

Forord

Denne rapporten er en del av en bacheloroppgave ved Høgskolen i Sør-Trøndelag, program for kjemi og material. Oppgaven er utført på oppdrag fra Senter for idrettsanlegg og teknologi (SIAT) ved NTNU. Oppgaven gikk ut på å kartlegge prosedyrene rundt prøvetaking i terapibassenget ved Husebybadet i Trondheim, samt å finne ut om prøvepunktets plassering spiller en rolle. Et mulig utfall var å anbefale mer spesifikke rutiner rundt prøvetaking for å sikre vannkvaliteten ved ulike badeanlegg.

Vi vil gjerne rette en stor takk til vår veileder ved SIAT, Bjørn Aas. Hans kunnskap om badeanlegg, nettverk av nyttige kontakter samt hans mulighet til å besvare på spørsmål har vært til stor hjelp.

Vi vil takke ansatte ved Husebybadet for imøtekommenhet under utføringen av forsøk, samt deres eksemplariske evne til å få oss til å føle oss velkommen.

Vi vil også takke følgende:

Marit Hegstad og øvrige ansatte ved Trondheim Kommunes analysesenter for hjelp med fremgangsmåter og fremskaffing av diverse utstyr i forbindelse med mikrobielle analyser.

Avslutningsvis vil vi takke Lene Østby, vår veileder ved Høgskolen i Sør-Trøndelag (HiST), for bistand med det strukturelle i rapporten.

Trondheim 29.05.2013

Lars Tore Hatten

Håvard Andres Olsen

Sammendrag

Foruten forskriften for badeanlegg, bassengbad og badstu finnes det liten dokumentasjon rundt dagens praksis for internanalyse av bassengvann. Til tross for et stort folkehelseaspekt har bruken av desinfeksjonsmiddel og bieffekter av disse vært lite utsatt for normsetting. I denne oppgaven ble de kjemiske og mikrobiologiske parameterne som analyseres på i basseng utredet og evaluert.

Det manuelle arbeidet rundt prøvetaking i et basseng i drift er ressurskrevende. Dersom en selvregulerende digital doseringsløsning og web-overvåking fungerer vil det kunne utgjøre en stor økonomisk innsparing for bassenganlegg. I denne oppgaven blir det utført flere analyser på måleparameterne pH, fritt- og bundet klor, temperatur og turbiditet. I tillegg utføres en mikrobiologisk analyse på kimtall og bakterien *Pseudomonas aeruginosa*. Analysen utføres på bassengvann tappet fra avtappingspunkt for så å sammenligne resultatene med den kontinuerlige web-overvåkingen av bassenget. Det blir også analysert på en prøveserie tatt fra flere ulike prøvepunkt i et basseng under belastning, dette for å finne ut hvorvidt prøvepunkt spiller en rolle.

Det viste seg at resultatet fra de manuelle analysene tatt fra prøvepunkt sammenfaller godt med resultatene fra den automatiserte web-overvåkingen.

De mikrobiologiske analysene på de ulike prøvepunktene rundt i bassenget viste andre resultater enn prøven tatt ved avtappingspunktet. For de kjemiske parameterne var det liten eller ingen forskjell.

Det ble konkludert med at en velfungerende web-overvåking kan erstatte de manuelle analysene som blir utført ved alle norske badeanlegg i dag. Dette vil spare badeanlegg for tid og ressurser.

Det ble også funnet at den eksterne analysen på mikrobakterielle parametre bør tas direkte fra bassenget da dette gir et mer riktig bilde av hva badegjester blir utsatt for.

Title: procedures for sampling in swimming pools

Abstract

Besides the Norwegian regulations for pool centers, pools and saunas there are few written sources regarding the current practice for internal analysis of pool water. Despite being a major public health aspect, the swimming pools use of chlorine and its side effects has not been a subject of standardization in Norway. In this thesis, the chemical and microbiological parameters in the therapy pool at Husebybadet in Trondheim were analyzed and evaluated.

The manual work of sampling in a pool in operation is costly. If a self-regulating digital dosing solution and web monitoring is possible, it could result in huge financial savings for swimming pools maintenance. In this thesis several analyses on pH, free and combined chlorine in pool water was performed. Water from the sample point was then compared to the results from the continuous web monitoring. To determine whether the sample point affects the analyze results, two sample series were taken in a pool during a high load i.e. the busiest opening hours.

From the results it was evident that the manual analysis taken from the sampling point coincides well with the results of the automated web-monitoring.

The analyses from the various sampling points around the basin showed that the results were different if the samples were taken directly from the pool rather than from the sampling point. The values of chemical parameters remained at a status quo. For the microbiological parameters there was a major difference in obtained values.

It was concluded that a well-functioning web monitoring can replace the manual analysis carried out by all Norwegian pool centers today. This will save time and economic resources.

It was also found that the external analysis of microbial parameters should be taken directly from the pool as this gives a more accurate picture of what swimmers are exposed to.

Innholdsfortegnelse

Forord	1
Sammendrag	2
Abstract	3
Innholdsfortegnelse	4
Forkortelser:	6
1. Innledning	7
2. Teori	8
2.1. Bassengvannets kretsløp:	8
2.1.1. Filtrering:	11
2.1.2. UV-filtrering:	11
2.2. Vannprøvetaking	12
2.2.1. Prosedyrer for vannprøvetaking i vannverk	12
2.2.2. Prosedyrer for vannprøvetaking i basseng	12
2.2.3. Skandinaviske retningslinjer rundt prøvetaking i basseng	13
2.3. Vannkvalitet i bassenget	14
2.4. Målemetoder	15
2.5. Kjemisk analyse	16
2.5.1. Klor	16
2.5.2. pH og Alkalitet	17
2.5.3. Fargetall	17
2.5.4. Turbiditet	18
2.5.5. Redokspotensialet	18
2.5.6. Kjemisk oksygenforbruk	18
2.5.7. Temperatur	18
2.6. Mikrobiologisk analyse	18
2.6.1. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	18
2.6.2. Kimtall	19
2.6.3. Muggsopp	19
2.7. Desinfeksjonsbiprodukter	19
2.7.1. Trihalometan (THM)	19
2.7.2. Kloraminer	20

2.8.	Web-overvåking av vannprøver i basseng.....	21
2.9.	Forskjell i parameterverdier mellom drikkevann og bassengvann	21
3.	Materialer og metoder.....	23
3.1.	Utstyr	23
3.2.	Husebybadet	23
3.3.	Modeller av analysepunkter for terapibadet ved Husebybadet	24
3.4.	Framgangsmåte.....	25
3.4.1.	Webanalyse	25
3.4.2.	Analyser i terapibasseng.....	25
4.	Resultater	28
4.1.	Test av automatisert webanalyse	28
4.2.	Analyseforskjeller på forskjellige prøvepunkt	30
4.2.1.	pH.....	30
4.2.2.	Fritt og bundet klor.....	33
4.2.3.	Turbiditet.....	36
4.2.4.	Kimtall.....	39
5.	Diskusjon	42
5.1.	Evaluerings av webanalyse	42
5.2.	Evaluerings av prøvepunkter.....	43
5.3.	Forskjellen i parameterverdier mellom vannverk og basseng	45
6.	Konklusjon.....	48
	Referanseliste	49
	Vedlegg	i
	Vedlegg A – Dataserie web-analyse.....	i
	Vedlegg B – Måleserie 9.4.2013	iii
	Vedlegg C - Måleserie 30.4.2013.....	v
	Vedlegg D – Kimtallsdata	vii
	Vedlegg E – Populærvitenskapelig artikkel	viii

Forkortelser:

NBTF – Norsk Basseng Teknisk Forening

UV-lys – Ultrafiolett lys

FTU – Formazine Turbidity Units

WHO – Verdens Helseorganisasjon

DPB – Desinfeksjonsbiprodukter

THM – Trihalometan

DPD - diethyl-parafenylene-diamin

PGF – PeptonGlukoseFluconazole

CET – Cetrimid

1. Innledning

Prosedyrer for prøvetaking av bassengvann er i dag ganske diffuse. Det er kun forskriften for badeanlegg, bassengbad og badstu som ligger til grunn for hva som skal gjøres i forbindelse med prøvetakingen. Det er også usikkerhet om hvorvidt analysene er omfattende nok til at hygieniske krav til bassenget blir ivaretatt. Internasjonalt er det stor bekymring for desinfeksjonsbiprodukter ved klordesinfisering og helseaspekter rundt dette.

Hensikten med oppgaven var å evaluere rutinene rundt dagens prøvetakingsprosedyrer ved Husebybadet i Trondheim. Prøvetakingen er et krevende punkt både med hensyn på metodikk og ressurser. Endring av prøvetakingsrutinene vil kunne gi en mer optimalisert drift av bassenget samt reduserte driftsutgifter.

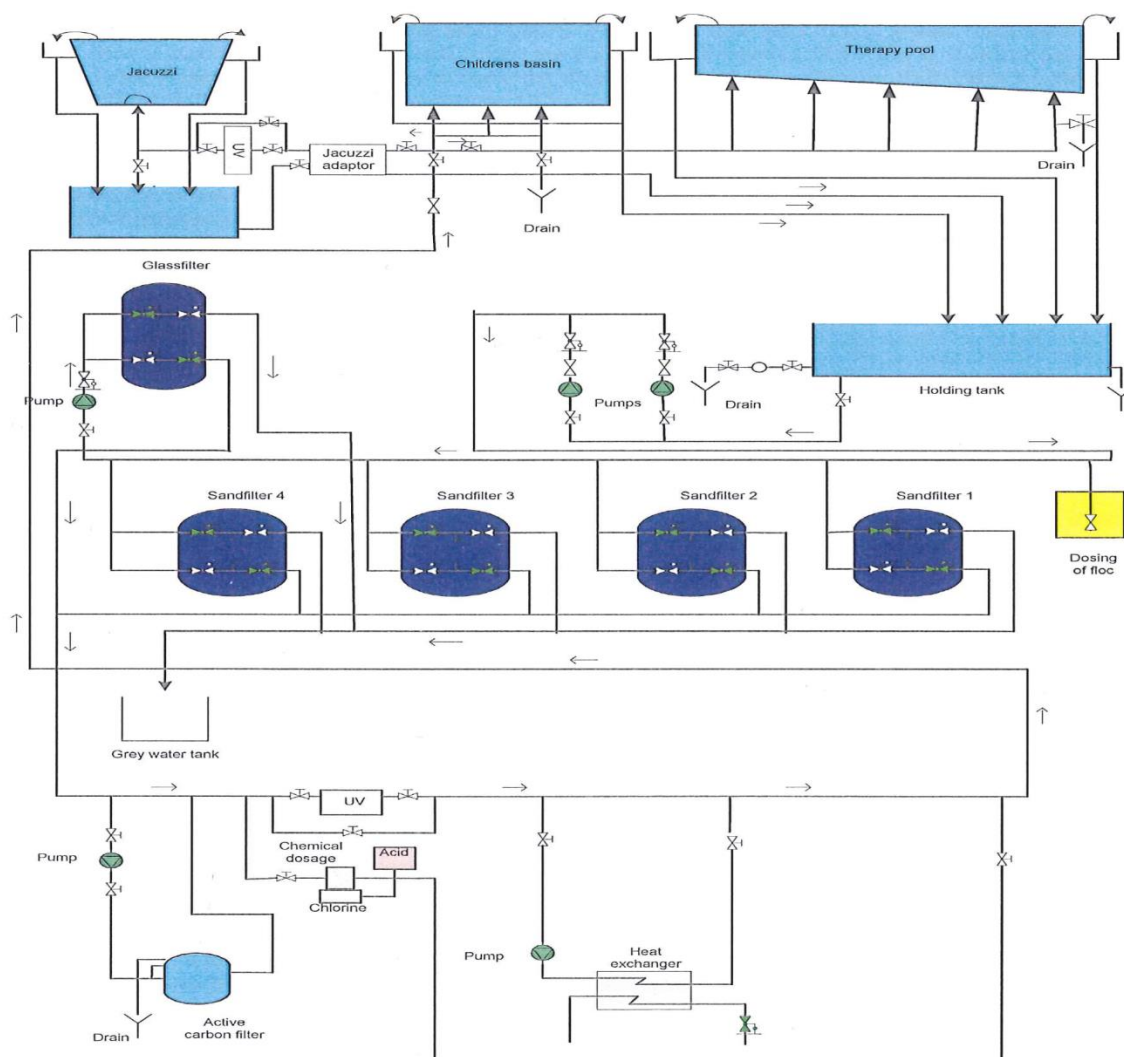
I denne oppgaven blir først analyseparameterne og prosedyrer for prøvetaking i basseng kontra vannverk presentert. Deretter introduseres apparatet og metodikken rundt webanalysen samt Husebybadets terapibasseng. Prøver foretatt ved Husebybadets internanalyse og en automatisert webanalyse blir så sammenlignet. En vurdering av internanalysen for Husebybadet blir foretatt. En rekke punkter i bassenget blir så analysert med hensyn på pH, fritt klor, bundet klor og turbiditet samt mikrobakterielle parametere. Formålet var å se på fluktuerende forskjeller i terapibassenget.

Med dette ble følgende problemstillinger lagt til grunn:

1. Hvor god er den automatiserte webanalysen kontra manuelle prøver?
2. Hvor bør prøvepunkt for den eksterne kontrollen være plassert?

2. Teori

2.1. Bassengvannets kretsløp:



Figur 1: Flytskjemaet viser en oversikt over bassengvannets kretsløp ved Husebybadet i Trondheim.

De juridiske retningslinjene rundt et bassengs oppbygging og drift kommer fra Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu.[1] Denne forskriftens kapittel 3 og 4 dekker det utformingstekniske for et basseng:

§ 11. Sirkulasjonssystem

Ethvert bassengbad skal ha sirkulasjonssystem som sikrer hygienisk tilfredsstillende forhold og driftsrutiner som sikrer forsvarlig drift av sirkulasjonssystemet.

For ethvert bassengbad skal sirkulasjonsmengde og sirkulasjonstid beregnes i forhold til antall badende pr. time og bassengbadets utforming. Alle innretninger og tekniske anlegg skal være tilpasset bruksfrekvensen, bassengbadets størrelse og bruk.

Ethvert sirkulasjonssystem skal ha renseanlegg med filtersystem. Det enkelte basseng skal ha sirkulasjonssystem med egen doseringsinnretning for desinfeksjonsmiddel tilpasset det enkelte bassengs

behov. Alle kjemikalier som benyttes i renseprosessen, skal doseres ved hjelp av fungerende doseringsinnretning. Det skal sikres en forsvarlig dosering av kjemikalier.

Vannet skal kontinuerlig sirkuleres gjennom hele sirkulasjonssystemet, uten at det noe sted i sirkulasjonssystemet skal kunne oppstå bakevjer eller lignende, hvor det samles vann som ikke effektivt tar del i sirkulasjonen.

Renset vann skal blandes hurtig og jevnt inn i det totale vannvolum i bassenget slik at nytt desinfeksjonsmiddel er tilgjengelig over alt.

Det skal finnes måleinnretning for å registrere sirkulasjonsmengden.

I norske badebasseng er normen at bassengvannet tilføres i bunnen av bassenget. Vannet går over kanten av bassenget i overløpsrenner, eventuelt noe fra bunnavløp, og ned i et utjevningsbasseng som tar imot overskuddsvannet og opprettholder vannivået i bassenget, se figur 1. Dette samsvarer med Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu kapittel 4, § 12, § 13 og § 14.

§ 12. Overløpsrenner

Ethvert bassengbad skal ha overløpsrenner, som skal sikre sirkulasjonssystemets funksjon, forsvarlig renhold og de badenes sikkerhet. Rennene skal ha tilstrekkelig volum til å ta opp den største momentbelastning i bassenget, og sikre at vann aldri kan renne tilbake til bassenget fra rennene.

Bassengbad bygget før denne forskrift trer i kraft, unntas fra kravet om overløpsrenner inntil ombygging likevel skal finne sted.

§ 13. Bunnavløp

Ethvert bassengbad skal ha bunnavløp som skal fungere slik at bassenget og sirkulasjonssystemet kan tømmes fullstendig. Avløp under vann skal fungere slik at det ikke er fare for at noen kan bli sugd fast.

§ 14. Utjevningsmulighet

Ethvert bassengbad skal ha utjevningsmuligheter i sirkulasjonssystemet som skal sikre sirkulasjonssystemets funksjon og drift, samt en jevn vannstand i bassenget ved varierende badebelastning. Innretningen for sirkulasjonssystemets utjevnning skal fungere slik at renhold kan utføres tilfredsstillende, og slik at slam kan fjernes enkelt.

Fra utjevningsbassenget går vannet gjennom et grovfilter hvor de største partiklene blir skilt fra. Dette er partikler som hår, biter av leker/hjelpemidler og lignende. Vannet går så gjennom en eller flere sirkulasjonspumper som står parallelt. Eventuelle tilsetninger eller doseringer blir så tilsatt før vannet sendes gjennom sand eller glass-filtre. I filtrene renses vannet grundigere for mindre partikler.

Det er veldig viktig at svømmebasseng har god sirkulasjon, slik at ingen områder har ekstra stor opphopning av forurensninger. I basseng med tilstrekkelig sirkulasjon på vannet vil vannkvaliteten være tilnærmet lik over hele volumet. Sirkulasjonen av vannet er også avhengig av belastningen i bassenget, dvs. antall badende i bassenget. En ideell driftssituasjon vil være homogent vann i hele bassenget. Kravet for sirkulasjon er $2 \text{ m}^3/\text{t}$ pr. badende, men retningslinjene til Norsk Basseng Teknisk Forening[2] (NBTF) går litt grundigere inn på ulike

driftssituasjoner. Tabell 1 viser metode for beregning av sirkulasjonsmengde til ulike driftssituasjoner.

Tabell 1: Tabellen viser metode for beregning av sirkulasjonsmengde til ulike driftssituasjoner jamfør NBTFs retningslinjer.

Bassengtype	Vanndybden i meter	Temperatur	Sirkulasjonsmengde i m ³ /t
Stupebasseng	≥ 3,4	27 – 31 °C	$A \times K / D_D$
Svømmebasseng	> 1,35	26 – 29 °C	$A \times K / D_D$
Opplæringsbasseng	0,6 – 1,35	28 – 34 °C	$A \times K / D_G$
Badelandsbasseng, luft, vannkanoner	≤ 1,35	28 – 34 °C	$A \times K / D_G + 6 \times P$
Barnebasseng	≤ 0,6	28 – 34 °C	$2 \times V$
Varmtvannsbasseng	≤ 1,8	30 – 34 °C	V
Varmtvannsbasseng ≤ 20 m ²	≤ 1,8	34 – 37 °C	$2 \times V$
Boblebad	≤ 1,1	37 – 40 °C	$6 \text{ m}^3/\text{t} \times P$
Rutsjebane, landingsbasseng			Minimumskapasitet 60 m ³ /t + 35 m ³ /t pr. ekstra bane
Rutsjebane uten landingsbasseng			35 m ³ /t

(Kravet om 2 m³/t pr. badende i henhold til forskriftene må alltid oppfylles som et minimumskrav).

Forklaring til tabell 1:

A = Bassengoverflate

K = Personbelastning: 2 m³/t pr. badende

D_G = 2,7 m² Arealet én person disponerer i grunne basseng

D_D = 4,5 m² Arealet én person disponerer i dype basseng

P = Antall sitteplasser i luftsoner

V = Bassengvolum



Figur 2: Bildet viser et utjevningsbasseng tilhørende Husebybadets treningsbasseng.

2.1.1. Filtrering:

Alle brukere av badebasseng vil hele tiden avgi en del forurensinger. Dette kan være urin, svette, hår samt overflødig hud og andre organiske og uorganiske materialer.[3] Disse forurensingene skal fjernes ved filtrering hver gang vannet blir byttet ut. Vannet som går gjennom filterne kommer fra overløpsrennene i bassenget. Det er vanlig å bruke sand som filtermateriale, men glass, membraner mv kan være et alternativ i fremtiden. Noen av de ulike forurensingene kan føre til vannbåren smitte, det er derfor et krav om at filtrering skal skje ved alle badebasseng. Hvis filtrering ikke fungerer godt nok vil man få for høye verdier på klor bundet til organisk materiale, såkalt bundet klor. Tiltak må da igangsettes. Filterne må også renses da de over tid vil fylles med forurensninger og blir mindre effektive. Dette gjøres ved regelmessig tilbakespyling. I praksis vil dette si å stenge gjennomløpet av bassengvannet for så å kjøre rent bassengvann gjennom filteret. Skyllevannet går så videre til en gråvannstank, se figur 1.

2.1.2. UV-filtrering:

Ved vannverk brukes i dag stadig oftere UV som desinfeksjonsmetode. Denne metoden er også hyppig i bruk ved bad. UV-lys virker desinfiserende, både på bundet klor og på bakterier.[4] Effektiviteten for å drepe bakterier avhenger av bølgelengden og er størst ved 256 nm.[2] UV-lys virker katalyserende på den oksiderende effekten av klor i bassengvann. UV-stråling reduserer bundet klor, og forbedrer bassengvannets kvalitet med hensyn på bakterier. Det er viktig å påpeke at rensing ved UV-lys ikke kan erstatte klor som desinfeksjonsmiddel. UV-anlegget har kun en momentan virkning når vannet passerer selve filteret. Derfor må man ha en desinfiserende effekt i bassenget i form av fritt kloroverskudd.

