,7	6,7	2,6	5,6	3	8	3	2,9	1	5,7	x	6,2	x	4,8
Efter sandfiltre					5		2,9	5,9	2,7	5,7	3,2	6,2	1,8	4,8
Δ sandfilter-bassin		-2,4		-1		-3,7		-1,6		-1,4		-1,9		-0,5
Bassin		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33		4,33
Pumpe (Hz)														
m ³ /h	101		101		84		84 ?		101		38		83	
kW									5,5		84,5		1,31	
Wh pr m ³									54		1,85		16	
Wh pr m ³ /m VS									5,0		4,3		4,4	

* ny pumpe + grovfilter

Filterrenhed: 1 (rent) 5 (renses)

Manometervisning ved stoppet anlæg (m VS) 2,80 (v.pumpe) 1,7 (v.sandfil diff).

- 56 Statisk højde (relativ) manometre (v.pumper) (v.sandf.)
 Statisk højde diff. manometre 1,1 Korrektion = (manometre viser ens, når der korrigeres for højde diff.)
 Manometer aflæses på inderste skala i "bar" (1 bar=10 mVS)

Bilag 5 Dispensation, betingelser for at gennemføre forsøg

Belastningen må pr. time højst være 1 person for hver 2 m² cirkuleret vand.

Det vurderes at Gladsaxe Svømmehal kan påbegynde den foreslåede forsøgsrække på nedenstående vilkår:

1. Forsøgene afbrydes straks efter, der er observeret overskridelser af vejledende kravværdier på kintal, frit Cl, bundet Cl eller pH. Kintal skal foreligge og sendes til tilsynsmyndigheden pr. e-mail dagen efter prøvetagning er foretaget. (den følgende kalenderdag). Alternativt påtager laboratoriet sig ansvar for at meddele badet krav om lukning så snart der er observeret Kintal på over grænseværdi (10000 kim pr. 100 ml).
2. Forsøgene forudsætter, at ny farveprøvning påviser at vandcirkulationen er tilstrækkelig jævnt fordelt uden at efterlade "lommer" af vand med væsentlig lavere cirkulation end hovedparten af vandvolumenet. (ved farveprøvningen er tilsynsmyndigheden tilstede).
3. Inden der ændres på omsætningstid måles turbiditeten i "Referenceperioden" for at etablere et sammenligningsgrundlag. Under forsøget måles badevandets turbiditet måleresultaterne skal findes tilfredsstillende og overholde vejledningens angivelser (Vejledning fra Miljøstyrelsen, nr.3 1988).
4. Publikum orienteres om forsøget ved tydelige opslag ved billetsalg og ligeledes ved annoncering i relevante lokalaviser.

Vandbehandling i svømmebade – reduktion af

En stor del af elforbruget i svømmehaller går til vandbehandlingsanlæggene. De dimensioneres på baggrund af DS477 og er derfor som udgangspunkt ens udført, selvom den efterfølgende anvendelse vil have meget forskelligt omfang – både ved sammenligning af forskellige svømmehaller og ved sammenligning af forskellige driftsperioder i den samme svømmehal. Formålet med bestemmelserne er at sikre, at vandbehandlingsanlæggene – under alle omstændigheder – kan holde en god vandkvalitet. Opretholdelsen af en konstant vandcirkulation medfører dog et (måske unødvendigt) stort elforbrug.

I AF: NIELS RADISCH, RAMBØLL I

BAGGRUND

Rambøll (projektansvarlig) ansøgte i 2003 om støtte fra PSO ordningen (elværkernes forskningspulje) til projektet "Vandbehandling i svømmebade – reduktion af elforbrug". De energieffektive tiltag, der undersøges, omfatter mere effektive komponenter, bedre udformning af anlægget og belastningsafhængig vandcirkulation. Herunder demonstreres det, hvordan cirkulationen kan styres automatisk efter behov uden at det går ud over vandkvaliteten.

De andre deltagere i projektet er ROVESTA, Grundfos, LML Sport, Force og som en sidste, men vigtig, deltager er Gladsaxe Svømmehal med som anlægsvært. I følgegruppen sidder Miljøstyrelsen og Odense Idrætspark.

ENERGIBESPARELSESPOTENTIALE FOR VANDBEHANDLING

Svømmehaller har et højt elforbrug. I "Energiteknik for svømmehaller" fra 1992 anføres som nøgletal 800 kWh/bassin m² +/- 30 %. I dag er energitallene sandsynligvis større, da udviklingen går mod højere bassintemperaturer og etablering af varmtvandsbassiner med behov for bl.a. øget vandcirkulation.

For sektoren som helhed, excl. små private anlæg, vurderes elforbruget at ligge på 250 – 400 GWh/år, hvoraf vandbehandling udgør fra ca. 30 % (traditionelle anlæg) op til 50-60 % (nye anlæg).

Et anslået besparelspotentiale på 20-40% svarer således

til 30-60 GWh/år for vandbehandling i eksisterende svømmebade. Til sammenligning kan nævnes, at Middelgrundens vindmøllepark i Øresund med 20 møller a 2 MW producerer ca. 100 GWh/år.

For en gennemsnitlig svømmehal med et samlet elforbrug på 0,5 mio. kWh/år kan besparelsemulighederne på vandbehandlingsanlæggene ligge på 50-100.000 kr./år incl. moms.

START AF PSO PROJEKTET

Gladsaxe Svømmehal er opført i 1978 og har været gennem flere renoveringsprocesser. I dag er der et 50 m bassin med hæve-sænkøbund i den ene halvdel samt et varmtvandsbassin/soppebassin. To vandbehandlingsanlæg behandler vandet.

Effektiviseringerne sker ved udskiftning/optimering af filtre (mindre tryktab), mere effektive pumper, bedre udnyttelse af udligningstank og bedre pumpekoblinger. I starten af projektet blev det vurderet at en halvering af elforbruget til vandbehandling var mulig.

DISPENSATION

Som kravene er i dag, skal vandbehandlingsanlægget drives med et bestemt og konstant (over døgn) flow – bestemt af bassinvolumen- og type. Det har derfor været nødvendigt at få dispensation fra Københavns Amt til at gennemføre forsøgene. Denne blev givet efter en grundig behandling, hvor supplerende oplysninger om kontrolmålinger, flow m.m. blev fremsendt

elforbrug

efterfølgende. En del af ansøgningen har desuden redegjort for, hvordan overvågningen af vandkvaliteten forbedres for at kompensere for de længere responstider, der vil være en følge af den reducerede cirkulation.

GENNEMFØRELSE AF FORSØG

Som den væsentligste betingelse i dispensationen blev der stillet krav om forbedring af vandfordelingen i hæve-sænkebunden. Dette punkt er nu opfyldt og en referenceperiode påbegyndes med uændret anlægsudformning og driftsform. Her skal der via ekstra målepunkter (tilsluttet CTS anlægget) og udvidede kontrolmålinger fastslås om anlægget i alle situationer overholder krav til vandkvalitet og om reguleringen fungerer stabilt.

Herefter optimeres anlæg og komponenter. Under uændrede driftsforhold registreres energiforbruget, så denne del af projektet kan dokumenteres.

Som sidste del af projektet indføres variabel cirkulation i forskelligt omfang og der måles, som beskrevet for referenceperioden. Projektet afsluttes primo 2007.

NØGLETAL

I projektet indgår endvidere analyse af energiforbrug, dets sammensætning, teknik og funktioner i 3 svømmehaller incl. Gladsaxe Svømmehal. Denne del af projektet gennemføres af Force. ■