2.2. Vannprøvetaking

2.2.1. Prosedyrer for vannprøvetaking i vannverk

Vannet som fylles i badebasseng er det samme vannet som benyttes som drikkevann fra norske vannverk. I forbindelse med dette spiller vannkvaliteten i vannverk en stor rolle. Forskrift om vannforsyning og drikkevann også kalt Drikkevannsforskriften[5] dikterer parameterverdier for norsk drikkevann. I forskriften er ikke definisjonen av begrepet internkontroll definert, men i § 5 i Drikkevannsforskriften kommer det frem at vannverkseier skal:

«Påse at drikkevannet tilfredsstiller kravene til kvalitet, mengde og leveringssikkerhet når det leveres til mottaker».

Videre skal vannverkseieren:

«Påse at det etableres og føres internkontroll for etterlevelse av denne forskriften. Internkontrollen skal tilpasses virksomhetens art og omfang.»

Tilsynsmyndigheten blir fastsatt i Drikkevannsforskriftens § 9 «Godkjennende myndighet». Her kommer det frem at det er Mattilsynet som gir godkjenning av landbaserte vannforsyningssystem.

Drikkevannsforskriftens § 12. omhandler krav til kvalitet hvor:

«drikkevann skal, når det leveres til mottakeren jmf. § 5, være hygienisk betryggende, klart og uten fremtredende lukt, smak eller farge.»

For å sikre et hygienisk betryggende drikkevann, fastslår § 14 i Drikkevannsforskriften at det til sammen finnes minimum to hygieniske barrierer i drikkevannssystemet. For å drepe eller uskadeliggjøre smittestoffer kreves det at en av disse skal ha desinfiserende effekt.

Drikkevannsforskriften kommer med et vedlegg kalt «Kvalitetskrav til drikkevann». I vedlegget listes parametere opp sammen med øvre grenseverdi, og hvilken tiltakstype som må gjennomføres dersom den målte verdien overstiger det som er tillatt. Tiltakstypene rangeres fra A som er mest alvorlig og krever umiddelbar varsling og inngripen, til tiltakstype C som krever varsling og en midlertidig dispensasjon med tilhørende tiltak for å få verdiene under tillatte nivåer.

Prøvetakingsfrekvensen varierer avhengig av størrelsen på vannverkets leveringsomfang, se tabell 5 for mer utfyllende informasjon.

2.2.2. Prosedyrer for vannprøvetaking i basseng

Foruten Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu[1] finnes det få retningslinjer for hvor og hvordan prøvetakingen skal foregå fra norske myndigheter. I forskriftens § 17. Analyser og prøvetakingsfrekvens står det at:

«Ved ethvert bassengbad skal det tas analyser av vannkvalitetsparametre med tilstrekkelig prøvetakingsfrekvens for å holde oversikt over bassengvannets kvalitet, og for å sikre tilfredsstillende hygieniske forhold ved drift av bassengbadet.

Ved ethvert bassengbad skal det være utstyr for å måle vannets temperatur og pH-verdi.

Når klor (hypokloritt) brukes som desinfeksjonsmiddel, skal det med jevne mellomrom tas prøver av fritt og bundet klor. For bassengbad der belastningen er høy bør det minimum tas 4 prøver pr. dag, og prøve bør minst tas hver tredje time når anlegget er i bruk. Måling av fritt klor skal skje ved utløpet av bassenget før filtrering og før tilsats av ny klor.»

Ut over dette står det ingenting om valg av prøvetakingspunkter i et bassenglokale. I en hjelpemannual for drift kalt «Retningslinjer For Vannbehandling I Offentlige Bassengbad»[2], utgitt av NBTF står følgende punkt anbefalt for prøvetaking:

- På returvannet rett før filteranlegg
- På turledning til bassenget
- På tur- og returledningen til kullfilteret
- På tur- og returledningen til UV-anlegget
- Før og etter hvert filter

2.2.3. Skandinaviske retningslinjer rundt prøvetaking i basseng

På grunn av lite informasjon og kilder rundt prøvetaking i Norge kan det være nyttig å ta utgangspunkt i andre skandinaviske lands praksis rundt håndhevingen og informering rundt vannprøvetaking. Dette for at de ansvarlige for drift og kontroll følger samme normer.

Socialstyrelsen har ansvaret for Sveriges bassengbad. De har i tillegg til forskriftene presentert to publikasjoner av artikler med råd. Først «Allmänna råd om bassängbad»[6] for veiledning til optimalisering av svømmeanlegg, hovedsakelig for driftsoperatører og eiere. I tillegg finnes håndboken «Bassängbad - Hälsorisker, regler och skötsel»[7] som er til bruk for både driftsoperatører og de som skal føre ettersyn av bassenget.

I håndboken vurderes først bassengene ut fra størrelse, med ett prøvetakingspunkt i nærheten av utløpet for små basseng. For større basseng legges det vekt på flere prøvetakingspunkt. Videre anbefales det for prøvetakingens del å ta prøver av bassengvannet 3 dm under vannoverflaten i bassenget[7], og ved dypere punkt dersom det er mistanke om dårlig vannkvalitet der.

I Danmark finnes forskriften i form av «Bekendtgørelse om svømmebadsanlæg og disses vandkvalitet».[8] I likhet med Sverige finnes det håndbøker, for både driftende og de som skal etterse at forskriftene følges, kalt «Kontrol med svømmebade»[9] og «Vejledning om kontrol med svømmebade».[10] Om prøvetakingspunktet er ordlyden slik at prøvene skal tas på motsatt side av innløp, eller fra spesifikke prøvetakingskraner. For fritt klor og bundet klor skal vannprøver tas imellom 10 og 30 cm under vann.[9]

I veiledningskriftet er det lagt stor vekt på fremgangsmåten til prøvetakingen. Fremgangsmåten varierer også for hver enkelt parameter for eksempel trihalometan (THM), mikrobiologiske parametre og fritt og bundet klor. Transport av bassengvann, benyttet utstyr for mikrobiologisk prøvetaking og prøvevolumet som skal tas opp er detaljert beskrevet.

2.3. Vannkvalitet i bassenget

I Norge benyttes i all hovedsak vann fra offentlige eller private vannverk i badebasseng. Disse dikteres av forskrift for drikkevann. Ettersom forskriften dekker drikkevann i konstant bevegelse er det vanskelig å overvåke prosessen. Derfor stadfester forskriften at vannet alltid skal ha et innhold av fritt klor på minimum 0,05 mg/l etter 30 minutters kontakttid, altså fra klor tilsettes til det blir analysert.[5] For badeanlegg og svømmebasseng betyr det at vannet inn i anlegget er av høy renhet. Vannet føres så inn i sirkulasjon, og etter en del runder igjennom filteret reduseres også turbiditeten.

Analysen av vannet foregår i to forskjellige deler, en kjemisk og en mikrobiologisk. For disse gjelder verdiene oppgitt i tabell 2 og 3.

De parametre som analyseres på er gitt av Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu.[1]

§ 15. Desinfeksjon

«Ethvert bassengbad skal til enhver tid og på ethvert sted i sirkulasjonssystemet ha vann som inneholder tilstrekkelig mengde desinfeksjonsmiddel til å drepe helseskadelige mikroorganismer, samt forhindre vekst av organismer som i spesielle situasjoner kan gi sykdom hos mennesker.

Desinfeksjonsmiddel skal tilsettes kontinuerlig og etter behov.

Ved desinfeksjon av vannet med klor (hypokloritt) skal følgende krav være oppfylt:

Bestemmelsen er ikke til hinder for sjokklorering.»

Foruten ordlyden er også verdier for bruk av klor fastsatt, som vist i tabell 2.

Tabell 2: Tabellen viser klorinnhold i vannet avhengig av bassengvannets temperatur.

Vanntemperatur	Vannets laveste innhold av fritt klor*	Sum av fritt og bundet klor, maksimalverdi**
= < 27°C	0,4 mg/l	3 mg/l
27-29°C	0,5 mg/l	3 mg/l
29-33°C	0,7 mg/l	4 mg/l
33-37°C	0,9 mg/l	4 mg/l
> 37°C	1,0 mg/l	4 mg/l
* måles ved utløpet av bassenget før filtrering og før tilsats av nytt desinfeksjonsmiddel, jfr § 17.		
** innholdet av bundne klorforbindelser må aldri overstige 50% av den målte verdien av fritt klor. Verdien av bundet klor bør være så lav som mulig og må ikke overstige 0,5 mg Cl/l.		

Videre fastsettes vannkvaliteten både av § 16. og i tabellverdier jamfør tabell 3.

«§ 16. Vannkvalitet

Vannet i bassengbad skal være hygienisk tilfredsstillende. Vannet skal være klart, uten farge og innbydende til bading. Bunnen skal kunne ses tydelig i alle deler av bassengbadet.

Vannet skal tilfredsstillende følgende krav:»

Tabell 3: Tabellen gir en oversikt over tillatte verdier i norske bassenger.

Parameter		Lavest tillatte verdi	Høyeste tillatte verdi
1. Fargetall	mg/l Pt		5
2. Turbiditet	FTU		0,5
3. Surhetsgrad	pH-verdi	7,2	7,6
4. Kimtallsbakterier ved 37 °C	pr. ml		10
5. <i>Pseudomonas aeruginosa</i>	pr. 100 ml		0
6. KO_{Mn}	mg/l O		4

Innholdet av aminer og organiske stoffer skal holdes på et tilfredsstillende nivå slik at det ikke dannes hygienisk betenkelige eller ubehagelige stoffer i vannet som følge av den øvrige vannkvalitet

I Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu defineres også noen viktige begrep. Felles for både Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu[1] og Drikkevannsforskriften[5] er bruk av ordet internkontroll. Internkontrollen er en metode for å sørge for at forskriften blir fulgt og at kriteriene som stilles for drift og sikkerhet av bassenget oppfylles.[1] Inkludert i internanalysen er verdimålinger av bassengvann-prøver. Parameterne som analyseres på er fritt og bundet klor, pH og temperatur. Disse faktorene måles flere ganger hver dag, og lagres for eventuelt ettersyn. Disse parameterne kontrolleres også kontinuerlig ved online analyse på Husebybadet.

Av Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu[1] settes de driftsakseptable grensene for bassengets vannkvalitet. Forskriften tar utgangspunkt i begrepet internkontroll. Denne går ut på at eier av bassenget selv er ansvarlig for å påse at bassenget er driftet i henhold til forskriften. Eieren skal samtidig oppgi opplysninger ovenfor tilsynsmyndighetene slik at de kan utføre etterkontroller.

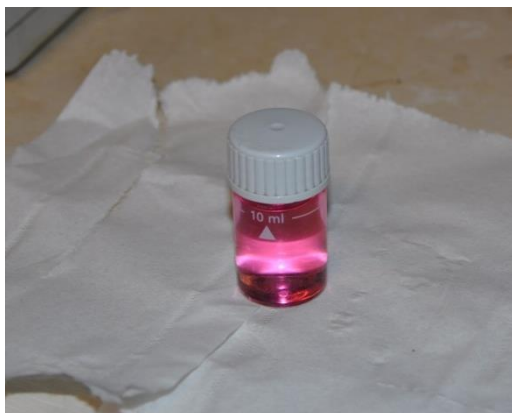
2.4. Målemetoder

I dag er doseringssystemene for basseng i all hovedsak automatisert og tilknyttet utstyret som overvåker pH og temperatur i vannet. For daglige målinger og kalibrering av måleutstyr kan det derfor foretas både automatiske og manuelle analyser.



Figur 3: Bildet viser et Lovibond spektrofotometer som benyttes til DPD-analyser.

For manuelle analyser av kjemiske parametere benyttes et spektrofotometer med tilhørende 10 ml flasker. Disse tilsettes tabletter av diethyl-parafenylene-diamin (DPD) som viser mengden av fritt og totalt klor, i tillegg til fenolrød for pH. Metoden benyttes både av driftspersonell og forskere for raskt å avdekke forholdene i bassenget.



Figur 4: Bildet viser en 10 ml analyseflaske for vannanalyser med DPD-reagenser.

Husebybadet har to ulike prøvepunkt hvor det skal tas minimum 4 prøver daglig fra hvert av punktene for å analysere på fritt og bundet klor samt pH.[1] Dette betyr at det daglig brukes 8 stk. av hver tablett; DPD-1, DPD-3 og Fenol rød. DPD-1 og DPD-3 koster kr 435 eks. mva. pr. eske à 250 tabletter, dette medfører at hver tablett koster kr 1,74. Fenol rød tablettene koster kr 477 eks. mva. pr. eske à 250 stk. Disse tablettene koster da kr 1,90 pr. stk.

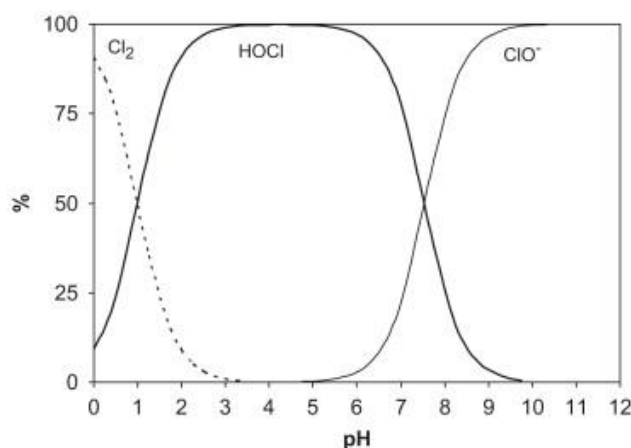
2.5. Kjemisk analyse

2.5.1. Klor

Majoriteten av badebasseng i Norge benytter i dag klor som desinfeksjonsmiddel. Årsaken til dette ligger i klor rimelige fremstillingsmetode og effektivitet ovenfor alle mikrobiologiske organismer som et basseng kan inneha. Alminnelig benyttes både klorgass og kalsium eller natrium-hypokloritt. Virkemåten er den samme, men HMS-hensynet for behandling av stoffene varierer stort. I vannet løses klorgassen etter reaksjonslikningen:



Videre vil HClO gå over i ioneform etter ligning 2.2. Det er underklorsyrilingen; HOCl og den ioniserte formen hypoklorittionet; OCl^- som innehar den desinfiserende effekten til klor.[2] Figur 5 viser pH-verdiens innvirkning på denne effekten.



Figur 5: Diagrammet illustrerer prosentvis fordeling av henholdsvis Cl_2 , HOCl og ClO^- avhengig av pH.[11]

Som desinfeksjonsmiddel virker klor ved å avgi elektroner og dermed virke oksiderende. For patogene bakterier betyr dette at klor bryter ned celleveggen, og binder seg til enzymer og proteiner inne i bakteriecellene. Denne prosessen er irreversibel, og fører enten til celledød eller deaktivering av celleformeringen. Effekten av klor som desinfiserende middel er avhengig av to ting; konsentrasjonene av klor og kontakttid med patogene mikroorganismer.[4] Dette betyr at kloreffekt er tilnærmet den samme dersom du halverer konsentrasjonen og doubler kontakttiden eller omvendt. I Drikkevannsforskriften tas kontakttiden i betraktning i form av at man ikke vet klorbehov eller doseringen vannet har blitt utsatt for. Etter 30 minutters kontakttid skal man derfor kunne påvise minimum 0,05 mg/l Cl_2 . [5]

Fritt klor er betegnelsen på underklorisyrlingen; HOCl og hypoklorittioner OCl^- som befinner seg i bassenget, klare til å binde seg til forurensning som organiske nitrogen- og karbonforbindelser. Klorprodukter er ofte flyktige og kan finnes i både væskeform og gassform. Bundet klor blir følgelig den mengden klor som er festet til organiske ammoniumforbindelser eller ammoniakk i bassenget. I Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu[1] kreves det at;

«innholdet av bundne klorforbindelser må aldri overstige 50 % av den målte verdien av fritt klor. Verdien av bundet klor bør være så lav som mulig og må ikke overstige 0,5 mg Cl/l»

2.5.2. pH og Alkalitet

For et badebasseng operert i Norge er en pH-verdi mellom 7,2 og 7,6 tillatt.[1] I teorien kan et langt større spenn benyttes som badevann, men lavere pH gir lettere grobunn for mikrobiologiske vekst. I «Kontrol med Svømmebade»[9] utgitt av Naturstyrelsen i Danmark vises det til at menneskekroppens pH i bassenget ligger mellom 7,2 og 7,8. En pH-verdi under 7,0 og over 8,0 vil begge kunne gi irritasjon på hud og øyne.[3] Klor oppfører seg forskjellig avhengig av pH-verdien, og en lav pH-verdi vil også kunne medføre økt dannelselse av kloraminer og andre klorbiprodukter.[9] Regulering av pH er et viktig poeng for å få mest mulig effektiv desinfisering i bassenget jamfør kapittel 2.5.1.

Alkaliteten gir et mål på bufferkapasiteten til bassengvannet. Den betegner vannets evne til å nøytralisere en tilsatt base eller syre. For høy alkalinitet vil gi avleiringer i bassenget, og for lav alkalitet gir et bassengvann hvor pH-verdien er ustabil.[2] For å justere alkalitet benyttes tilsats av sure eller basiske stoffer; eksempelvis svovelsyre og natriumkarbonat.

2.5.3. Fargetall

Humus, organisk materiale eller andre partikler påvirker fargen i vannet. En vannprøves fargetall bestemmes gjennom sammenligning med standardløsninger av platinakoboltklorid. Derfor måles fargetall med enhet mg/l Pt.[2] For å redusere fargetallet filtreres vannet til en verdi på > 5 mg Pt/l fra vannverkets side.[5] Dette er også høyest tillatte grense for basseng jamfør Forskrift for badeanlegg, bassengbad, badstu.[1] En høy fargetallverdi vil også spille inn på UV-anlegg ved at transmisjonen igjennom vannet reduseres. Gjentatt filtrering igjennom sand og glass-filtre i bassenget gjør at fargetallet faller ytterligere.[4]

2.5.4. Turbiditet

Turbiditet er et mål på vannets klarhet, og måles i form av mengden lys som slipper gjennom et prisme eller spesifikt volum. Turbiditet måles i Formazin Turbidity Units; FTU. Rent vann vil ha lav turbiditetsverdi, mens partikkelholdig vann som inneholder slam, alger etc. vil ha en høyere verdi.[2] Den internasjonale standarden ISO 7027[12] forteller hvordan en turbiditetsvurdering skal gjennomføres.

2.5.5. Redokspotensialet

Redokspotensialet gir et mål på oksidasjon eller reduksjonsevne, og kan derfor benyttes til å måle mengden fritt klor i vannet ettersom det frie klor er oksiderende.[2] Metoden går ut på å måle spenningsforskjellen mellom to standardiserte elektroder. Et høyt redokspotensial gir samtidig en høy oksidasjonsevne, som er viktig for desinfeksjonsmiddelets effektivitet.[10]

2.5.6. Kjemisk oksygenforbruk

Organiske stoffer er både næring og tilholdssted for mikroorganismer. Disse stoffene er oksyderbare, og en metode for å overvåke innholdet av disse er det kjemiske oksygenforbruket (KOF).[2, 3] En høy verdi for KOF betyr at effekten av rensingen i anlegget er utilstrekkelig. Tiltak som kan redusere KOF-verdien kan være å øke vannutskiftingen, å forbedre renskapasiteten eller redusere antall badende i bassenget.[2]

2.5.7. Temperatur

Tillatt klorinnhold avhenger av temperaturen på bassengvannet. Stiger temperaturen øker vekstraten for mikroorganismer og hastigheten for kjemiske reaksjoner. Luftkvaliteten reduseres også grunnet økt kloravdampning.[2] Faren for oppblomstring av mikroorganismer i norske basseng vurderes som liten av folkehelseinstituttet. I den grad sykdomsutbrudd i basseng forekommer tilskrives sykdommen som oftest dårlig rensing av bassengvannet og mennesker med nedsatt immunforsvar.[13]

2.6. Mikrobiologisk analyse

2.6.1. *Pseudomonas aeruginosa*

Pseudomonas aeruginosa er stavformede, gram-negative og aerobiske bakterier. Bakterien er valgt ut som en indikatororganisme for forholdene i bade- og svømmeanlegg[14]. Hovedårsaken til dette er at den er relativt enkelt identifiserbar. I tillegg vokser den i temperaturer mellom 20 °C og 40 °C, og er robust mot klor som desinfeksjonsmiddel.[3] Normalt finnes bakterien i både jord og vann ute i naturen. Bakterien kan betegnes som meget levedyktig, med mulighet til å overleve selv i vannkilder hvor klor er tilsatt.[9] Bakterien har en tendens til å danne en biofilm rundt seg og plassere seg på fuktige områder hvor det er lite sirkulasjon. Biofilmen beskytter bakterien og gir økt sjanse for oppblomstring samtidig som den gir tilførsel av næring.[7]

Pseudomonas aeruginosa er en fremtredende årsak til infeksjoner hos sykehuspasienter, og rammer vanligvis pasienter med åpne sår eller nedsatt immunforsvar.[15] Den har en sterk motstandsdyktighet mot penicillin da den er gram-negativ. Dette gjør *Pseudomonas aeruginosa* svært vanskelig å behandle når den først har infisert et menneske.[16] På grunn av dette bør forebyggende tiltak mot oppblomstring prioriteres for å minske smittefaren.

2.6.2. Kimtall

Kimtall er antallet oppblomstrende kolonier av mikroorganismer i et næringsmedium under aerob inkubering enten ved 22 °C eller 37 °C. En norsk standard for måling av kimtall er gitt igjennom NS-EN ISO 6222:1999[17]. Metoden har blitt viet større oppmerksomhet i senere år ettersom det er en enkel metode for å bestemme tilstedeværelsen av mikroorganismer i drikkevann. Verdens helseorganisasjon (WHO) har utgitt flere håndbøker om metoden for bruk til vannanalyser. Kimtallet er en generell kvalitetsparameter for vann, og kan benyttes både på drikkevann og badevann. Bruken av kimtall kan brukes til å analysere vannledningsnettverket og om behandling eller rensing har gitt effekt, spesielt ovenfor filtrering og desinfeksjon.[18]

2.6.3. Muggsopp

Under § 15 i Forskrift for badeanlegg, bassengbad, badstu[1] står det at;

«Ethvert bassengbad skal til enhver tid og på ethvert sted i sirkulasjonssystemet ha vann som inneholder tilstrekkelig mengde desinfeksjonsmiddel til å drepe helseskadelige mikroorganismer, samt forhindre vekst av organismer som i spesielle situasjoner kan gi sykdom hos mennesker.»

Dette innebærer også tilfeller av muggsopp, som kan blomstre i miljø hvor det er høy fuktighet. Veterinærinstituttet oppdaget i 2008 muggsoppen *Fusarium solani*, en potensielt patogen art, i et norsk badebasseng. Muggsoppen som ble oppdaget i fuger i et klorbasseng hadde fått rotfeste ved dannelse av biofilm.[7, 19]

2.7. Desinfeksjonsbiprodukter

Nyere forskning har funnet en sammenheng mellom klor som desinfeksjonsmiddel og en rekke bivirkninger. Årsaken antas å være desinfeksjonsbiprodukter (DPB). Disse dannes når desinfeksjonsmiddelet, eksempelvis klor kommer i kontakt med organiske forbindelser i bassenget. Forbindelser som dannes i denne prosessen kan være helseskadelige.

2.7.1. Trihalometan (THM)

Halogenene klor, brom og jod er allment benyttet som desinfeksjonsmiddel. I desinfisering av badeanlegg er klor hyppigst benyttet. Klor skal beskytte badene mot patogene forurensinger men kan samtidig utgjøre en risiko.

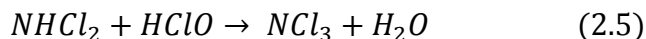
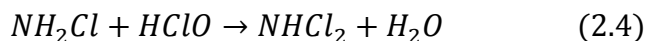
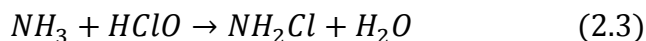
De mest fremtredende THM-variantene er triklormetan (kloroform), dibromklormetan, dibromklormetan og tribrommetan (bromoform). I tillegg til disse fire eksisterer en rekke variasjoner i mindre konsentrasjoner. Ved klorering består over 90 % av THM-forbindelser av triklormetan[20]. Forbindelsen er svært flyktig og går lett over i luften i bassenganlegget. Risikoelementene ved for store inntak av triklormetan er luftveisplager, leverskader, kreft og

nedsatt reproduksjonsevne.[7] For overvåking av THM-konsentrasjon anbefales det at analyser utføres så tidlig på dagen som mulig, og før badegjester tar bassenget i bruk. I Danmark gjennomføres måling av THM to ganger i året som et absolutt minimum.[10]

2.7.2. Kloraminer

Kloraminer dannes ved at en organisk nitrogenforbindelse binder seg til klor eller eventuelle andre halogener som skulle befinne seg i badevannet. I bassengvann dannes både monokloramin, dikloramin og trikloramin etter likningene under. For bassengmiljøer er det sistnevnte forbindelse som blir favorisert og finnes i størst konsentrasjon.[7]

Dannelse av monokloramin skjer etter ligning 2.3, dikloramin etter ligning 2.4 og trikloramin etter ligning 2.5.



Som triklormetan er trikloramin svært flyktig og vil derfor ofte befinne seg i luften over bassenget. Det finnes påviste sammenhenger mellom trikloramin-konsentrasjon og irritasjon i øyne og luftveier. For kloraminer blir denne prosessen betegnet som svært langsom og flyktigheten fra væske til gass går tregt sammenlignet med bassengets omsetningstid for bassengvannet.[21]

Det finnes i dag ingen krav om målinger på trihalometan og kloraminer. I Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu[1] uttales det at:

«Innholdet av aminer og organiske stoffer skal holdes på et tilfredsstillende nivå slik at det ikke dannes hygienisk betenkelige eller ubehagelige stoffer i vannet som følge av den øvrige vannkvalitet.»

2.8. Web-overvåking av vannprøver i basseng



Figur 6: Bildet viser den automatiserte webanalysen ved Husebybadet

Husebybadet har installert digital overvåking av bassengvannets kvalitet, se figur 6. Apparatet Dulco Marin fra Prominent overvåker parameterne pH, bundet og fritt klor i tillegg til reduksjonspotensiale. Videre bearbeider apparatet informasjonen til å regulere seg selv mot optimale forhold, og styre utskiftingen av vann avhengig av antall badene og mengden urenheter i bassenget.

Apparatet er tilknyttet et dataprogram kalt TS Web, lagd av TS Electro. TS

Web kontrollerer flere parametere ved bassengene på Husebybadet. Programmet tillater også manuell overstyring og kalibrering av parametere dersom dette skulle være nødvendig, eksempelvis i perioder hvor vedlikehold må utføres. Dette kan utføres på maskinen ved Husebybadet og igjennom VPN-klient.

TS Web danner en logg av samtlige parametere med verdier foretatt hvert 10. sekund. Dette gir mulighet for ettersyn og for å danne en statistikk over driftsperioder. For eksempel er det mulig å åpne programmet for å se på endringen i bundet klor over en selvbestemt periode. Gjennomsnittsverdiene over disse tidsperiodene er også oppgitt, noe som gir mulighet til å sammenligne tidsperioder. Data fra denne loggen kan også eksporteres til andre maskiner for andre analyser. I tillegg til overvåkingsfunksjonene gir programmet mulighet til å innføre alarmer dersom de målte parametere overstiger et gitt nivå, noe som sikrer en stabil drift.

2.9. Forskjell i parameterverdier mellom drikkevann og bassengvann

Som tidligere nevnt i denne oppgaven kommer norsk bassengvann fra det lokale vannverket, som dikteres av Drikkevannsforskriften.[5] Tabell 4 viser en sammenligning mellom parametere som undersøkes i disse to forskriftene.

Tabell 4: Tabellen viser forskjellene mellom høyest tillatte verdi i basseng og vannverk.

Parameter	Enhet	Høyeste tillatte verdi i basseng	Høyest tillatte verdi i vannverk
Fargetall	mg/l Pt	5	20
Turbiditet	FTU	0,5	4
Surhetsgrad	pH-verdi	7,6	9,5
Kimtall v. 22 °C*	Ant./ml	10	100
<i>Pseudomonas Aeruginosa</i>	Ant/100 ml	0	0
KOF _{Mn}	Mg/l O	4	5

* Merk at forskriften vurderer kimtallsbakterier ved 37 °C. Vannanalysene for kimtall gjennomføres jf. Norsk Standard hvor kimtall vurderes ved 22 °C.

Frekvensen av prøvetaking er også varierende mellom vannverk og basseng. Vist i tabell 5 er prøvetakingsfrekvensen hentet fra Drikkevannsforskriften under ulike driftsvilkår. For prøvetaking i bassengvann, se punkt 2.2.2.

Tabell 5: Tabellen gir en oversikt over antall personer som betjenes av vannverket, og hvor mange kontroller (analyser) som skal foregå i løpet av ett år.

Vannleveranse (antall personer)	Nettkontroll (prøveomganger)	Enkel rutinekontroll (prøver)	Utvidet rutinekontroll (prøver)
50-500	12	4	1
501-1.000	12	4	1
1.001-5.000	24	4	1
5.001-50.000	48	4 + 3 prøver for hver påbegynte 5.000 personer av det totale antall forsynt	1 + 1 prøve for hver påbegynte 16.500 personer av det totale antall forsynt
50.001-500.000	48	4 + 3 prøver for hver påbegynte 5.000 personer av det totale antall forsynt	3 + 1 prøve for hver påbegynte 50.000 personer av det totale antall forsynt
> 500.000	48	4 + 3 prøver for hver påbegynte 5.000 personer av det totale antall forsynt	10 + 1 prøve for hver påbegynte 125.000 personer av det totale antall forsynt

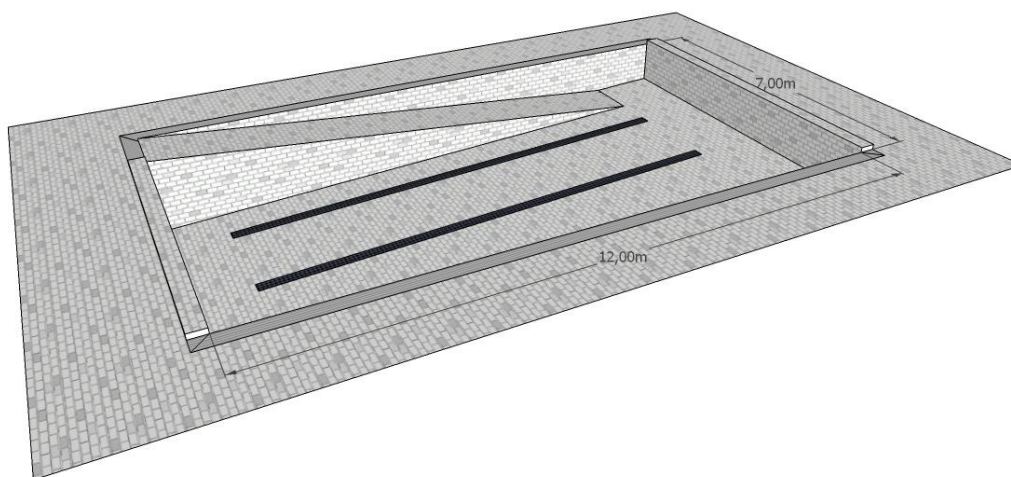
3. Materialer og metoder

3.1. Utstyr

PGF-agar (1000 ml)	DPD-3 tabletter
CET-agar (50 skåler)	DPD- fenol red tabletter
Sterile filtre (50 stk)	Prøveflasker tilsatt thiosulfat (50 stk)
DPD-apparat (Lovibond PC Check IT)	Turbidetsmåler (Hach 2100 N)
DPD-1 tabletter	pH-meter

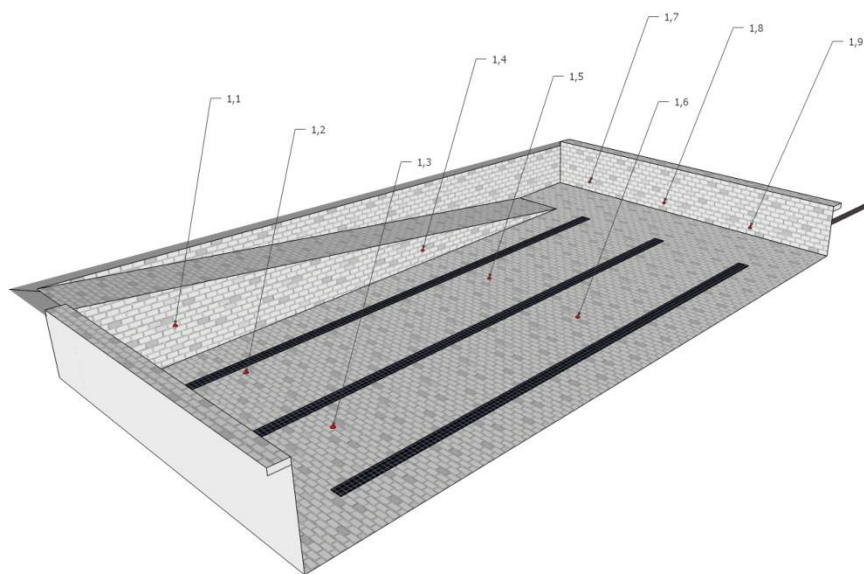
3.2. Husebybadet

Husebybadet ligger på Kolstad i Trondheim og ble satt i drift 1. oktober 1984. Antall besøkende ligger på rundt 130 000 hvert år. Anlegget består av tre basseng; et terapibasseng, et boblebad og et langbasseng. Bassenget har tilknyttet 17 årsverk, hvorav 10 er faste stillinger og resten er fordelt på vikariater.[22] Overvåkingen av bassengparametere foregår både ved manuelle analyser og et automatisert analyseapparat. I oppgaven benyttes et referansebasseng som ligger i Korgen i Hemnes kommune i Nordland, dette for sammenligning av internanalyse.

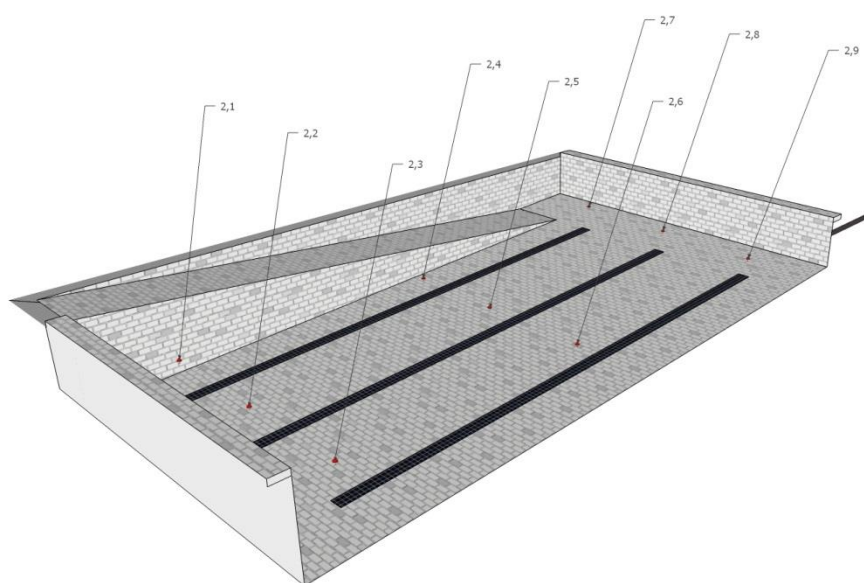


Figur 7: Modellen illustrerer terapibassenget ved Husebybadet i Trondheim.

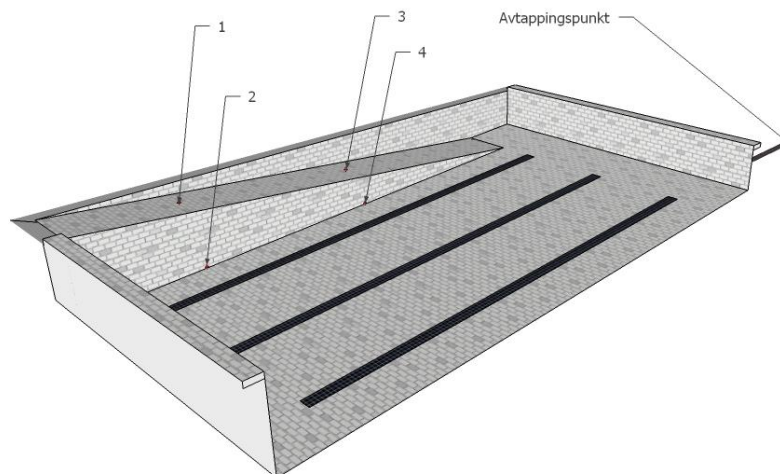
3.3. Modeller av analysepunkter for terapibadet ved Husebybadet



Figur 8: Modellen illustrerer lag 1, med prøvepunkt som ligger 30 cm under vannoverflaten i terapibassenget.



Figur 9: Modellen illustrerer lag 2, med prøvepunkt som ligger 60 cm under vannoverflaten i terapibassenget..



Figur 10: Modellen illustrerer punkt 1-4 på og ved siden av rullestolrampen til terapibassenget, samt avtappingspunktet.

Figur 8, 9 og 10 viser de aktuelle prøvepunktene som det blir referert til i grafer og tabeller.

3.4. Framgangsmåte

3.4.1. Webanalyse

Webanalysen analyserer kontinuerlig følgende parametere: klor (fritt og bundet), pH, temperatur og oksidasjon. Det ble i dette prosjektet sjekket på pH og klor (fritt og bundet). DBP var også tenkt analysert, men valgt bort grunnet manglende analyseinstrumenter.

Først ble det tappet av 100 ml bassengvann fra analysepunktene over i en ren beholder med lokk. Av dette ble det tatt ut tre paralleller à 10 ml. Samtlige paralleller ble analysert på de ulike parameterne. Resultatene fra disse ble brukt til å kalibrere webanalysen. Det ble så tappet av 100 ml, over i en ren beholder med lokk, fra prøvepunktet igjen. Av denne ble det tatt ut to paralleller à 10 ml. Disse ble analysert på de samme parameterne. Samtidig som 100 ml ble tappet fra prøvepunktet, ble webanalysen avlest. Resultatet fra webanalysen ble sammenliknet med resultatet fra de manuelle analysene. Dette ble gjentatt hver halvtime i ti timer.

3.4.2. Analyser i terapibasseng

To sett med 9 stk. analyseflasker for kjemiske og mikrobiologiske tester ble merket med aktuelle referansepunkt. I tillegg ble 5 flasker, satt av til punkt 1-4 og avtappingspunktet jamfør figur 10. Analyseflaskene for mikrobiologisk testing inneholdt thiosulfat, som fører til at bakterieveksten bremses opp.

Det ble foretatt 46 prøver på 23 prøvepunkt i bassenget, fordelt på to omganger med tre ukers mellomrom på samme dag og med samme belastning. Punktene ble plassert i lag à ni punkter i terapibassenget på henholdsvis 30 cm og 60 cm dybde, som vist i figur 8 og figur 9.

Videre ble to punkt ved siden av rullestolrampen og to punkt på rullestolrampen også anvendt sammen med bassengets faste avtappingspunkt på utløpsvannet. Årsaken til at disse fire punktene ble valgt var mistanke om lav sirkulering av vann som kunne medføre stillstand og akkumulering av urenheter. For måleserie nummer 2 ble det foretatt fire paralleller av punkt 4, dette for å kvalitetssikre enkeltmålingene foretatt i prøvetakingen.

Etter prøvetakingen ble analyseflaskene fraktet til et nærliggende rom og målinger på fritt og bundet klor samt pH ble foretatt. Analysemetoden gikk ut på å bruke et spektrofotometer med tilhørende tabletter og prøvetakingssett for så å fastslå parameterens verdier. Metoden kalles DPD-metoden.



Figur 11: Bildet viser analysestasjon for manuelle analyser ved Husebybadet.

Spektrofotometerets tilhørende flaske ble først skyllet i vann fra analyseflasken og tømt. Deretter ble den på nytt fylt med 10 ml bassengvann og plassert i apparatet for nullstilling. Samtlige tabletter måtte pulveriseres for oppløsning i væsken. Dette ble gjort ved hjelp av en metallstav som for hver gang ble skylt med vann fra samme analyseflaske som ble analysert. Flasken ble så tilsatt en tablett type DPD-1 for måling av fritt klor, og resultatet ble avlest. En ny tablett type DPD-3 ble tilsatt og målingen for totalt klor ble avlest.

Deretter ble flasken tømt, skylt og fylt med 10 ml nytt analysevann. Apparatet ble nullstilt for avlesning av pH og en tablett med indikatorfargen fenolrød ble tilsatt for avlesning av pH. Dette ble gjentatt med vann fra samtlige prøvepunkt.

På laboratoriet ved HiST ble det utført analyser på parameterne turbiditet, pH, *Pseudomonas aeruginosa* og kimtall. I tillegg til bassengvannet ble det tappet vann fra springen på laboratoriet for å benytte som referanse for turbiditet og kimtall.

Turbiditeten ble testet på vann fra de ulike prøvepunktene i bassenget. Målingen ble utført ved å helle over vann til turbiditetsapparatets prøveglass. Prøveglasset ble deretter smurt inn med

et tynt lag olje og så plassert i turbiditetsapparatet for avlesing av verdi. For hver ny avlesing ble prøveglasset skylt og deretter fylt med bassengvann fra den nye flasken.

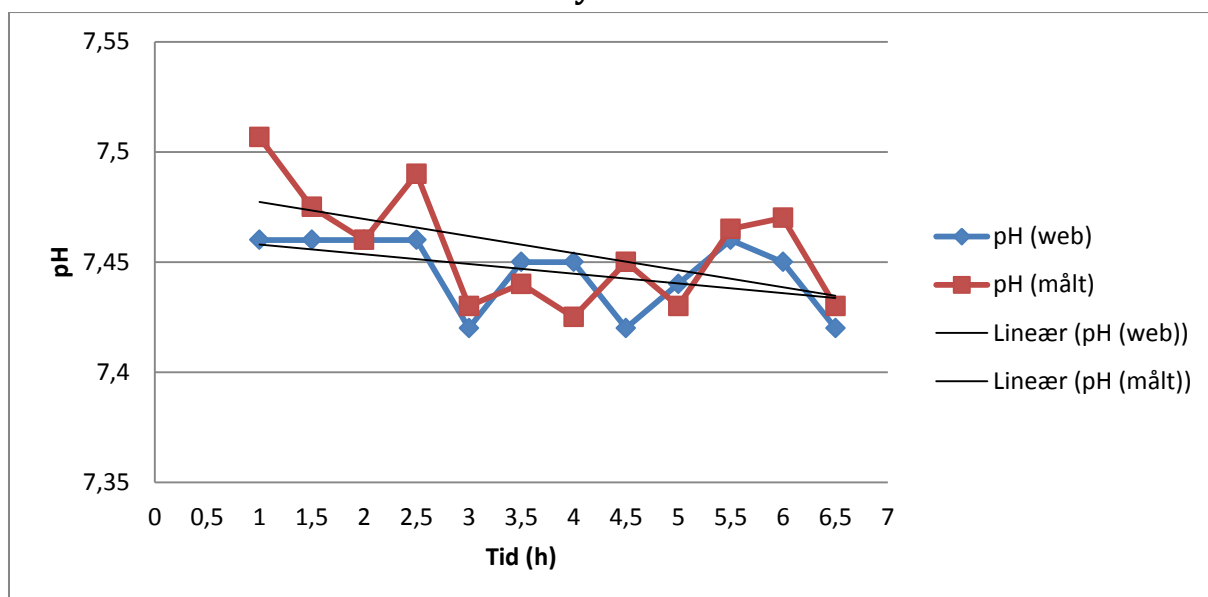
pH-meteret ble kalibrert mot to ulike løsninger med pH på henholdsvis 7,00 og 4,00. Det ble så testet pH på de samme vannprøvene som for turbiditet. Dette ble gjort ved å helle prøver over i et prøveglass, tilsette en magnet, og måle pH under omrøring. Elektrodene ble skylt med destillert vann mellom hver prøve.

For analysene med hensyn på *Pseudomonas aeruginosa* og kimtall ble det tatt ut prøver fra flaskene tilsatt thiosulfat. Alt arbeid med bakterielle analyser ble utført sterilt. Det ble filtrert 100 ml av hver prøve ved vakuumfiltrering. Filtertraktene var på forhånd autoklavert i 1,5 timer. Filteret ble plassert på en cefrimid (CET)-agar og satt til inkubering ved 36 °C i 48 timer for så å se på eventuell kolonivekst.

For bestemmelse av kimtall ble peptone glucose fluconazole (PGF)-agar varmet opp under omrøring til flytende form og avkjølt under omrøring til omlag 45 °C. 1,0 ml vannprøve ble pipettert over til tomme, sterile petriskåler og deretter støpt inn sammen med den flytende PFG-agaren. Skålene ble satt til inkubering ved 22 °C i 48 timer. Antall kolonier ble talt opp etter inkubering og kimtall ble bestemt.

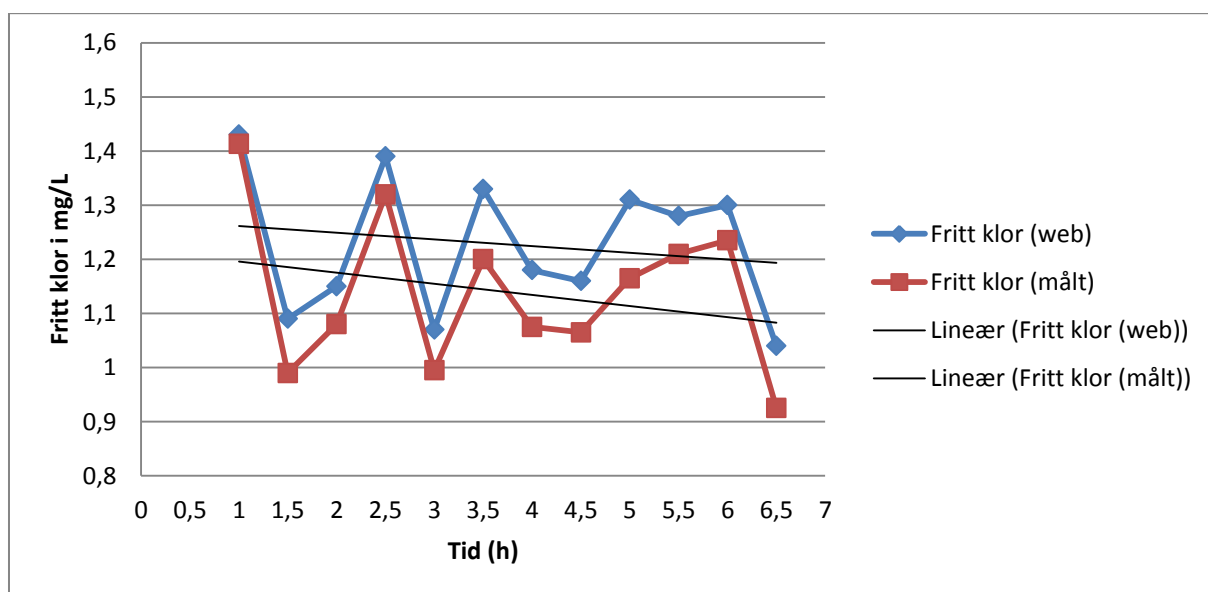
4. Resultater

4.1. Test av automatisert webanalyse



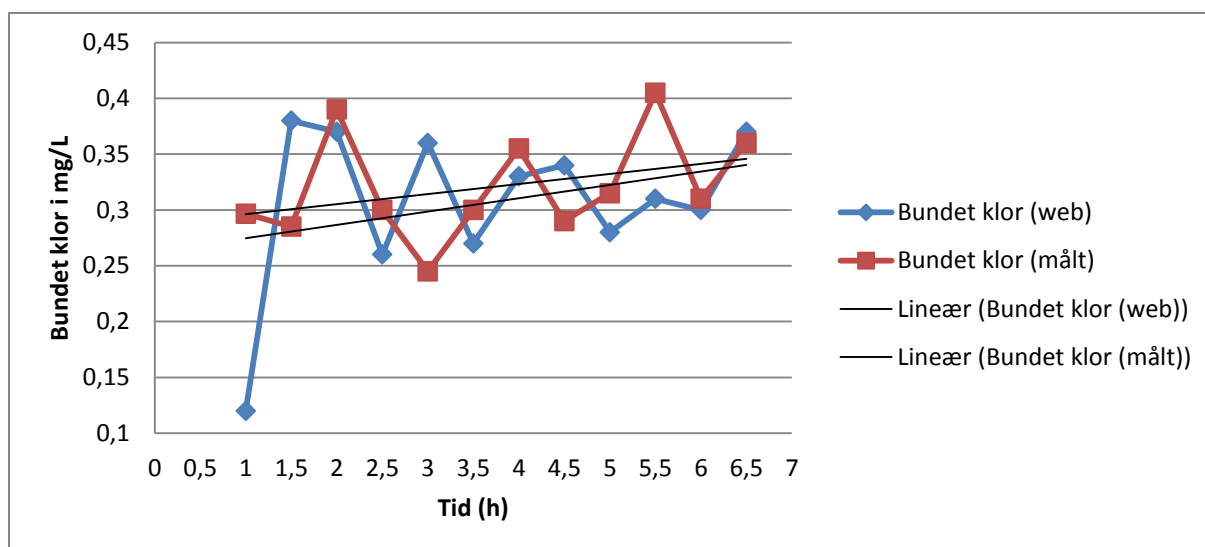
Figur 12: Grafen illustrerer forskjellen mellom webanalyse og manuelle målinger for pH.(se tabell A-1 i vedlegg A)

Som man kan se ut fra grafer og trendlinjer sammenfaller resultatene fra manuelle målinger med resultater lest av fra web-analysen. Alle målinger ligger innenfor det intervallet som står i Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu (7,2 – 7,4).



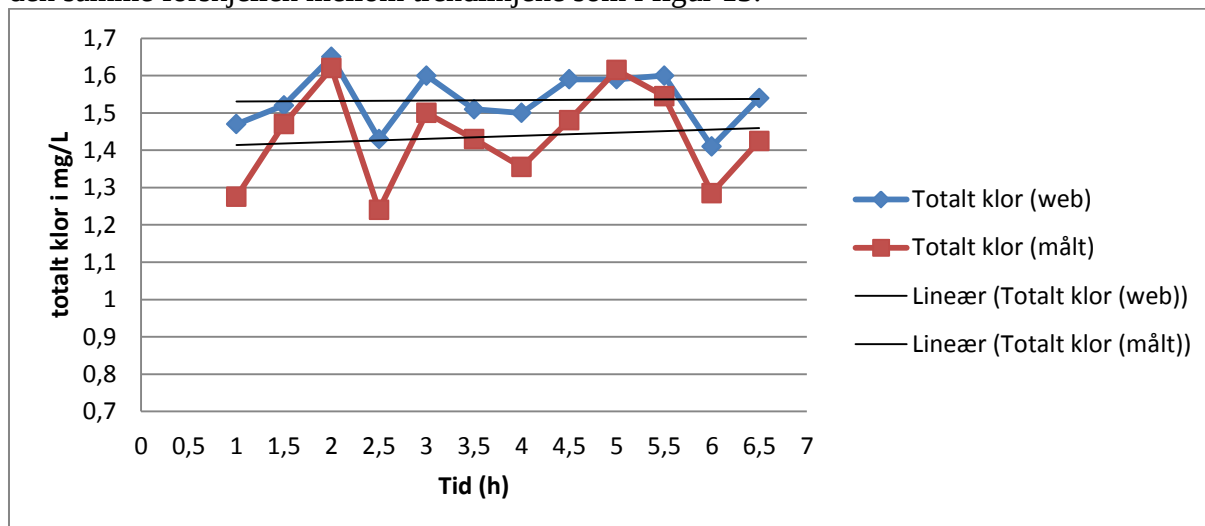
Figur 13: Grafen illustrerer forskjellen mellom webanalyse og manuelle målinger for fritt klor.(se tabell A-1 i vedlegg A)

Som vist i figur 13 er trendlinjene dannet av både web-analysen og den manuelle analysen sammenfallende over tid. Merk at fritt klor ligger jevnt over noe høyere for webanalysen enn for den manuelle analysen.



Figur 14: Grafen illustrerer forskjellen mellom webanalyse og manuelle målinger for bundet klor.(se tabell A-1 i vedlegg A)

Figur 14 viser at manuelle målinger sammenfaller med web-analysen. I figuren observeres den samme forskjellen mellom trendlinjene som i figur 13.

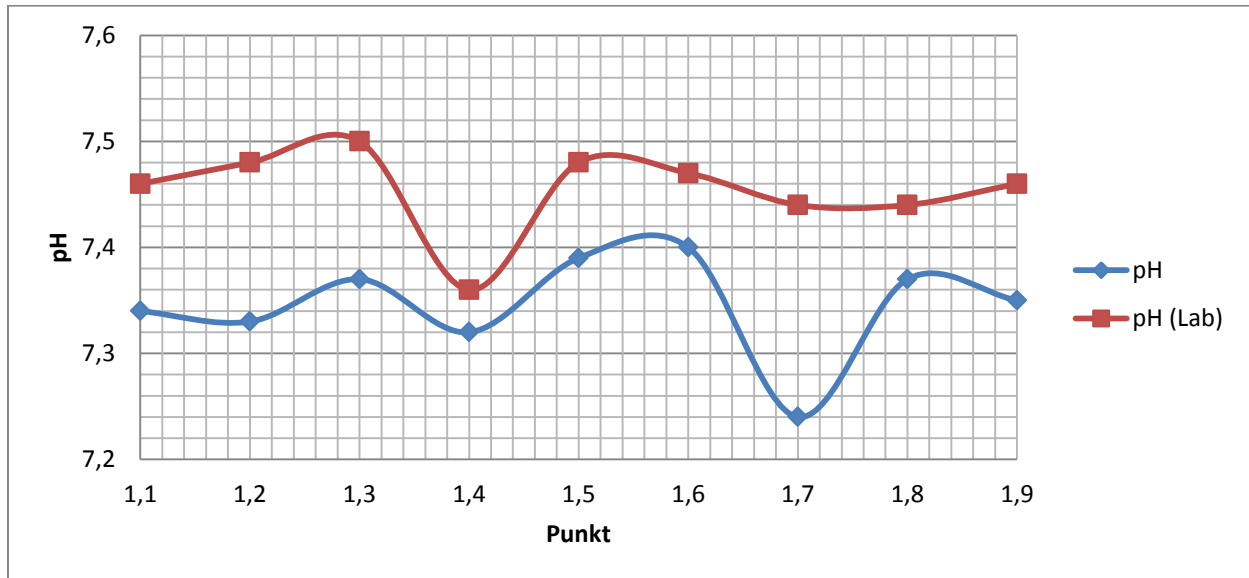


Figur 15: Grafen illustrerer forskjellen mellom webanalyse og manuelle målinger på totaltklor (fritt og bundet).(se tabell A-1 i vedlegg A)

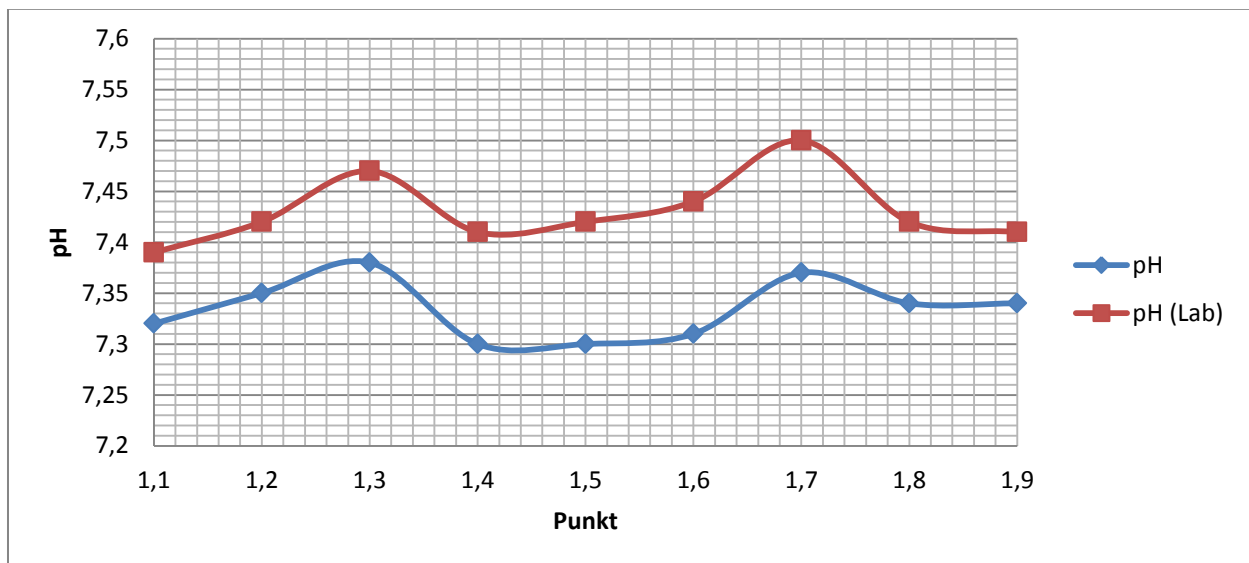
For målingen av totalt klor sees en meget stabil differanse med web-analysens trendlinje som den høyeste, og trendlinjen til de manuelle avlesningene under.

4.2. Analyseforskjeller på forskjellige prøvepunkt

4.2.1. pH

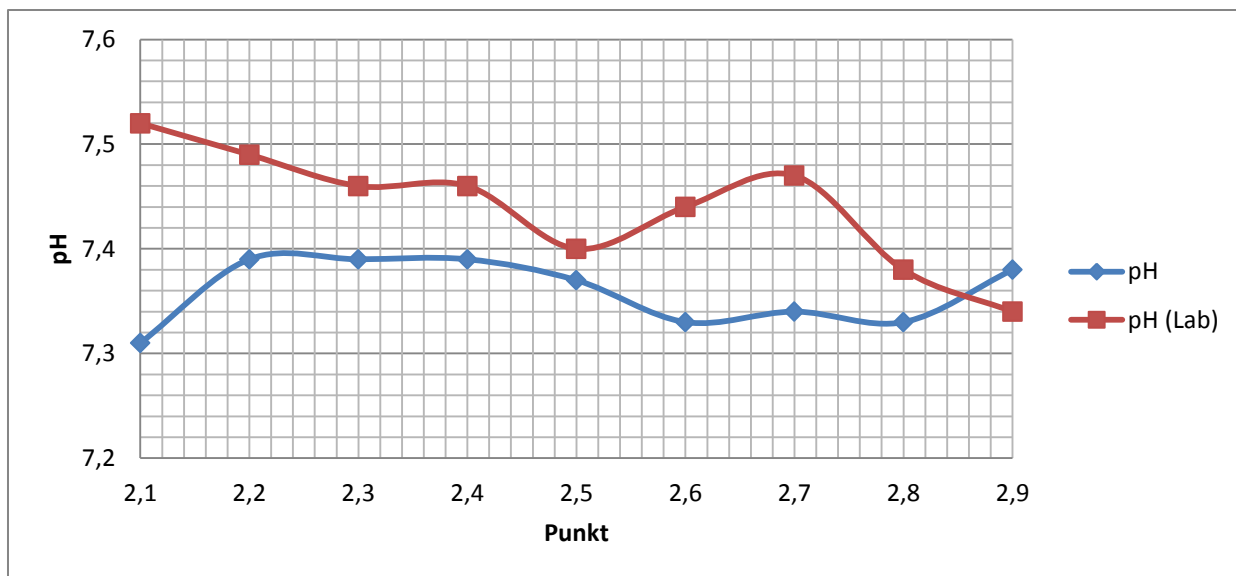


Figur 16: Grafen viser forskjell i pH målt ved DPD-metoden og målt på laboratorie ved HiST fra prøver tatt 9.4.2013 fra prøvepunkt 1.1-1.9.(se tabell B-2 vedlegg B).

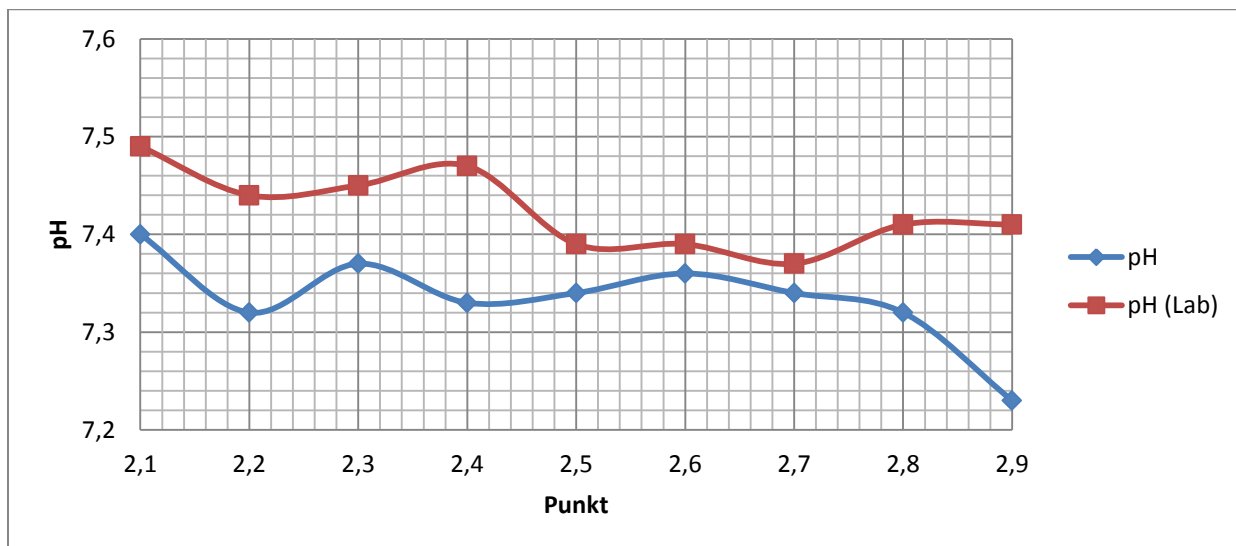


Figur 17: Grafen viser forskjell i pH målt ved DPD-metoden og målt på laboratorium ved HiST fra prøver tatt 30.4.2013 fra prøvepunkt 1.1-1.9.(se tabell C-2 vedlegg C).

Et felles trekk for både figur 16 og figur 17, til tross for 3 ukers mellomrom i prøvetakingen er at analysene foretatt på laboratoriet ved HiST generelt ligger høyere enn analysene utført ved bruk av DPD-metoden.

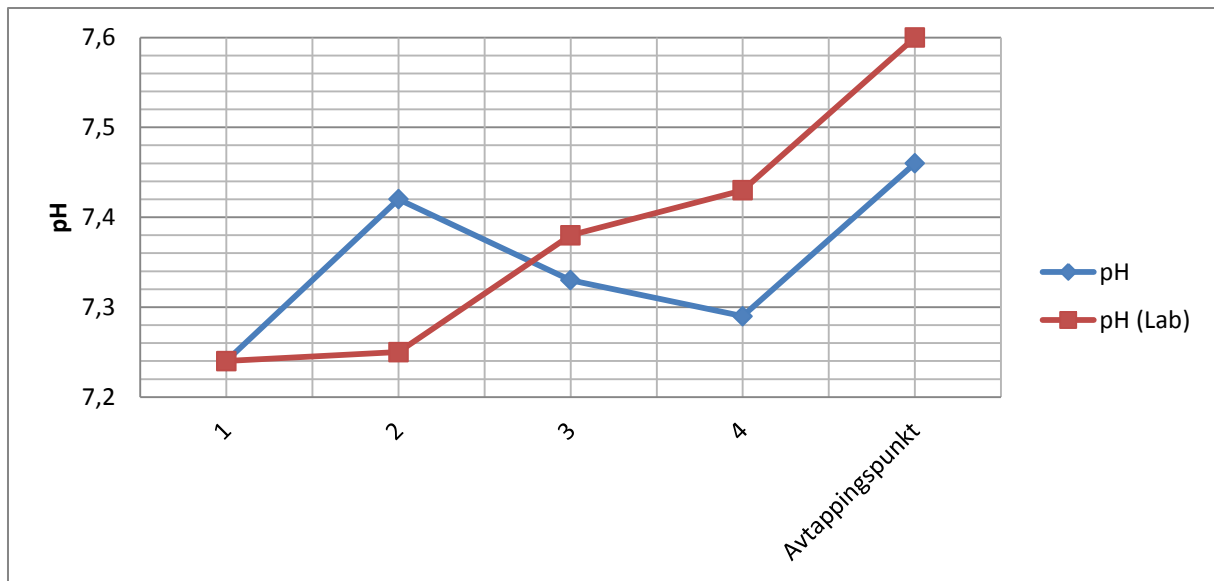


Figur 18: Grafen viser forskjell i pH målt ved DPD-metoden og målt på laboratorium ved HiST fra prøver tatt 9.4.2013 fra prøvepunkt 2.1-2.9.(se tabell B-3 vedlegg B).

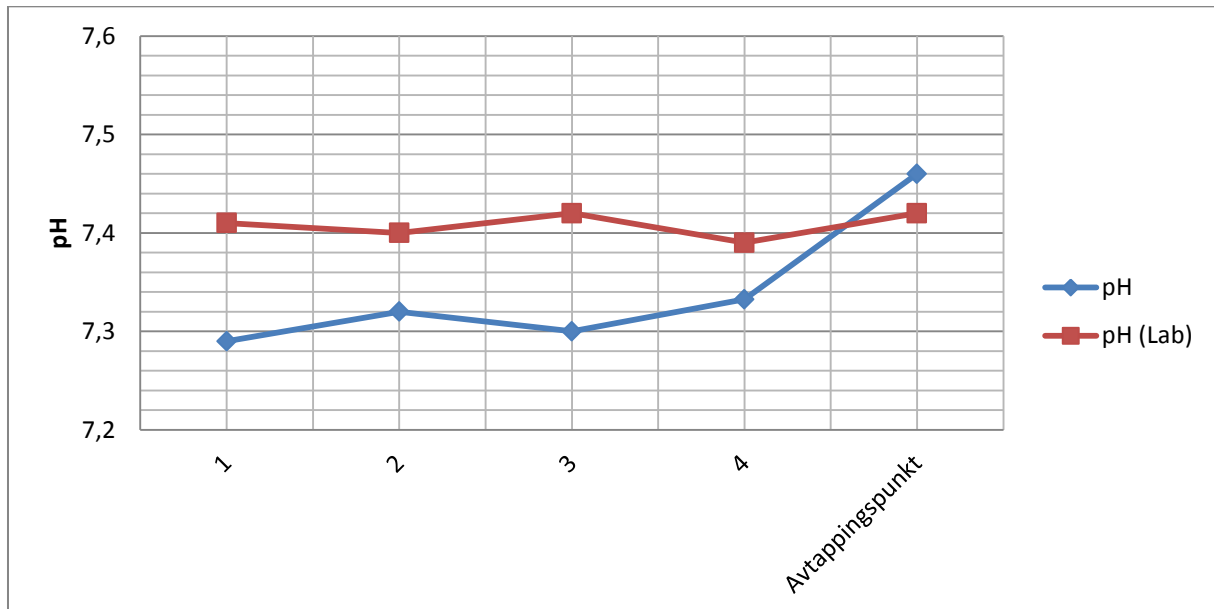


Figur 19: Grafen viser forskjell i pH målt ved DPD-metoden og målt på laboratorium ved HiST fra prøver tatt 30.4.2013 fra prøvepunkt 2.1-2.9.(se tabell C-3 vedlegg C).

Sammenlignes figur 18 med figur 19 ligger pH jevnt over litt høyere for lab enn under analyser utført av DPD-metoden. Dette gjelder samtlige punkter, med unntak av punkt 2,9 foretatt 9.4. Forskjellen i målt pH ved DPD-metoden og på laboratorium er tidvis veldig store jf. Punkt 2,1 tatt 9.4.



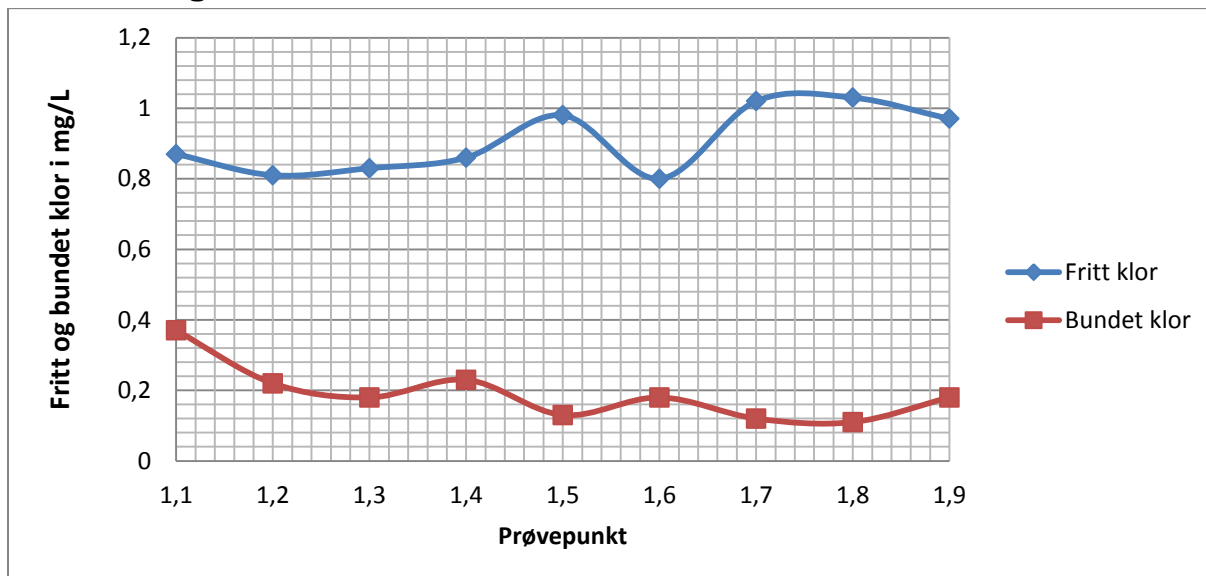
Figur 20: Grafen viser forskjell i pH målt ved DPD-metoden og målt på laboratorium ved HiST fra prøver tatt 9.4.2013 fra prøvepunkt 1-4 samt avtappingspunkt.(se tabell B-1 vedlegg B)



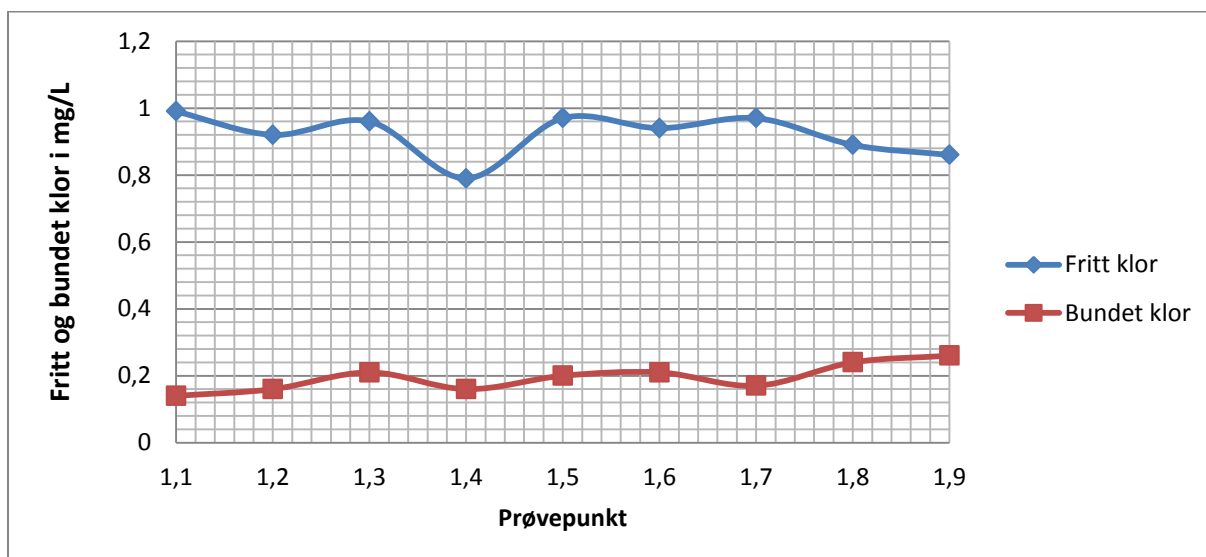
Figur 21: Grafen viser forskjell i pH målt ved DPD-metoden og målt på laboratorium ved HiST fra prøver tatt 30.4.2013 fra prøvepunkt 1-4 samt avtappingspunkt.(se tabell C-1 vedlegg C).

For figur 20 og figur 21 ligger verdien målt ved DPD-metoden stabilt, mens pH er stigende, spesielt for verdiene målt på laboratorium 9.4. Observer at avtappingspunktet har en generelt høyere verdi i begge måleseriene.

4.2.2. Fritt og bundet klor

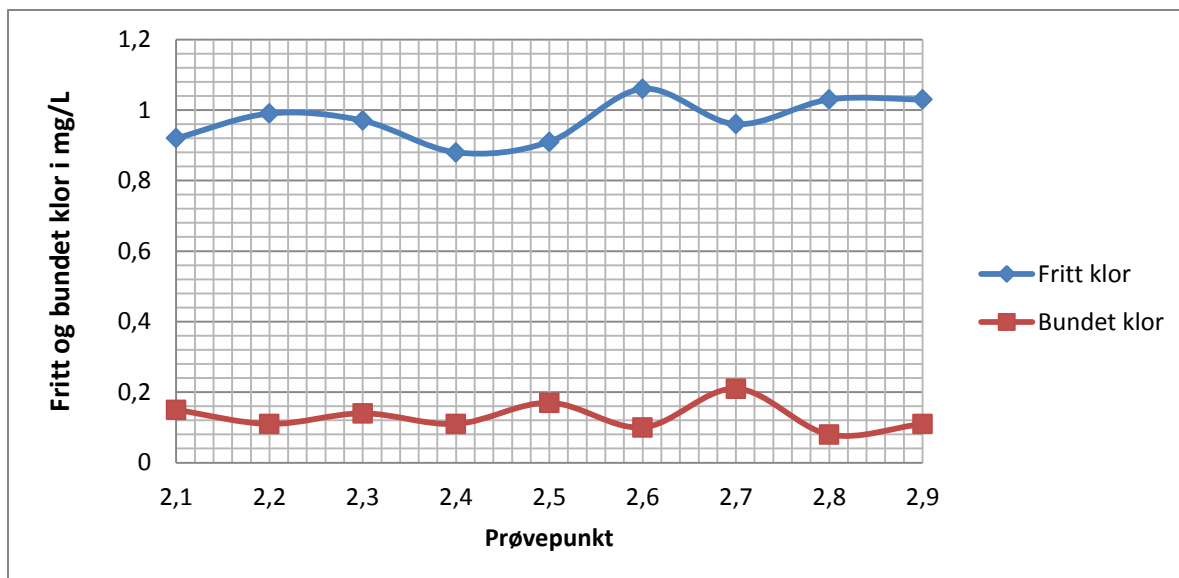


Figur 22: Grafen viser verdier av fritt og bundet klor fra prøver tatt 9.4.2013 på prøvepunkt 1.1. – 1.9. (se tabell B-2 i vedlegg B).

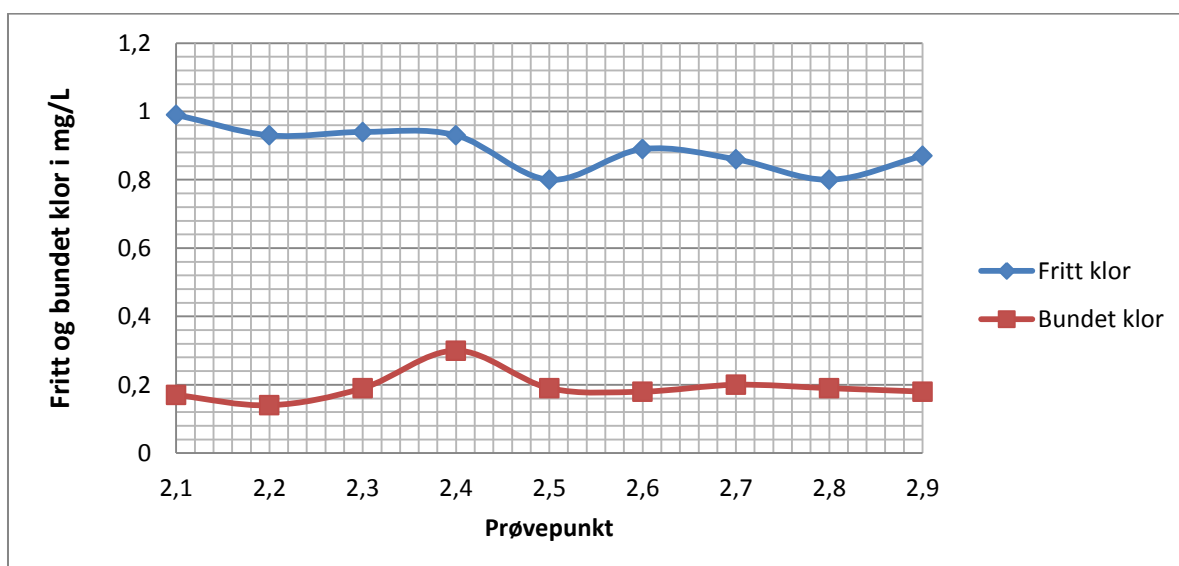


Figur 23: Grafen viser verdier av fritt og bundet klor fra prøver tatt 30.4.2013 på prøvepunkt 1.1. – 1.9. (se tabell C-2 i vedlegg C).

Figur 22, som viser verdier av fritt og bundet klor viser tydelig at bundet klor ligger under 50 % av fritt klor, samtidig som fritt klor ligger langt under maksimalt tillatte verdi for terapibasseng som er på 4 mg /L. Dette gjelder også for figur 23, hvor bundet klor ligger svært stabilt på rundt 0,2 mg /L.

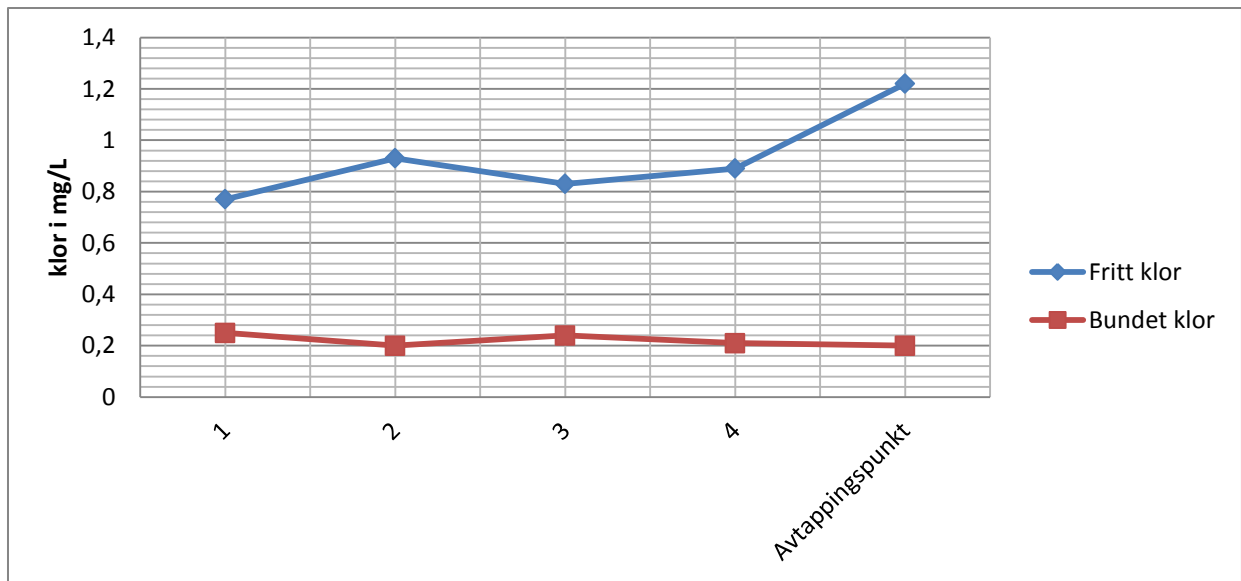


Figur 24: Grafen viser verdier av fritt og bundet klor fra prøver tatt 9.4.2013 på prøvepunkt 2.1. – 2.9. (se tabell B-3 i vedlegg B).

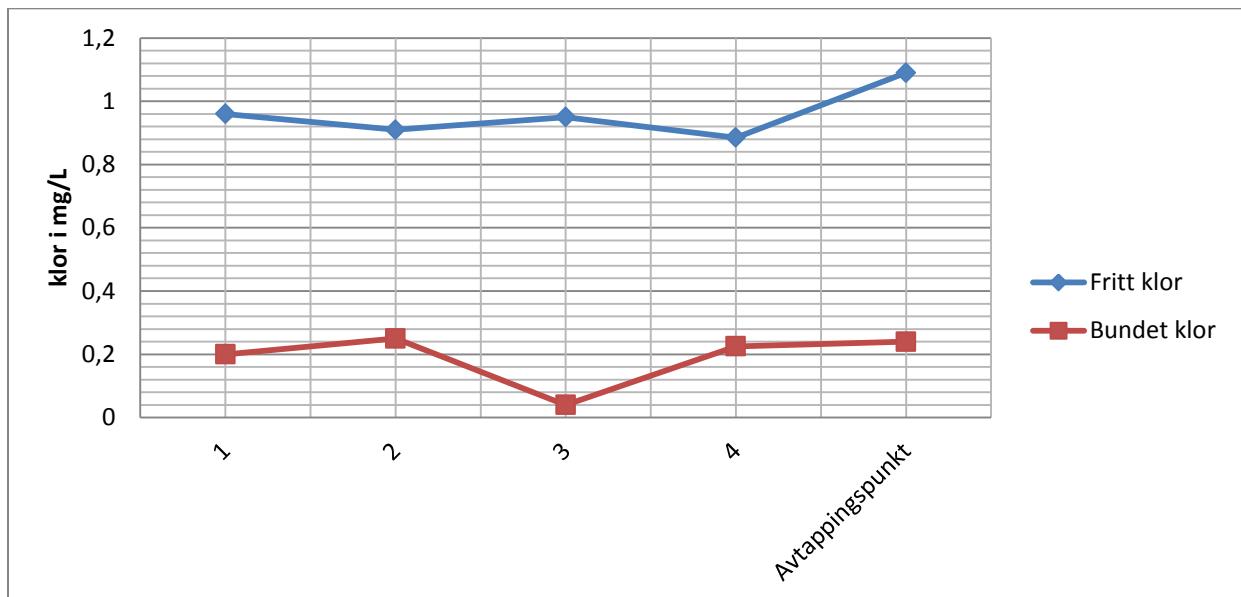


Figur 25: Grafen viser verdier av fritt og bundet klor fra prøver tatt 30.4.2013 på prøvepunkt 2.1. – 2.9. (se tabell C-3 i vedlegg C).

Av figur 24 og figur 25 vises det klart at verdien for bundet klor ligger langt lavere enn verdien for fritt klor. Sammenlignes verdiene for bundet klor i denne figuren med figur 22 og 23 kan en se at det forekommer langt mindre bundet klor 60 cm under vannoverflaten enn 30 cm under vannoverflaten.



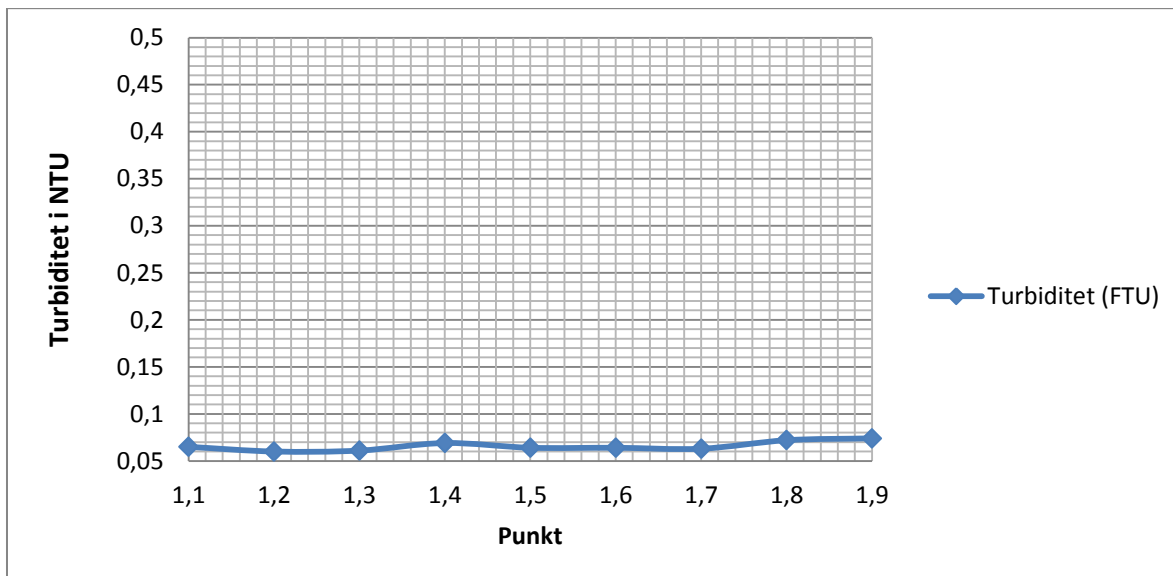
Figur 26: Grafen viser verdier av fritt og bundet klor fra prøver tatt 9.4.2013 på prøvepunkt 1-4 samt avtappingspunkt.(se tabell B-1 i vedlegg B).



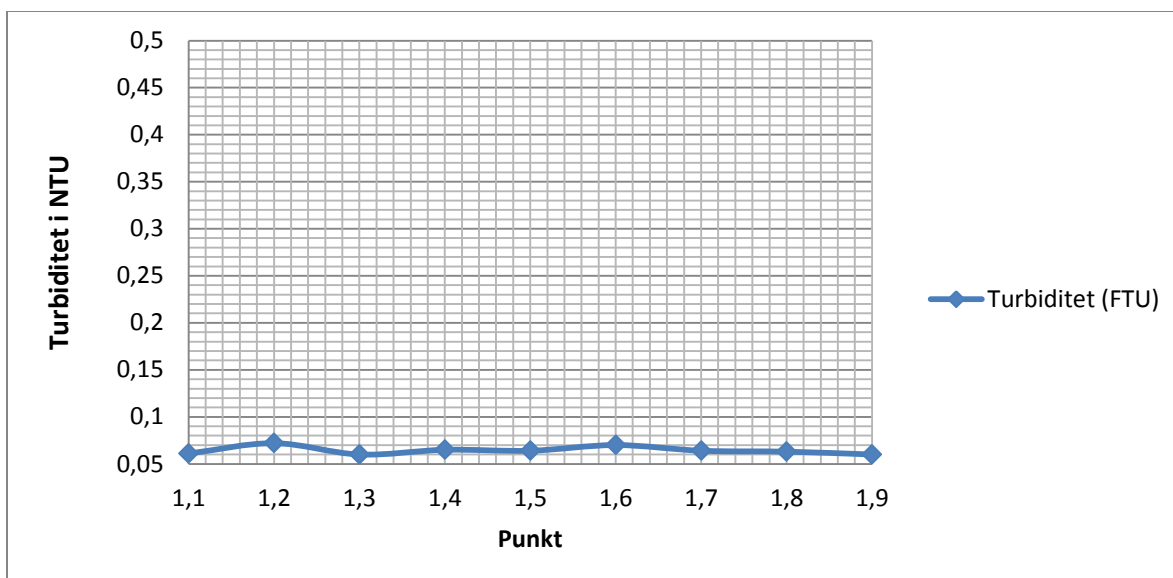
Figur 27: Grafen viser verdier av fritt og bundet klor fra prøver tatt 30.4.2013 på prøvepunkt 1-4 samt avtappingspunkt.(se tabell C-1 i vedlegg C).

I figur 26 og figur 27 vises verdier av fritt og bundet klor for punktene 1 – 4 langs rullestolrampen og prøvetakingspunktet. En merkbar forskjell er at fritt klor i prøvetakingspunktet ligger langt over verdiene i bassenget ved rampen.

4.2.3. Turbiditet

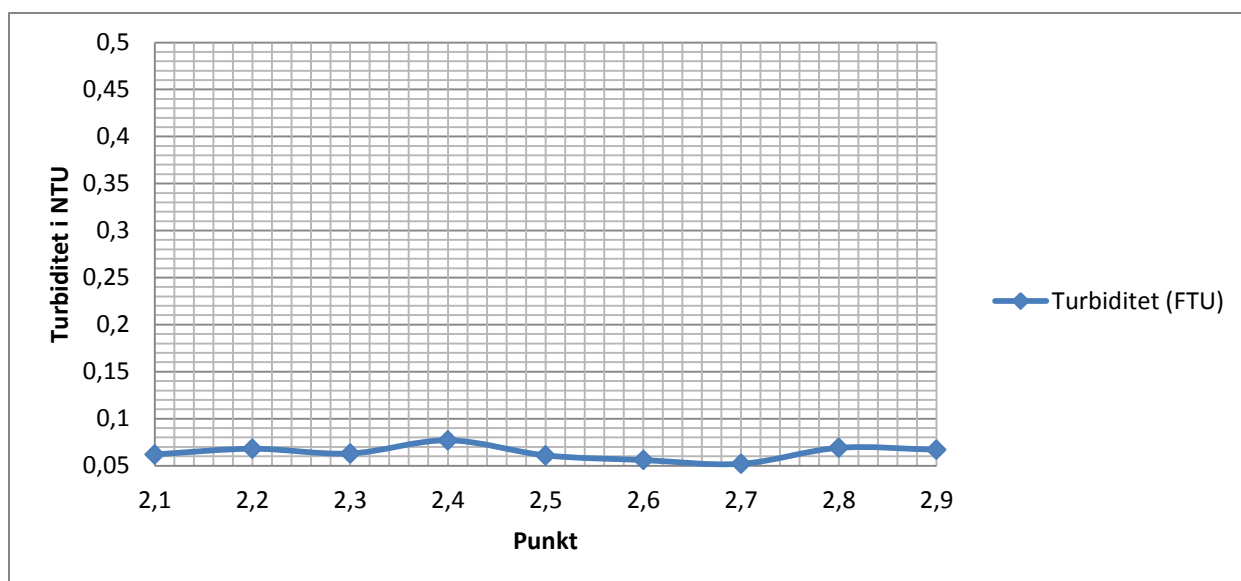


Figur 28: Grafen viser turbiditetsverdier fra prøver tatt 9.4.2013 på prøvepunkt 1.1. – 1.9. (se tabell B-2 i vedlegg B).

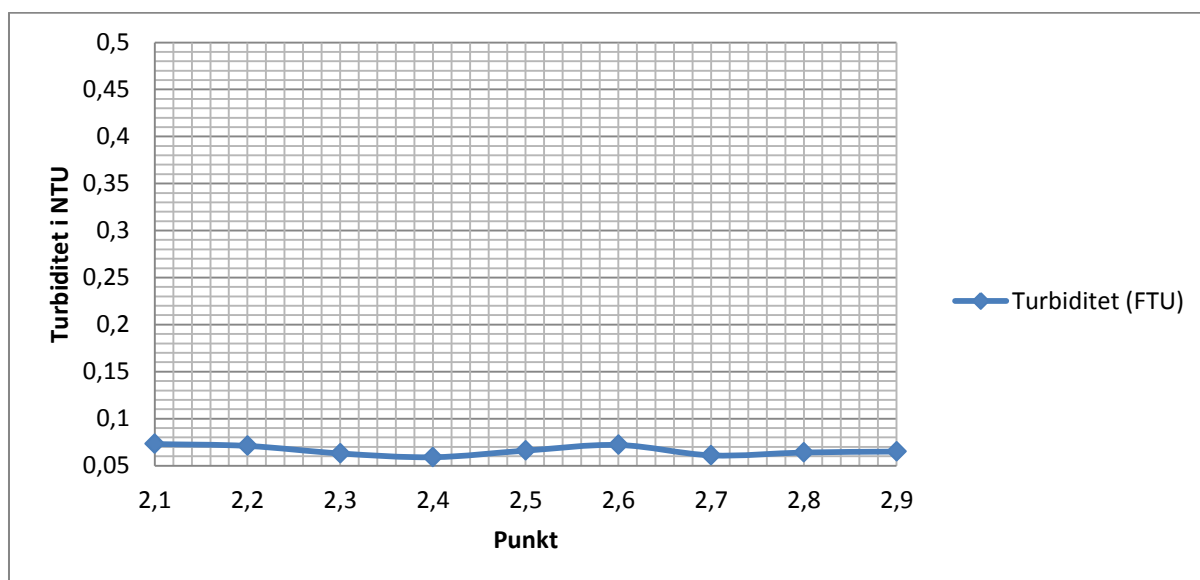


Figur 29: Grafen viser turbiditetsverdier fra prøver tatt 30.4.2013 på prøvepunkt 1.1. – 1.9. (se tabell C-2 i vedlegg C).

Turbiditetsverdiene i terapibassenget, som vises i figur 28 og figur 29 viser at turbiditeten ligger jevnt mellom 0,05 og 0,1 FTU. Den maksimale verdien for turbiditet i følge Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu er 0,5 FTU noe som illustreres som toppen av grafens y-akse.

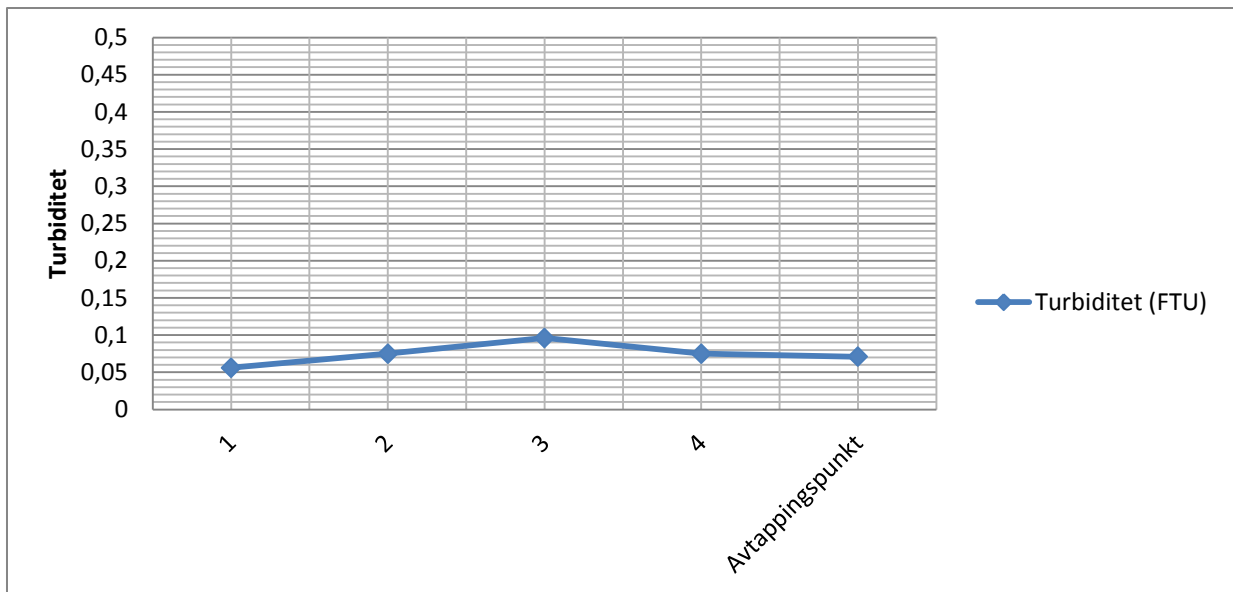


Figur 30: Grafen viser turbiditetsverdier fra prøver tatt 9.4.2013 på prøvepunkt 2.1. – 2.9.(se tabell B-3 i vedlegg B).

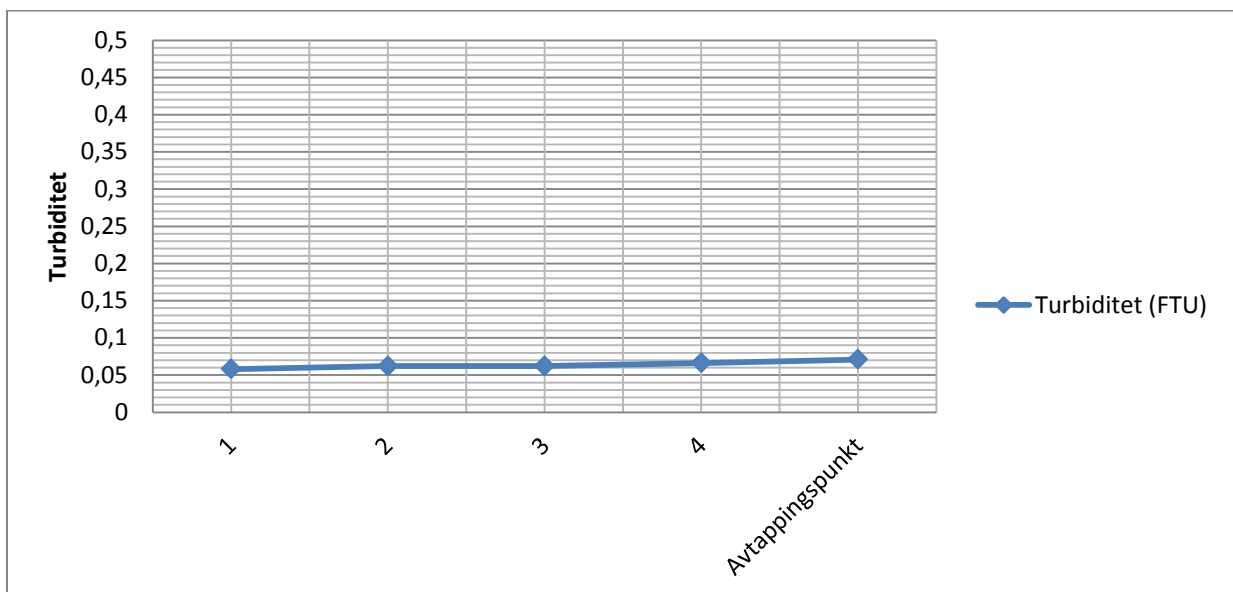


Figur 31: Grafen viser turbiditetsverdier fra prøver tatt 30.4.2013 på prøvepunkt 2.1. – 2.9.(se tabell C-3 i vedlegg C).

For laget 60 cm under bassengoverflaten gitt av figur 30 og figur 31 ligger verdiene tydelig mellom 0,05 og 0,1 FTU. Sammenlignes verdiene med figur 28 og figur 29 tyder mye på at bassengets turbiditet er meget jevn.



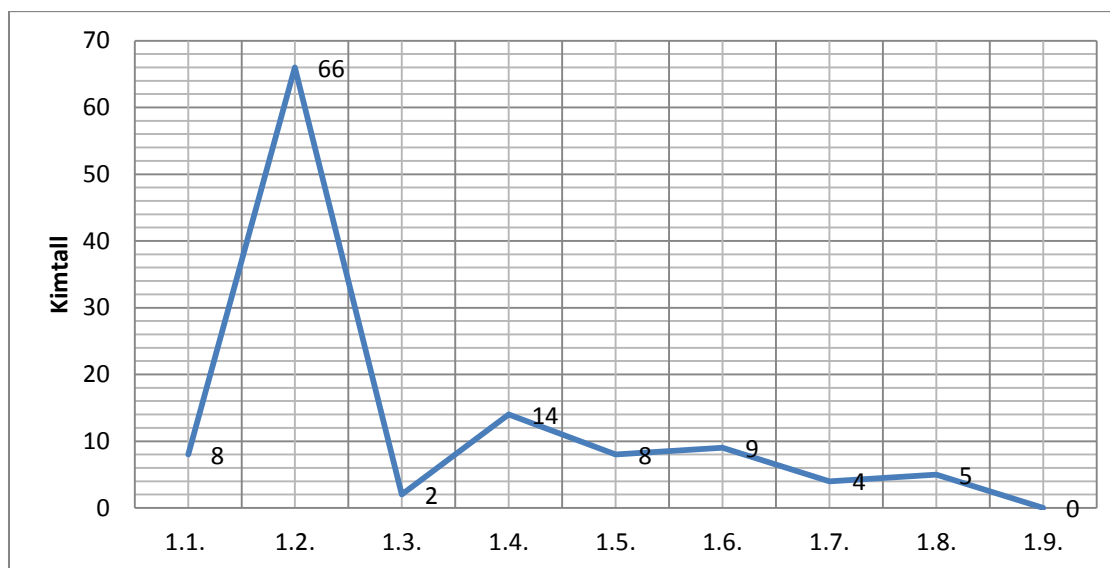
Figur 32: Grafen viser turbiditetsverdier fra prøver tatt 9.4.2013 på prøvepunkt 1-4 samt avtappingspunkt.(se tabell B-1 i vedlegg B).



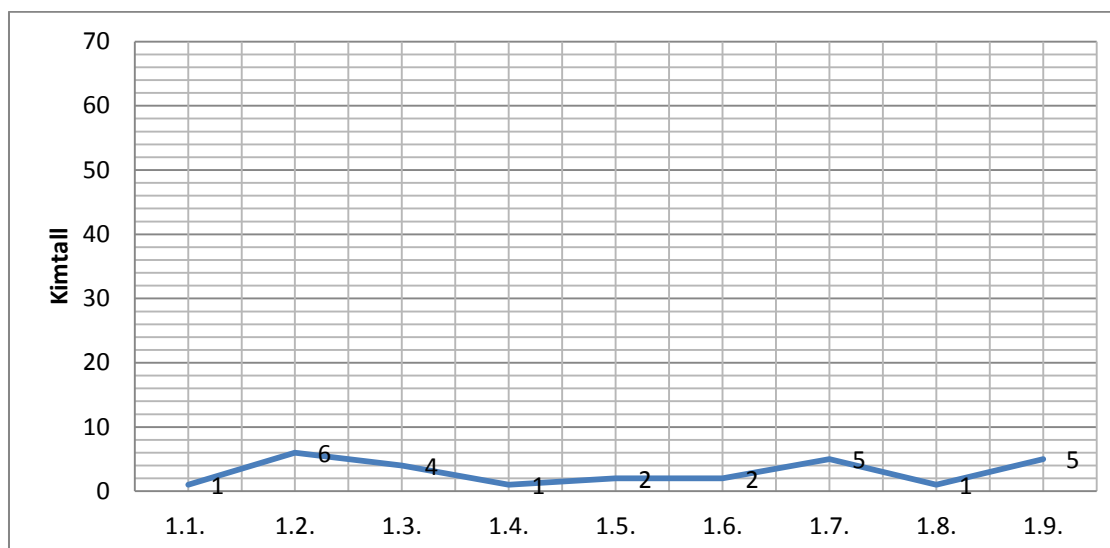
Figur 33: Grafen viser turbiditetsverdier fra prøver tatt 30.4.2013 på prøvepunkt 1-4 samt avtappingspunkt.(se tabell C-1 i vedlegg C).

For figur 32 og figur 33 ligger verdiene for turbiditet mellom 0,05 og 0,1 FTU, altså meget stabilt og i samsvar med figur 28,29,30 og 31. Prøvepunktet har ikke noen større avvik i turbiditet i forhold til resten av punktene i bassenget.

4.2.4. Kimtall

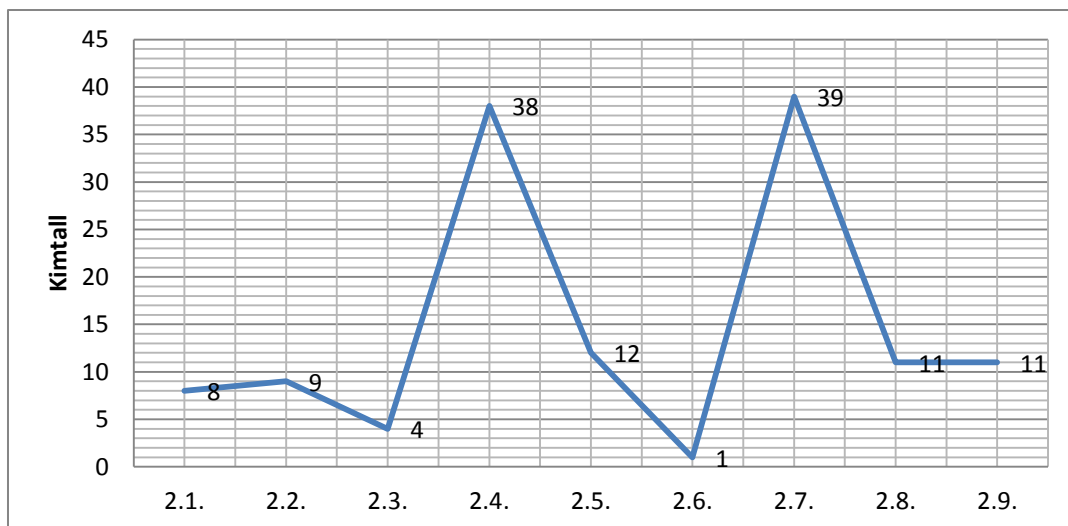


Figur 34: Grafen viser kimtall fra prøver tatt 9.4.2013 fra prøvepunkt 1.1. - 1.9. (se tabell D-1 i vedlegg D).



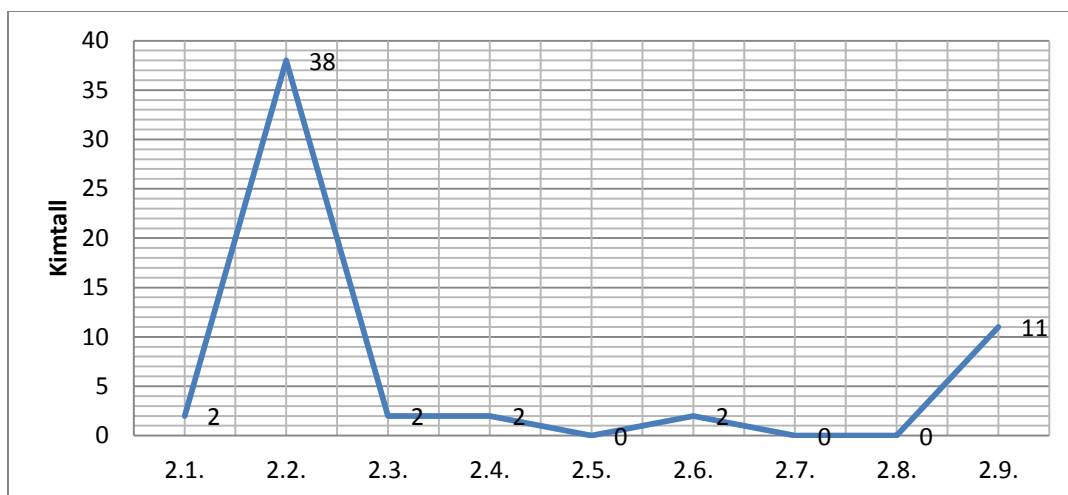
Figur 35: Grafen viser kimtall fra prøver tatt 30.4.2013 fra prøvepunkt 1.1. - 1.9. (se tabell D-2 i vedlegg D).

Som grafen i figur 34 viser ble det påvist for høyt kimtall på 2 av punktene (1.2. og 1.4.). For figur 35 viser grafen at ingen prøvepunkt har et for høyt kimtall, og holder seg innenfor verdiene oppgitt i tabell 3.



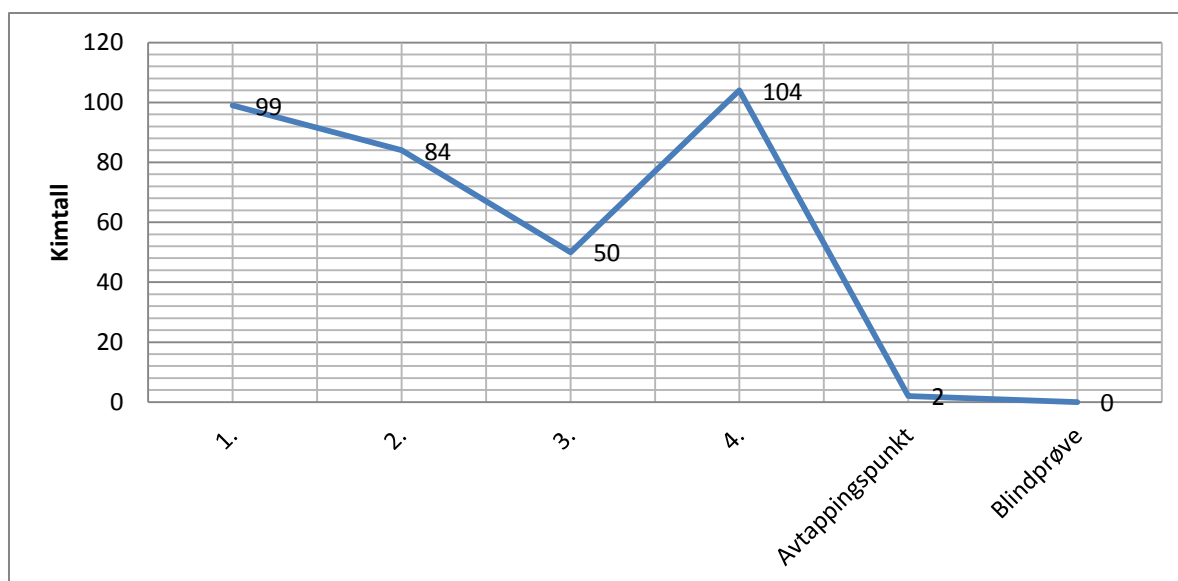
Figur 36: Grafen viser kimtall fra prøver tatt 9.4.2013 fra prøvepunkt 2.1. - 2.9. (se tabell D-1 i vedlegg D).

Grafen til figur 36 viser at det foreligger for høye kimtallsverdier på hele 5 av de 9 punktene. Se figur 12 for å orientere hvor i bassenget de aktuelle punktene ligger.



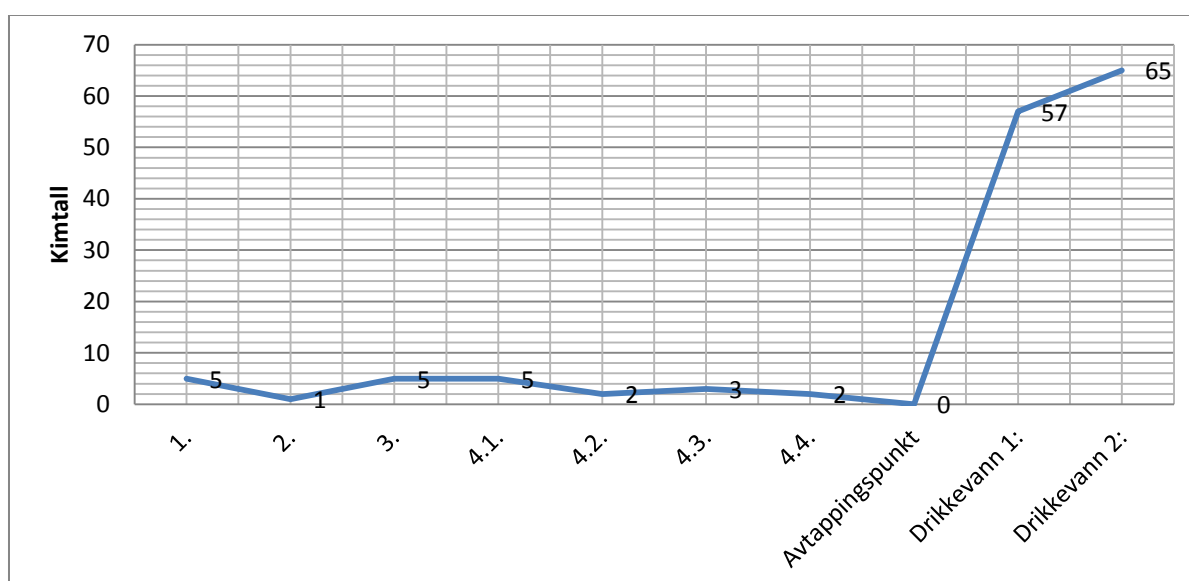
Figur 37: Grafen viser kimtall fra prøver tatt 30.4.2013 fra prøvepunkt 2.1. - 2.9. (se tabell D-2 i vedlegg D).

I figur 37 viser grafen at 2 av de 9 punktene hadde et for høyt kimtall jamfør forskriften.



Figur 38: Grafen viser kimtall fra prøver tatt 9.4.2013 fra prøvepunkt 1-4 samt avtappingspunkt og blindprøve (se tabell D-1 i vedlegg D).

Av figur 38 ser man at det ble påvist for høyt kimtall på alle prøvepunktene som ligger rundt rullestolrampen. Prøvepunktet hadde kun et kimtall på 2 pr. ml, men blindprøven viste null slik den burde.



Figur 39: Grafen viser kimtall fra prøver tatt 30.4.2013 fra prøvepunkt 1-4 samt avtappingspunkt og springvann (se tabell D-2 i vedlegg D).

I figur 39 viser grafen at ingen prøvepunkt hadde for høyt kimtall jamfør forskriften. Den viser også fire paralleller fra prøvepunkt 4. Det er tatt med to paralleller fra drikkevann for sammenligning, hentet fra springen ved laboratoriet ved HiST.

5. Diskusjon

5.1. Evaluering av webanalyse

Resultatene fra web-analysen avviker lite fra de manuelle analysene. Det synes klart en tendens til at web-analysen viser et litt høyere innhold av fritt klor. Dette kan skyldes at noe klor går over til luft under tapping fra prøvepunktet. Det er en høy temperatur i lokalet hvor prøvetakingen foretas, under begge måleseriene lå denne på 30 °C. Siden klor er en flyktig komponent er det derfor ikke utenkelig at noe klor har fordampet under avtappingen.[2] Dette vil ikke skje med web-analysen da analyseringen finner sted i en lukket krets. Hvis dette er tilfelle vil web-analysen vise et mer riktig resultat enn hva de manuelle analysene vil gjøre.

Prøveglassene som benyttes til de manuelle analysene har en strek som viser hvor nivået på vannet skal ligge for at glasset skal inneholde 10 ml. Dette er et punkt hvor det lett kan skje feil som medfører at målingene blir unøyaktige. Apparatet som analyserer skal detektere en fargeforskjell før og etter en tablett er løst i vannet, korreksjonen av resultatet er derfor helt avhengig av et riktig volum. Apparatet viser en pH som er særdeles lik den fra de manuelle analysene. I denne analysen er det også en usikkerhet i de manuelle målingene da det er fargeforskjellen som detekteres. Igjen er det viktig å påse at volumet på 10 ml er nøyaktig målt ut.

En webanalyse må muligens kalibreres ukentlig. Dette er lite arbeid i forhold til å utføre manuelle analyser flere ganger daglig. Hvis man kan redusere eller eliminere de manuelle analysene vil man friggi mye tid for ansatte. Dersom prøvetakingen kan utføres av automatiserte analyseapparat kan også økonomiske ressurser spares som vist i tabell 6.

Tabell 6: Tabellen viser beregninger på analysekostnader for badeanlegg med to separate sirkulasjonssystem. Det er tatt utgangspunkt i 320 driftsdøgn pr. år.

Beregningsskjema for analysekostnader:				
Materiell:	stk. pr. dag	Stykkpris	Total utgift pr. dag	Total utgift pr. år
DPD 1	kr 8,00	kr 1,74	kr 13,92	kr 4 454,40
DPD 3	kr 8,00	kr 1,74	kr 13,92	kr 4 454,40
Fenolrød	kr 8,00	kr 1,91	kr 15,28	kr 4 889,60
Ansatteutgifter:				
Timelønn			kr 160,00	kr 51 200,00
Sosiale kostnader			kr 80,00	kr 25 600,00
Totale utgifter:			kr 283,12	kr 90 598,40

Resultatene tyder på at det er større sjanser for feil ved gjennomføring av de manuelle analysene ettersom flere feilkilder kan oppstå i prosessen. Feilkildene som bør nevnes er potensiell kloravdamping fra vannet, unøyaktig oppmåling av volum i prøveglass til DPD samt renhet av prøveglass og stav for å knuse tabletter. På referansebadet er

avtappingspunktet til terapibadet ganske langt unna analysestasjonen. Det vil si at alle vannprøver må fraktes gjennom korridorer frem til analysestasjonen med en risiko for kloravdamping. I referansebadets terapibasseng i Korgen var det lagt opp rør slik at prøvestasjonene fra både badebasseng og terapibasseng var samlet rett ved analysestasjonen. Man kan gå ut fra at en slik løsning gir mindre feilkilder under prøvetaking.

5.2. Evaluering av prøvepunkter

I de bakterielle analysene ble det påvist for store kimtall på flere punkter rundt om i bassenget ved den første måleserien. Dette kan tyde på at de eksterne kontrollprøvene bør tas direkte fra bassenget. På prøvepunktene 1-4 ble det bestemt et kimtall på opp til 104 pr. ml. Dette er over ti ganger høyere enn det som er tillatt i følge Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu.[1] Et annet interessant poeng er at prøven tatt fra bassengets eget avtappingspunkt kun hadde et kimtall på 2 pr. ml. Dette kan i praksis bety at badeanlegget konstant har for høyt kimtall rundt i bassenget, men at det aldri påvises da det kun foretas prøver på avtappingspunktet. Det er rimelig å tro at det generelt er mindre bakterier i vannet etter at det er nådd avtappingspunktet enn hva som er tilfelle i bassenget. Vannet har vært lengre i kontakt med frie kloratomer før det når avtappingspunktet, og har dermed blitt desinfisert over en lengre periode. Å foreta prøven etter en viss kontakttid er det samme prinsippet som ligger til grunn i Drikkevannsforskriften.[5] Troverdigheten til disse resultatene økes av at blindprøvens kimtallsverdi var null, noe som også var forventet. Dette tyder på at det ikke var kontaminering i prøvene. Sirkulasjonsmengden vil spille en rolle på disse analysene, da økt sirkulasjonsmengde vil gi høyere andel fritt klor. Jo høyere andel fritt klor jo mer vil vannet desinfiseres. Prøvene ble tatt med en belastning på ca. 15 badende.

Siden resultatene ikke er signifikante (med kun én parallell på hvert prøvepunkt) ble det tatt analyser på de samme prøvepunktene en gang til. Denne gangen ble det tatt fire paralleller fra prøvepunkt 4. Alle prøvene ble tatt på samme tid av døgnet med tilsvarende belastning i bassenget. Ved andre måleserie ble resultatet av prøvene langt lavere og innenfor forskriftens tillatte verdier. I denne måleserien var det kun ett prøvepunkt som hadde for høyt kimtall.

På prøvepunktene rundt rampen (1-4) var det høyeste kimtallet i andre måleserie på 6 pr. ml mot 104 pr. ml ved første måleserie. Metoden var nøyaktig den samme, og heller ikke denne gangen var det tegn til kontaminering da blindprøven hadde et kimtall på null. Mye tyder på at vannkvaliteten er meget uforutsigbar i basseng. Det kan være store variasjoner på kun få minutter. Felles for begge analyserundene var at det laveste kimtallet ble funnet i prøven tatt fra basseng-anleggets eget avtappingspunkt. En mulighet er at rutinene evalueres og eventuelt endres slik at prøvene tas direkte fra bassenget, og under en viss belastning.

Verdt å merke seg er prinsippet med kontakttid som følges i Drikkevannsforskriften.[5] I denne forskriften måles verdiene etter en kontakttid på 30 minutter, og må da inneholde 0,05 mg Cl₂/L. Prinsippet rundt kontakttid blir i teorien ikke lagt vekt på i Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu. Den blir allikevel implementert i praksis ved at det tar tid for vannet å strømme igjennom anlegget til prøvetakingspunktet. På denne tiden reduseres mengden

mikroorganismer i vannet merkbart jamfør verdiene presentert i resultater. NBTF[2] skriver om klors kontakttid

«Klorets virkning på bakterier i rent vann er mer effektiv jo lavere pH-verdien er. Kontakttid på 10-20 minutter regnes som tilstrekkelig for en restklormengde ($\text{HClO} + \text{ClO}^-$) fra 0,2 -0,3 mg/l. Ved pH 7 er de fleste bakterier døde innen 15 – 30 sekunder.»

Her bør det vurderes å gjennomføre en beregning på faktisk kontakttid ved prøvetakingspunktet under ulike driftssituasjoner.

Det foreligger et valg om å akseptere kontakttid som en praksis for vannprøvetaking. Alternativet er en endring i metodikken for prøvetakingen for de mikrobiologiske parameterne. Sistnevnte vil medføre at mikrobiologiske analyser må utføres med prøvepunkt i selve badebassenget. Dette vil sannsynligvis medføre et annet virkelighetsbilde av badebassengets vannkvalitet. En mulig følge av dette kan være at forskriften må endres slik at det må tillates andre verdier for de ulike parameterne. Resultatene for kimtall tyder på at de verdier som foreligger i forskriften pr. i dag med all sannsynlighet vil overgå.

Dersom det er ønskelig å få verdiene for mikrobiologiske parametre i bassenget raskt under det akseptable nivået må klormengden økes. Dette blir i konflikt med at en lavest mulig verdi for klor er ønskelig i et folkehelseperspektiv. Desto høyere temperatur bassenget holder, desto større blir tilsatsen av klor jamfør tabell 2. For basseng med høy temperatur slik som terapibassenget blir effektene merkbare. Følgene av et slikt tiltak vil kunne medføre økt klorforbruk grunnet reaksjonshastigheter. En økt temperatur gir også større fordampning av kloraminer og THM.[2] Dette kan begrenses ved økt sirkulasjon av bassengvann som også medfører en fortynning av DBP. Den økte sirkulasjonen vil medføre høyere energikostnader.

Hvorvidt det er tilstrekkelig å ta en ekstern analyse én gang per måned blir et emne for videre diskusjon. Ettersom kravene er veldig strenge i dagens forordning kan praksisen sannsynligvis forsvares. Dette med argument om at et basseng som klarer å holde seg innenfor forskriftens verdier er velholdt. Kimtallskravet er mye strengere for bassengvann enn hva det er for drikkevann. I Drikkevannsforskriften[5] står det at hvis et kimtall på over 100 /ml detekteres skal årsak kartlegges, mens kravet for bassengvann er at kimtall ikke skal overskride 10 /ml. På analysene utført på drikkevannet ble det påvist et høyere kimtall og en høyere turbiditet enn på samtlige prøvepunkt i bassenget. Se tabell B-1 – B-3 og C-1 – C-3 i vedlegg B og C. Analysene ble tatt under forhold i nærheten av maksbelastning for bassenget.

I en vanlig driftssituasjon er det dessverre slik at mange ikke dusjer, og at dusjing og bading blir gjennomført med undertøy under badetøyet. Dette medfører økt forurensing i bassenget. Mangelfull hygiene påvirker badevannets kvalitet. Tiltak mot dette blir gjentatte ganger påpekt som det aller viktigste for god bassenghygiene.[3]

For prøvene tatt med hensyn på *Pseudomonas aeruginosa* ble det funnet en potensiell koloni. Det ble ikke konkludert med sikkerhet at dette var en koloni av arten *Pseudomonas aeruginosa* da videre analyser ikke ble foretatt grunnet manglende utstyr. Det kan ikke utelukkes at det var *Pseudomonas aeruginosa* som ble observert da kolonien var

fluorescerende under UV-belysning. Dette er første steg i artsbestemmelse av *Pseudomonas aeruginosa*. [23] En mulig løsning for å forhindre oppblomstring kan være hyppigere bruk av UV-filter. Det er allikevel ikke sikkert at dette tiltaket vil ha noen betydning, da vannet allerede vil være transportert gjennom anlegget og bakteriene er fjernet grunnet lengre kontaktid med klor. Dette er et stort tema og må eventuelt vurderes i et eget prosjekt.

For turbiditet virker det som at prøvepunkt har liten eller ingen betydning. Her krever Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu [1] at turbiditeten skal ligge lavere enn 0,5 FTU. I analyseresultatene fra samtlige prøvepunkt ligger turbiditeten under 0,1 FTU. Dette er også en parameter som det kun testes for på den eksterne kontrollen en gang per måned. Dette virker som en tilstrekkelig frekvens da resultatene var veldig bra selv under stor belastning. Til sammenlikning ble det målt turbiditet på ionebyttest vann, som viste seg å inneha en høyere turbiditet enn de fleste av prøvepunktene i referansebassenget. Dette tyder på en svært god vannkvalitet i bassenget, og en sterkt fungerende filtrering. Det ble også gjort analyser ved neste prøverunde uten nevneverdige forandringer eller variasjoner.

Når det gjelder pH viste det seg at prøvepunkt har liten eller ingen betydning. Kravet om at pH skal ligge mellom 7,2 og 7,6 er innfridd på samtlige prøvepunkt. Det ble kjørt analyser på to ulike apparater. DPD-apparatet ved Husebybadet viste jevnt over en lavere pH enn hva som ble funnet på laboratoriet ved HiST. Differansen var da så liten at det ikke er grunn til å iverksette noen form for tiltak. Analysene på pH ble i dette forsøket utført på tre ulike måter; ved DPD-analyse, ved analyse på pH-meter og ved web-analysen ved Husebybadet. Alle tre metodene ser ut til å være særdeles samstemte. Det kan se ut til at rutinene rundt denne parameteren er god nok til å ivareta kravet som stilles i forskriften. Web-analysen viser seg å være særdeles stabil på denne parameteren. Et spørsmål som oppstår er om det i det hele tatt er hensiktsmessig å ta manuelle prøver ettersom de manuelle prøvene er både kostbare og tidkrevende.

Fritt og bundet klor ligger også stabilt uavhengig av prøvepunkt. For begge måleseriene foreligger verdiene innenfor de oppgitte grensene, som for terapibadet på 32 °C er $0,7 > \text{mg Cl}_2/\text{L} > 4$. Den digitale loggen for måleserien tatt i 12 timer rundt tidspunktet for prøvetaking, fra 06:00 til 18:00 og viser en minimumsverdi på 0,8 mg Cl_2/L og en maksimumsverdi på 1,5 mg Cl_2/L . Dette er gode verdier og de tilpasses til belastningen på bassenget. En overdreven bruk av klor er ikke ønskelig for folkehelsen, og en gjennomsnittsverdi på 1,3 mg Cl_2/L i de 12 aktuelle timene er en lav og god verdi med tanke på de helsemessige konsekvensene klor kan utgjøre.

5.3. Forskjellen i parameterverdier mellom vannverk og basseng

Sammenlignes Drikkevannsforskriften [5] med Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu [1] foreligger det flere likhetstrekk mellom forskriftene. Begge stiller klare krav til eier av anlegget om at driften er forsvarlig gjennomført. Den godkjennende myndigheten er dog forskjellig da vannverk rapporterer til Mattilsynet og basseng rapporterer til den enkelte kommune. Dette kan medføre forskjeller mellom oppfølgingen bassengene får, da praksis kan variere fra kommune til kommune. Vannkvalitetskravene i vannverket og bassenget er noenlunde like, med unntak som vist i tabell 4.

Som vist av tabell 4 er kravene til bassengvann lavere på samtlige punkter med unntak av *Pseudomonas aeruginosa* som for begge utvises nulltoleranse på. Særlig merkbar er overgangen for kimtall og fargetall, som reduseres kraftig for bassengvann sammenlignet med drikkevann. Forskjellen i ordlyd i forskriftene er tydelig. § 12 i Drikkevannsforskriften[5] slår fast at:

«Drikkevann skal, når det leveres til mottakeren jmfør§5, være hygienisk betryggende, klart og uten fremtredende lukt, smak eller farge.»

For Forskrift for badeanlegg, bassengbad, badstu[1] blir det i § 16 vist til at:

«Vannet i bassengbad skal være hygienisk tilfredsstillende. Vannet skal være klart, uten farge og innbydende til bading. Bunnen skal kunne sees tydelig i alle deler av bassengbadet.»

Et siste kritisk punkt hvor de to forskriftene varierer er ved prøvetakingsfrekvensen. For vannverk er denne fastslått avhengig av personer som er mottakere av drikkevannet. Det skilles også mellom nettkontroller, enkel rutinekontroll og utvidet rutinekontroll. Nettkontroller og enkle rutinekontroller tar utgangspunkt i sensoriske parametere (farge, lukt, smak og turbiditet) og mikrobiologiske parametere (*Clostridium perfringens*, *E. coli*, Intestiale enterokokker, kimtall ved 22 °C samt koliforme bakterier). Denne oppdelingen mellom kjemisk og mikrobiologisk analyse blir også benyttet ved analyser av badevann. Da er parameterne for mikrobiologisk analyse de som står opplyst i tabell 3.

En utvidet rutinekontroll tar utgangspunkt i de parametere nevnt i tabell 3 samt en rekke grunnstoffer, organiske og uorganiske forbindelser. Dette gjelder kun dersom eieren av vannverket ikke kan dokumentere at det er helt usannsynlig at stoffets forekomst er over grenseverdien.

For bassengvann er prøvetakingsfrekvensen fastsatt igjennom § 17 i Forskrift for badeanlegg, bassengbad og badstu:[1]

Analyser og prøvetakingsfrekvens.

«Når klor (hypokloritt) brukes som desinfeksjonsmiddel, skal det med jevne mellomrom tas prøver av fritt og bundet klor. For bassengbad der belastningen er høy bør det minimum tas 4 prøver pr. dag, og prøve bør tas hver tredje time når anlegget er i bruk. Måling av fritt klor skal skje ved utløpet av bassenget før filtrering og før tilsats av ny klor.»

I forskriften for badeanlegg, bassengbad, badstu er ikke begrepet høy belastning definert. Antas det en brukstid på 12 timer hver dag betyr dette at bassenget overvåkes minimum hver 3 time i bassenganlegget.

Som vist i tabell 4 er det strengere krav til bassengvann enn drikkevann på flere punkter. Prøvemethodikken er i stor grad den samme, delt inn i en del for mikrobiologisk analyse og en del for kjemisk analyse. Sammenlignes prøvetakingsfrekvensene er antallet analyser utført i løpet av et år langt flere for badeanlegg enn for vannverk.

Forslag til videre arbeid:

- Et prosjekt med webovervåkning hvor alle resultater lagres online, både fra interne og eksterne analyser.
- Er UV-filtrering hensiktsmessig i forhold til utgiftene en slik installasjon og drift vil medføre?
- Dersom webanalyse skal erstatte dagens prøvetakingsmetode hvor ofte bør denne kalibreres?
- Hva ansees som tilstrekkelig kontakttid for klor til å gi tilstrekkelig desinfisering, bør denne tilpasses driftssituasjonen?

6. Konklusjon

Med de resultater som ble funnet i denne oppgaven tyder mye på at et velfungerende web-overvåkningssystem kan erstatte dagens prøvetakingsrutiner. Resultater tyder på at det finnes færre feilkilder for web-analysen enn for manuelle analyser og at dette resulterer i en tryggere verdi. En hyppigere kalibrering av web-analysen kan som forsikring også gjennomføres. For kalibrering kan et intervall på en gang hver uke være nok til å forsikre seg om at web-overvåkningen er korrekt.

Parameterne som overvåkes i forhold til dagens forskrifter er tilstrekkelige. Det foreslås at fargetall og KOF ikke blir vektlagt analysert i ekstern kontroll så lenge turbiditetsverdien er under det tillatte nivået.

De mikrobakterielle parameterne viser seg å ha høyere verdier på prøver tatt direkte fra basseng under belastning. For å få et mest mulig nøyaktig bilde av hva badende er i kontakt med anbefales det at prøvene tas direkte fra bassenget på et tidspunkt der belastningen er på sitt største.

Referanseliste

1. www.lovdata.no. Forskrift for badeanlegg, bassenbad og badstu m.v. . 2013 [cited 2013 15.04.]; Available from: <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19960613-0592.html>.
2. (NBTF), N.B.T.F., *Retningslinjer for vannbehandling i offentlige bassengbad*. 2000.
3. Liltved, H., Vogelsang, C. , Iversen, E., Efraimsen, H., *Vannkvalitet og vann - behandling i bade- og svømmeanlegg*. Norsk Institutt for Vannforskning (NIVA), 2001.
4. Folkehelseinstitutt, N. *Vannforsyningens ABC*.
5. www.lovdata.no. Forskrift om vannforsyning og drikkevann (Drikkevannsforskriften) 2012 [cited 2013 15.04.]; Available from: <http://www.lovdata.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20011204-1372.html>.
6. Socialstyrelsen. *Socialstyrelsens allmänna råd om bassängbad*. 2004 [cited 2013 19.04.]; Available from: <http://www.socialstyrelsen.se/sosfs/2004-7>.
7. Socialstyrelsen. *Bassängbad – Hälsorisker, regler och skötsel*. 2006 [cited 2013 19.04.]; Available from: <http://www.socialstyrelsen.se/publikationer2006/2006-101-1>.
8. www.retsinformation.dk. *Bekendtgørelse om svømmebadsanlæg m.v. og disses vandkvalitet*. [cited 2013 22.04.].
9. Naturstyrelsen, M. *Kontrol med svømmebade* 2012 [cited 2013 18.04.]; Available from: <http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/9C7FC4FD-1F21-4D8B-B7A4-CB5602E1C6C0/144038/Svmmebadsvejledning.pdf>.
10. Naturstyrelsen, M. *Vejledning om kontrol med svømmebade*. 2013 [cited 2013 18.04.]; Available from: http://www.naturstyrelsen.dk/NR/rdonlyres/E172CBE6-E5AD-4D68-AE2B-22AD67DBBE67/0/vejledning_kontro_svoemmebade_942013.pdf.
11. Marie Deborde, U.v.G., *Reactions of chlorine with inorganic and organic compounds during water treatment—Kinetics and mechanisms: A critical review*. Water Research, 2008. **42**(1-2).
12. Standard Norge, ISO 7027: *Vannundersøkelse - Bestemmelse av turbiditet*, 1999: www.standard.no.
13. Folkehelseinstitutt, N., *Tema: Badevann*, 17.03.2013, www.fhi.no.
14. Tønjum, T. *Pseudomonas*. 2013 [cited 2013 21.04.]; Available from: *Pseudomonas* (Store medisinske leksikon). (28.02.2013) I Store norske leksikon. Hentet fra: http://snl.no/sml_artikkel/Pseudomonas.
15. Kerr, K.G., Snelling, A. M., *Pseudomonas aeruginosa: a formidable and ever-present adversary*. Journal of Hospital Infection, 2009. **73**(4).
16. Amen Allah Messadia, T.L., Bousselmi Kamela, Oueslati Salimaa, Memmi Moniaa, Ben Redjeb Saidab, *Association between antibiotic use and changes in susceptibility patterns of Pseudomonas aeruginosa in an intensive care burn unit: A 5-year study, 2000–2004*. Burns, 2008. **34**(8).
17. Standard Norge, NS-EN ISO 6222 *Vannundersøkelse: Bestemmelse av dyrkbare mikroorganismer (kimtall) - Kolonitelling ved innstøpning i næringsagarmedium* 1999: www.standard.no.
18. World Health Organization, *Heterotrophic plate counts and drinking-water safety: The significance of HPCs for water quality and the human health*. 2003 [cited 2013 20.04.]; Available from: http://www.who.int/water_sanitation_health/dwq/hpc/en/.

19. *Muggsoppen Fusarium solani funnet i biofilm i klorbasseng*. Veterinærinstituttet 2008 [cited 2013 18.04.]; Available from: <http://www.vetinst.no/Nyheter/Muggsoppen-Fusarium-solani-funnet-i-biofilm-i-klorbasseng>.
20. *Karolinska Institutet - Institutet för miljömedicin, Hälsoriskbedömning av trihalometaner i bassängbad*. 2006 [cited 2013 18.04.]; Available from: <http://ki.se/content/1/c4/91/50/Rapport%202%202006.pdf>.
21. Christina Schmalza, F.H.F., Christian Zwienera, *Trichloramine in swimming pools – Formation and mass transfer*. Water Research, 2011. 45(8).
22. Olsen, Håvard. , Hatten, Lars Tore, *Intervju med Frode Kristiansen driftsoperatør ved Husebybadet*, 09.04.2013.
23. Olsen, Håvard. , Hatten, Lars Tore, *Intervju med Marit Hegstad ved Analysesenteret i Trondheim Kommune*, 09.04.2013.

Vedlegg

Vedlegg A – Dataserie web-analyse

Tabell A-1: Tabellen viser verdier avlest fra webanalysen og fra manuelle målinger på aktuelle klokkeslett.

		pH	Fritt klor	Totalt klor	Bundet klor
10:00	Web	7,46	1,43	1,55	0,12
	Målt 1	7,48	1,48	1,73	0,25
	Målt 2	7,49	1,45	1,76	0,31
	Målt 3	7,55	1,31	1,64	0,33
10:30	Web	7,46	1,09	1,47	0,38
	Målt 1	7,44	0,99	1,27	0,28
	Målt 2	7,51	0,99	1,28	0,29
11:00	Web	7,46	1,15	1,52	0,37
	Målt 1	7,47	1,13	1,51	0,38
	Målt 2	7,45	1,03	1,43	0,4
11:30	Web	7,46	1,39	1,65	0,26
	Målt 1	7,46	1,37	1,63	0,26
	Målt 2	7,52	1,27	1,61	0,34
12:00	Web	7,42	1,07	1,43	0,36
	Målt 1	7,43	0,99	1,23	0,24
	Målt 2	7,43	1	1,25	0,25
12:30	Web	7,45	1,33	1,6	0,27
	Målt 1	7,44	1,2	1,53	0,33
	Målt 2	7,44	1,2	1,47	0,27
13:00	Web	7,45	1,18	1,51	0,33
	Målt 1	7,41	1,07	1,35	0,28
	Målt 2	7,44	1,08	1,51	0,43
13:30	Web	7,42	1,16	1,5	0,34
	Målt 1	7,48	1,07	1,32	0,25
	Målt 2	7,42	1,06	1,39	0,33
14:00	Web	7,44	1,31	1,59	0,28
	Målt 1	7,4	1,16	1,47	0,31
	Målt 2	7,46	1,17	1,49	0,32

14:30	Web	7,46	1,28	1,59	0,31
	Målt 1	7,47	1,22	1,69	0,47
	Målt 2	7,46	1,2	1,54	0,34
15:00	Web	7,45	1,3	1,6	0,3
	Målt 1	7,43	1,28	1,59	0,31
	Målt 2	7,51	1,19	1,5	0,31
15:30	Web	7,42	1,04	1,41	0,37
	Målt 1	7,43	0,92	1,22	0,3
	Målt 2	7,43	0,93	1,35	0,42
16:00	Web	7,45	1,23	1,54	0,31
	Målt 1	7,44	1,16	1,44	0,28
	Målt 2	7,47	1,05	1,41	0,36

Vedlegg B – Måleserie 9.4.2013

Tabell B-1: Tabellen viser målte verdier fra aktuelle prøvepunkt i terapibassenget ved Husebybadet.

Prøve nr.	Fritt klor	Totalt Klor	Bundet klor	pH*	pH (Lab)	Turbiditet (FTU)
1	0,77	1,02	0,25	7,24	7,24	0,056
2	0,93	1,13	0,2	7,42	7,19	0,075
3	0,83	1,07	0,24	7,33	7,38	0,096
4	0,89	1,1	0,21	7,29	7,43	0,075
Avtappingspunkt	1,22	1,42	0,2	7,46	7,6	0,071

Tabell B-2: Tabellen viser målte verdier fra aktuelle prøvepunkt i terapibassenget ved Husebybadet.

Prøve nr.	Fritt klor	Totalt Klor	Bundet klor	pH*	pH (Lab)	Turbiditet (FTU)
1.1.	0,87	1,24	0,37	7,34	7,46	0,065
1.2.	0,81	1,03	0,22	7,33	7,48	0,06
1.3.	0,83	1,01	0,18	7,37	7,5	0,061
1.4.	0,86	1,09	0,23	7,32	7,36	0,069
1.5.	0,98	1,11	0,13	7,39	7,48	0,064
1.6.	0,80	0,98	0,18	7,4	7,47	0,064
1.7.	1,0	1,14	0,12	7,24	7,44	0,063
1.8.	1,0	1,14	0,11	7,37	7,44	0,072
1.9.	0,97	1,15	0,18	7,35	7,46	0,074

Tabell B-3: Tabellen viser målte verdier fra aktuelle prøvepunkt i terapibassenget ved Husebybadet.

Prøve nr.	Fritt klor	Totalt Klor	Bundet klor	pH*	pH (Lab)	Turbiditet (FTU)
2.1.	0,92	1,07	0,15	7,31	7,52	0,062
2.2.	0,99	1,1	0,11	7,39	7,49	0,068
2.3.	0,97	1,11	0,14	7,39	7,46	0,063
2.4.	0,88	0,99	0,11	7,39	7,46	0,077
2.5.	0,91	1,08	0,17	7,37	7,4	0,061
2.6.	1,06	1,16	0,1	7,33	7,44	0,056
2.7.	0,96	1,17	0,21	7,34	7,47	0,052
2.8.	1,03	1,11	0,08	7,33	7,38	0,069
2.9.	1,03	1,14	0,11	7,38	7,34	0,067

Tabell B-4: Tabellen viser verdier fra webanalyse og to referanser på turbiditet.

Avlest fra Webanalyse

	Fritt klor	Totalt Klor	Bundet klor	pH	pH (Lab)	Turbiditet (FTU)
DulcoMarin II	0,91	1,33	0,42	7,45		

Andre referanser:						
Ionebyttet vann						0,047
Springvann						1,34

Vedlegg C - Måleserie 30.4.2013

Tabell C-1: Tabellen viser målte verdier fra aktuelle prøvepunkt i terapibassenget ved Husebybadet.

Prøve nr.	Fritt klor	Totalt Klor	Bundet klor	pH*	pH (Lab)	Turbiditet (FTU)
1	0,96	1,16	0,2	7,29	7,41	0,058
2	0,91	1,16	0,25	7,32	7,4	0,062
3	0,95	0,99	0,04	7,3	7,42	0,062
4*	0,885	1,11	0,225	7,3325	7,39	0,06625
Avtappingspunkt	1,09	1,33	0,24	7,46	7,42	0,071

*Snittverdier av 4 paralleller (se tabell B-4)

Tabell C-2: Tabellen viser målte verdier fra aktuelle prøvepunkt i terapibassenget ved Husebybadet.

Prøve nr.	Fritt klor	Totalt Klor	Bundet klor	pH	pH (Lab)	Turbiditet (FTU)
1,10	0,99	1,13	0,14	7,32	7,39	0,061
1,2	0,92	1,08	0,16	7,35	7,42	0,072
1,30	0,96	1,17	0,21	7,38	7,47	0,06
1,4	0,79	0,95	0,16	7,3	7,41	0,065
1,50	0,97	1,17	0,2	7,3	7,42	0,064
1,6	0,94	1,15	0,21	7,31	7,44	0,07
1,70	1,0	1,14	0,17	7,37	7,5	0,064
1,8	0,9	1,13	0,24	7,34	7,42	0,063
1,90	0,86	1,12	0,26	7,34	7,41	0,06

Tabell C-3: Tabellen viser målte verdier fra aktuelle prøvepunkt i terapibassenget ved Husebybadet.

Prøve nr.	Fritt klor	Totalt Klor	Bundet klor	pH*	pH (Lab)	Turbiditet (FTU)
2,10	0,99	1,16	0,17	7,4	7,49	0,073
2,2	0,93	1,07	0,14	7,32	7,44	0,071
2,30	0,94	1,13	0,19	7,37	7,45	0,063
2,4	0,93	1,23	0,3	7,33	7,47	0,059
2,50	0,8	0,99	0,19	7,34	7,39	0,066
2,6	0,89	1,07	0,18	7,36	7,39	0,072
2,70	0,9	1,06	0,2	7,34	7,37	0,061
2,8	0,8	0,99	0,19	7,32	7,41	0,064
2,90	0,87	1,05	0,18	7,23	7,41	0,065

Tabell C-4: Tabellen viser verdier fra webanalyse samt 4 paralleller fra prøvepunkt 4 i terapibassenget ved Husebybadet.

	Fritt klor	Totalt Klor	Bundet klor	pH	pH (Lab)	Turbiditet (FTU)
DulcoMarin	1,21	1,55	0,34	7,46		
4.1.	0,86	1,1	0,24	7,34	7,35	0,065
4.2.	0,9	1,12	0,22	7,34	7,39	0,061
4.3.	0,9	1,11	0,21	7,33	7,41	0,068
4.4.	0,88	1,11	0,23	7,32	7,41	0,071

Vedlegg D – Kimtallsdata

Tabell D-1: Viser kimtall fra ulike prøvepunkt fra prøver tatt 9. april.

Prøvepunkt:	Kimtall:	Prøvepunkt:	Kimtall:	Prøvepunkt:	Kimtall:
1.1.	8	2.1.	8	1.	99
1.2.	66	2.2.	9	2.	84
1.3.	2	2.3.	4	3.	50
1.4.	14	2.4.	38	4.	104
1.5.	8	2.5.	12	Avtappingspunkt	2
1.6.	9	2.6.	1	Blindprøve	0
1.7.	4	2.7.	39		
1.8.	5	2.8.	11		
1.9.	0	2.9.	11		

Tabell D-2: Viser kimtall fra ulike prøvepunkt fra prøver tatt 30. april.

Prøvepunkt:	Kimtall:	Prøvepunkt:	Kimtall:	Prøvepunkt:	Kimtall:
1.1.	1	2.1.	2	1.	5
1.2.	6	2.2.	38	2.	1
1.3.	4	2.3.	2	3.	5
1.4.	1	2.4.	2	4.1.	5
1.5.	2	2.5.	0	4.2.	2
1.6.	2	2.6.	2	4.3.	3
1.7.	5	2.7.	0	4.4.	2
1.8.	1	2.8.	0	Avtappingspunkt	0
1.9.	5	2.9.	11	Drikkevann 1:	57
				Drikkevann 2:	65

Vedlegg E – Populærvitenskapelig artikkel